



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

คู่มือการจัดการ ก๊าซเรือนกระจก ขององค์กร

ตามแนวทางมาตรฐาน
ISO 14064-1

สำหรับอุตสาหกรรมเหล็ก ปิโตรเคมี
ยานยนต์ กระดาษ และสิ่งทอ

GLOBAL WARMING • GLOBAL WARMING • GLO

L WARM

คำนำ

จากผลกระทบของภาวะโลกร้อน ทำให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO หรือ Corporate Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กร อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับโรงงาน ระดับอุตสาหกรรม และระดับประเทศ

กรมโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีภารกิจหลักในการเสริมสร้างศักยภาพการแข่งขันให้กับผู้ประกอบการและให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน จึงได้จัดทำคู่มือการวัดปริมาณและการรายงานผลการปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กร ตามแนวทางมาตรฐาน ISO 14064-1 เพื่อส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรตามแนวทางมาตรฐาน ISO 14064-1 โดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง สามารถนำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้เพื่อช่วยให้สามารถประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมขององค์กร สามารถจำแนกสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญและจะเป็นจุดเชื่อมโยงไปสู่การพัฒนาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรได้อย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการ

คู่มือการวัดปริมาณและการรายงานผลการปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ระดับองค์กรฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 : คู่มือการวัดปริมาณและการรายงานผลการปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กร ตามแนวทางมาตรฐาน ISO 14064-1 โดยระบุหลักการและข้อกำหนดระดับองค์กรสำหรับการวัดปริมาณและการรายงานผล การปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวมถึงข้อกำหนดสำหรับการออกแบบ การพัฒนา การจัดการ การรายงาน และการทวนสอบบัญชีรายการปลดปล่อย และการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร รวมถึงขั้นตอนการนำไปประยุกต์ใช้

ส่วนที่ 2 : การจัดการก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กรของอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง 5 อุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมกระดาษ และอุตสาหกรรมสิ่งทอ ตามแนวทางมาตรฐาน ISO 14064-1

สำนักสนธิสัญญาและยุทธศาสตร์

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ	1
2. ความเป็นมาและความสำคัญของมาตรฐาน ISO 14064-1	2
3. ก๊าซเรือนกระจก	3
4. ขอบข่ายของคู่มือ	4
5. คำนิยาม	4
6. หลักการที่ใช้ในการประเมินก๊าซเรือนกระจกในมาตรฐาน ISO 14064-1	8
7. ขั้นตอนสำหรับการวัดปริมาณและการรายงานผลการปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กร	10
ขั้นตอนที่ 1 : การกำหนดขอบเขตขององค์กร และขอบเขตการดำเนินงาน	11
ขั้นตอนที่ 2 : การวิเคราะห์แหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	19
ขั้นตอนที่ 3 : การคัดเลือกวิธีการคำนวณ	22
ขั้นตอนที่ 4 : การเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	24
ขั้นตอนที่ 5 : การคัดเลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	27
ขั้นตอนที่ 6 : การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	33
ขั้นตอนที่ 7 : การพัฒนาบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก	49
ขั้นตอนที่ 8 : รายงานปริมาณการปล่อยหรือการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	50
ขั้นตอนที่ 9 : การทวนสอบข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก	52
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การถอดความมาตรฐาน ISO 14064-1 : 2006	ผ-1
ข้อกำหนดและข้อแนะนำระดับองค์กร สำหรับการวัดปริมาณและการรายงาน ผลการปลดปล่อยและการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก	
ภาคผนวก ข ตารางแสดงค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด Global Warming Potential (GWP)	ผ-16
ภาคผนวก ค ตัวอย่างบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG Inventory)	ผ-18
ภาคผนวก ง ตัวอย่างรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG Report)	ผ-20
เอกสารอ้างอิง	55

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียในกระบวนการประเมินและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก	11
ภาพที่ 2 ภาพรวมของขอบเขตการดำเนินงาน (Operational Boundaries)	15
ภาพที่ 3 การระบุกิจกรรมภายใต้ขอบเขตองค์กร	19
ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงผลการสืบค้นค่า EF จาก IPCC	30

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1	สรุปรายละเอียดของวิธีการในการกำหนดขอบเขตองค์กร	13
ตารางที่ 2	แสดงค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกแต่ละประเภทของแต่ละบริษัท	14
ตารางที่ 3	แสดงผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบริษัท A ในแต่ละวิธี	14
ตารางที่ 4	การวิเคราะห์แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรม	20
ตารางที่ 5	ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรม	21
ตารางที่ 6	ตัวอย่างค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบบที่ 1 (อ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ประเภทการเผาไหม้แบบอยู่กับที่ และสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง)	28
ตารางที่ 7	ตัวอย่างค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบบที่ 2 (อ้างอิงจาก ค่า Emission Factor รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมิน คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) update 30 เมษายน 2556) (อ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ประเภทการเผาไหม้แบบอยู่กับที่ และสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง)	29
ตารางที่ 8	ค่า Default สำหรับ MCF Values For Industrial Wastewater	44
ตารางที่ 9	แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบต้น	47

คู่มือการวัดปริมาณและการรายงานผลการปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับ องค์กร ตามแนวทางมาตรฐาน ISO 14064-1

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปรากฏการณ์ที่ท้าทายที่ทุกชนชาติต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญในการควบคุมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกไปสู่บรรยากาศของโลก โดยเริ่มปรากฏเป็นรูปธรรมในพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งมีข้อผูกพันให้ประเทศต่างๆ ต้องลดก๊าซเรือนกระจกในอัตราส่วนตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอดีต (เฉลี่ยร้อยละ 5.2 ของระดับก๊าซเรือนกระจกในปี 1990) และเพิ่มขึ้นในระยะยาว ดังนั้นแนวทาง “สังคมคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon Society)” จึงถูกหยิบยกขึ้นมาศึกษาในวงกว้างในฐานะโมเดลของสังคมในอนาคต ซึ่งก็คือการเป็นสังคมที่ใช้เชื้อเพลิงคาร์บอนน้อย และแทนที่การใช้พลังงานรูปแบบเดิมด้วยพลังงานทดแทนรูปแบบใหม่ๆ ที่พัฒนาจากเทคโนโลยีด้านเชื้อเพลิงที่ก้าวหน้าขึ้น ขณะเดียวกันก็ยังคงมีการเติบโตทางเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตที่ดีสำหรับภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยการเตรียมตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำได้มีการกำหนดนโยบายมุ่งสู่การเป็นอุตสาหกรรมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Industry) มีการดำเนินการศึกษาวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิต เพื่อนำฐานข้อมูลไปประยุกต์กับเทคโนโลยีด้านอื่นๆ เช่น การคำนวณ carbon footprint ของผลิตภัณฑ์/องค์กร เป็นต้น

การส่งเสริมให้โรงงานอุตสาหกรรมมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรตามแนวทางมาตรฐาน ISO 14064-1 โดยเริ่มจากการวัดปริมาณ การเฝ้าระวัง การรายงาน และการทวนสอบการปลดปล่อยและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก จนสามารถนำแนวคิดในการจัดการดังกล่าวไปสู่การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรของตน จะเป็นจุดเชื่อมโยงไปสู่การพัฒนาแนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรได้อย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการ ตามลักษณะกิจกรรมที่เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกของโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยเสริมสร้างศักยภาพให้กับผู้ประกอบการและธุรกิจของไทยสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก ทั้งนี้ เนื่องจากผลจากการดำเนินโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโรงงานอุตสาหกรรม จะส่งผลให้องค์กรประหยัดงบประมาณในกิจกรรมต่างๆ ที่มีการใช้ทรัพยากรการใช้พลังงานต่างๆ ที่เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนเกิดกิจกรรม/โครงการลดก๊าซเรือนกระจกในโรงงานอุตสาหกรรมที่อาจพัฒนาเป็นคาร์บอนเครดิตสำหรับตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจของประเทศไทย รวมถึงยังสามารถพัฒนาโรงงานอุตสาหกรรมให้เป็นองค์กรที่ได้รับการยอมรับ เป็นตัวอย่างด้านการลดภาวะโลกร้อนอันจะนำไปสู่การเป็นสังคมคาร์บอนต่ำได้ในที่สุด

2. ความเป็นมาและความสำคัญของมาตรฐาน ISO 14064-1

ภาวะโลกร้อน (global warming) มีความหมายเฉพาะเจาะจงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ “ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases, GHG)” ซึ่งประกอบด้วยก๊าซหลัก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ โดยเมื่อก๊าซเหล่านี้มีการสะสมมากขึ้นในชั้นบรรยากาศรอบผิวโลกจะทำหน้าที่คล้ายเรือนกระจก คือ ยอมให้รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น (short-wave radiation) ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศได้ แต่เมื่อรังสีดังกล่าวตกกระทบกับพื้นโลกแล้วสะท้อนเป็นรังสีดวงอาทิตย์คลื่นยาว (long-wave radiation) ไม่สามารถแผ่กระจายออกนอกชั้นบรรยากาศได้ ทำให้เกิดการสะสมของความร้อนบริเวณผิวโลก อุณหภูมิของโลกจึงเพิ่มสูงขึ้น

ผลกระทบของโลกร้อน เป็นผลอันเกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจกจากประเทศอุตสาหกรรมจากการใช้พลังงานทั้งในเมืองและชนบท รวมถึงประเทศที่กำลังพัฒนาที่จะใช้ทรัพยากรที่ดิน น้ำ ป่าไม้เป็นฐานในการพัฒนา ก็ได้มีส่วนเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของโลก จากการตัดไม้ทำลายป่าแล้วเผาเพื่อทำการเกษตร ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มก๊าซเรือนกระจกด้วยเช่นกัน ดังนั้นภาวะโลกร้อนจึงกล่าวได้ว่าเป็นลักษณะของผลกระทบแวดล้อมในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค ระดับประเทศ ระดับทวีป และทั่วทั้งโลก อย่างมีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันทั้งหมด

จากผลกระทบของภาวะโลกร้อน ทำให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO หรือ Corporate Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กร อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับโรงงาน ระดับอุตสาหกรรม และระดับประเทศ โดยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง วัสดุออกมาในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

มาตรฐานสากลหนึ่งที่ใช้อ้างอิงหรือเป็นแนวทางในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร คือ มาตรฐาน ISO 14064-1:2006 Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals ซึ่งประกาศใช้ครั้งแรกวันที่ 1 มีนาคม 2006 และในส่วนของประเทศไทยโดยกระทรวงอุตสาหกรรมได้ออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ก๊าซเรือนกระจก มอก. 14064 เล่ม 1-2552 เมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2552 ซึ่งขอบข่ายของมาตรฐานได้ระบุถึงหลักการและข้อกำหนดระดับองค์กรสำหรับการวัดปริมาณ และการรายงานผลการปลดปล่อย การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวมถึงข้อกำหนดสำหรับการออกแบบ การพัฒนา การจัดการ การรายงาน และการทวนสอบบัญชีรายการการปลดปล่อย และการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยองค์กรที่จัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร จะช่วยให้สามารถประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรม

ขององค์กร สามารถจำแนกสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญและหาแนวทางเพื่อลดขนาดของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สำหรับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง อาจนำไปขายเป็นคาร์บอนเครดิต หรือทำการชดเชยคาร์บอนกับองค์กรอื่นๆ ในส่วนภาครัฐสามารถนำไปใช้ในการขับเคลื่อนให้เกิดการบริหารจัดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เพื่อประโยชน์ส่วนรวมของประเทศได้

3. ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรดได้ดี ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ จะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัด เนื่องจากก๊าซเหล่านี้ดูดคลื่นรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน แล้วค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนออกมาในตอนกลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนั้น ส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือ อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้น ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดยังมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนี้ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และขึ้นอยู่กับอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ และจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เช่น 20 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี

ก๊าซเรือนกระจกสำคัญที่ต้องรายงานปริมาณตามมาตรฐาน ISO 14064-1 มีทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่

- 1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)** เป็นก๊าซในบรรยากาศ ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 1 อะตอม และออกซิเจน 2 อะตอม ต่อหนึ่งโมเลกุล คาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นได้หลายลักษณะทั้งเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การหายใจของสิ่งมีชีวิต การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในภาคอุตสาหกรรมและภาคการขนส่ง หรือเพื่อนำมาผลิตไฟฟ้า การตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งเป็นการทำลายต้นไม้ที่เป็นผู้กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเผาป่าเพื่อใช้พื้นที่อยู่อาศัยหรือทำการเกษตร หรือเผาหญ้าเผาฟางหลังการเก็บเกี่ยว การทำปศุสัตว์ การเลี้ยงสัตว์ และการทำฟาร์ม เป็นต้น
- 2. ก๊าซมีเทน (CH₄)** เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากมูลสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย การเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ หรือเกิดจากนาข้าว การย่อยสลายของซากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดินโดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน พืชที่ขังน้ำ และแหล่งทิ้ง/กำจัดขยะ

3. **ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) หรือก๊าซหัวเราะ (laughing gas)** เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ฟาผ่า ฟาแลบ ภูเขาไฟระเบิด ปฏิกริยาของจุลินทรีย์ในดิน การใช้ปุ๋ย มูลสัตว์ที่ย่อยสลาย หรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง อุตสาหกรรมที่ใช้กรดไนตริก ในขบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมพลาสติกบางชนิด อุตสาหกรรมผลิตเส้นใย ไนลอน อุตสาหกรรมการทำกรดไนตริก กรดกำมะถัน การชุบโลหะ และการทำวัตถุระเบิด เป็นต้น
4. **ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)** ถูกใช้เป็นตัวทำความเย็น (ทั้งเพื่อการค้าและใช้ในครัวเรือน) ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ (ในบ้าน รถ สำนักงาน ฯลฯ) นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารขยายตัวของโฟม ตัวทำละลาย สารสำหรับการดับเพลิง และตัวเร่งละอองของเหลว (แเอโรซอล) การใช้และผลิต HFCs พุ่งสูงขึ้นหลังได้รับการส่งเสริมอย่างมากให้ใช้เป็นตัวทำความเย็นแทนสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ซึ่งเป็นสารทำลายชั้นโอโซนที่ถูกสั่งให้ค่อยๆ เลิกใช้โดยพิธีสารมอนทรีออล
5. **ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)** เป็นผลผลิตพลอยได้ของการหลอมอะลูมิเนียม นอกจากนี้ยังใช้ในการผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า (เซมิคอนดักเตอร์) และใช้แทนสารเคมีที่ทำลายชั้นโอโซนต่างๆ
6. **ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆)** เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนมากที่สุดจากการประเมินของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ก๊าซนี้ถูกนำไปใช้ในด้านต่างๆ ได้แก่ ในรองเท้าไนกี้แอร์ (Nike Air) ยางรถยนต์ ฉนวนไฟฟ้า การผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า (เซมิคอนดักเตอร์) และในอุตสาหกรรมแมกนีเซียม

4. ขอบข่ายของคู่มือ

คู่มือการวัดปริมาณและการรายงานผลการปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กร ตามแนวทางมาตรฐาน ISO 14064-1 อธิบายขั้นตอน วิธีการสำหรับการวัดปริมาณ และการรายงานผล การปลดปล่อย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กร ตามแนวทางมาตรฐาน ISO 14064-1 : 2006 ซึ่งจะอธิบายขั้นตอนโดยภาพรวมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทุกองค์กร ทุกขนาด ทุกประเภทธุรกิจ

5. คำนิยาม

- 5.1 **base year (ปีฐาน)** หมายถึง ระยะเวลาที่ถูกกำหนดเพื่อจุดประสงค์ในการเปรียบเทียบ สถานภาพการปล่อยและดูดกลับปริมาณก๊าซเรือนกระจก

- 5.2 carbon dioxide equivalent : CO₂e (ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) หมายถึง ค่าแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูป ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคำนวณได้จากมวลของก๊าซเรือนกระจกคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
- 5.3 client (ลูกค้า) หมายถึง องค์กรหรือบุคคลที่ร้องขอให้มีการทวนสอบ หรือการทวนสอบ
- 5.4 directed action (กิจกรรมทางตรง) หมายถึง กิจกรรมเฉพาะหรือแผนงานที่ไม่ใช่รูปแบบของโครงการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งดำเนินการโดยองค์กรเพื่อลดหรือป้องกันการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงหรือทางอ้อม หรือการเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- 5.5 direct greenhouse gas emission (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือสามารถควบคุมได้
- 5.6 energy indirect greenhouse gas emission (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร
- 5.7 facility (สาธารณูปโภค) หมายถึง อุปกรณ์ (ทั้งที่เป็นสินทรัพย์ และทรัพย์สิน) หรือหน่วยผลิตที่อยู่ในขอบเขตภาระหน้าที่ขององค์กร
- 5.8 global warming potential : GWP (ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน) หมายถึง ค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกในการทำให้โลกร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ โดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 5.9 greenhouse gas : GHG (ก๊าซเรือนกระจก) หมายถึง ก๊าซที่มีอยู่ในบรรยากาศ ทั้งที่มีอยู่ในธรรมชาติและสร้างขึ้นโดยมนุษย์ ซึ่งสามารถดูดซับและปล่อยรังสีที่ความยาวคลื่นอยู่ในช่วงความถี่ของรังสีอินฟราเรดที่ถูกปล่อยออกมาจากพื้นผิวโลก ชั้นบรรยากาศ และก้อนเมฆ
- ก๊าซเรือนกระจกครอบคลุม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆)
- 5.10 greenhouse gas activity data (ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก) หมายถึง การวัดเชิงปริมาณในกิจกรรมการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- 5.11 greenhouse gas assertion (การแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก) หมายถึง การแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ที่ดำเนินการโดยหน่วยงานรับผิดชอบ

- 5.12 **greenhouse gas emission (การปล่อยก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง ปริมาณหรือมวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศ ในช่วงเวลาหนึ่ง
- 5.13 **greenhouse gas emission or removal factor (ค่าแฟกเตอร์ของการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง ค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับค่าข้อมูลกิจกรรมกับการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- 5.14 **greenhouse gas information system (ระบบข้อมูลก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง นโยบาย กระบวนการ และขั้นตอนการดำเนินงานในการจัดทำ จัดการ และรักษาไว้ซึ่งข้อมูลก๊าซเรือนกระจก
- 5.15 **greenhouse gas inventory (บัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง การแสดง แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก แหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร
- 5.16 **greenhouse gas programme (โปรแกรมก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง ระบบหรือโครงการภาคสมัครใจหรือภาคบังคับในระดับระหว่างประเทศ ระดับประเทศ หรือส่วนหนึ่งของระดับประเทศที่ขึ้นทะเบียน ลงบัญชี หรือจัดการการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก การลดการปล่อยและเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ที่อยู่นอกขอบเขตขององค์กรหรือนอกเหนือจากโครงการก๊าซเรือนกระจก
- 5.17 **greenhouse gas project (โครงการก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง กิจกรรมที่เปลี่ยนแปลงสถานการณ์ที่ถูกขังในสถานการณ์พื้นฐานซึ่งก่อให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- 5.18 **greenhouse gas removal (การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศ ในช่วงเวลาหนึ่ง
- 5.19 **greenhouse gas report (รายงานก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง เอกสารการรายงานผลข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพื่อใช้สื่อสารให้กับกลุ่มเป้าหมาย ที่นำข้อมูลไปใช้งาน
- 5.20 **greenhouse gas reservoir (แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง แหล่งหรือองค์ประกอบทางกายภาพของชั้นชีวภาค (ไบโอสเฟียร์) ชั้นธรณีภาค (จีโอสเฟียร์) หรืออุทกภาค (ไฮโดรสเฟียร์) ซึ่งสามารถเก็บและสะสมก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดักจับจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดึงออกจากบรรยากาศโดยแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก
- 5.21 **greenhouse gas sink (แหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง แหล่งหรือกระบวนการซึ่งดึงเอาก๊าซเรือนกระจกออกจากชั้นบรรยากาศ

- 5.22 **greenhouse gas source (แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก)** หมายถึง แหล่งหรือกระบวนการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ
- 5.23 **intended user (กลุ่มเป้าหมาย)** หมายถึง บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่ต้องการนำผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจ
- 5.24 **level of assurance (ระดับของการรับรอง)** หมายถึง ระดับของการรับรอง สามารถพิจารณาในขั้นตอนการทวนสอบ โดยจะอธิบายถึงความละเอียดที่ผู้ทวนสอบใช้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
- หมายเหตุ ระดับของการรับรอง แบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ ได้แก่ ระดับการรับรองแบบเหมาะสม (Reasonable) และระดับการรับรองแบบจำกัด (Limited)
- 5.25 **materiality (ความมีสาระสำคัญ)** หมายถึง ข้อผิดพลาด การละเว้น หรือการบิดเบือนใดๆ ที่จะส่งผลต่อการรับรองก๊าซเรือนกระจก และส่งผลสืบเนื่องไปสู่การตัดสินใจของผู้ต้องการนำไปใช้งาน
- 5.26 **material discrepancy (องค์ประกอบความคลาดเคลื่อน)** หมายถึง ค่าเฉพาะหรือค่าผลรวมของความผิดพลาด การละเลย การบิดเบือนความจริง ในข้อมูลการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถส่งผลต่อการตัดสินใจของกลุ่มเป้าหมาย
- 5.27 **monitoring (การติดตามผล)** หมายถึง การประเมินอย่างต่อเนื่องหรือเป็นระยะ ของการปล่อยและดูดกลับปริมาณก๊าซเรือนกระจกหรือข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 5.28 **organization (องค์กร)** หมายถึง บริษัท ห้างร้าน สำนักงาน กิจการ หน่วยราชการหรือสถาบัน หรือส่วนหนึ่งของบริษัท ห้างร้าน สำนักงาน กิจการ หน่วยราชการหรือสถาบันไม่ว่าจะอยู่ในรูปบริษัทหรือไม่ เป็นมหาชนหรือเอกชนซึ่งมีหน้าที่และการบริหารงานของตนเอง
- 5.29 **other indirect greenhouse gas emission (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ)** หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรที่นอกเหนือจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน โดยเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรอื่นเป็นเจ้าของหรือควบคุม
- 5.30 **responsible party (กลุ่มผู้รับผิดชอบ)** หมายถึง บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่เป็นผู้รับผิดชอบในการเตรียมข้อมูลการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก และสนับสนุนข้อมูลก๊าซเรือนกระจก
- 5.31 **uncertainty (ความไม่แน่นอน)** หมายถึง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกระจายของข้อมูล ที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการคำนวณเชิงปริมาณ
- 5.32 **validation (การตรวจสอบ)** หมายถึง กระบวนการที่ทำอย่างเป็นระบบ มีความเป็นอิสระ และบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อประเมินการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกในโครงการก๊าซเรือนกระจก เปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการตรวจสอบ

- 5.33 validation criteria, verification criteria (หลักเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการตรวจสอบหลักเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการทวนสอบ) หมายถึง นโยบาย ขั้นตอนการดำเนินงาน หรือข้อกำหนดที่ใช้ในการอ้างอิง เมื่อเปรียบเทียบกับหลักฐานต่างๆ
- 5.34 validation statement, verification statement (คำแถลงสำหรับการตรวจสอบ คำแถลงสำหรับการทวนสอบ) หมายถึง การประกาศอย่างเป็นทางการเป็นลายลักษณ์อักษรต่อกลุ่มเป้าหมายที่สร้างความเชื่อมั่นในข้อมูลการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มผู้รับผิดชอบ
- 5.35 validator (ผู้ตรวจสอบ) หมายถึง บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีความสามารถ และเป็นอิสระ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการและรายงานผลของการตรวจสอบปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- 5.36 verification (การทวนสอบ) หมายถึง กระบวนการที่ทำอย่างเป็นระบบ มีความเป็นอิสระ และบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อประเมินการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก เมื่อเปรียบเทียบกับตามหลักเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการทวนสอบ
- 5.37 verifier (ผู้ทวนสอบ) หมายถึง บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีความสามารถ และเป็นอิสระ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในกระบวนการทวนสอบปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

6. หลักการที่ใช้ในการประเมินก๊าซเรือนกระจกในมาตรฐาน ISO 14064-1

หลักการเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้มั่นใจว่าข้อมูลเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจกมีความถูกต้องและมีเหตุผล และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด ซึ่งประกอบด้วย 5 หลักการ ได้แก่

- 6.1 **Relevance (ความตรงประเด็น)** การเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก แหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล รวมถึงวิธีการวัดและคำนวณที่เหมาะสมกับความ ต้องการของกลุ่มเป้าหมาย โดยบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกควรประกอบด้วยข้อมูลที่ จำเป็นต่อการตัดสินใจของกลุ่มเป้าหมายทั้งภายในและภายนอกองค์กร สำหรับขอบเขตของการ รายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกควรพิจารณาถึงคุณลักษณะขององค์กร ความต้องการของ กลุ่มเป้าหมาย วัตถุประสงค์การนำข้อมูลไปใช้ โครงสร้างองค์กร ขอบเขตการดำเนินงานของ องค์กร และลักษณะของธุรกิจ
- 6.2 **Completeness (ความสมบูรณ์)** ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำการเก็บ รวบรวมหรือประเมินได้ ควรครอบคลุมทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร หรือเกี่ยวข้องกับ องค์กร แม้ว่ากิจกรรมนั้นๆ จะปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ไม่ควรละเว้นการ รายงาน
- 6.3 **Consistency (ความไม่ขัดแย้งกัน)** ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมหรือคำนวณปริมาณ การ ปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกันแล้วต้องไม่ขัดแย้งกัน

- 6.4 **Accuracy (ความถูกต้อง)** ลดความมึนงง และความไม่แน่นอนในการรวบรวมหรือคำนวณ ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุด ให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ เพียงพอต่อการใช้เพื่อการตัดสินใจ
- 6.5 **Transparency (ความโปร่งใส)** มีการเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมหรือคำนวณ ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอ และเหมาะสม สามารถตรวจสอบได้ เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการตัดสินใจด้วยความเชื่อมั่นอย่างสมเหตุสมผล โดยสามารถอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของวิธีการคำนวณและการได้มาซึ่งข้อมูลต่างๆ

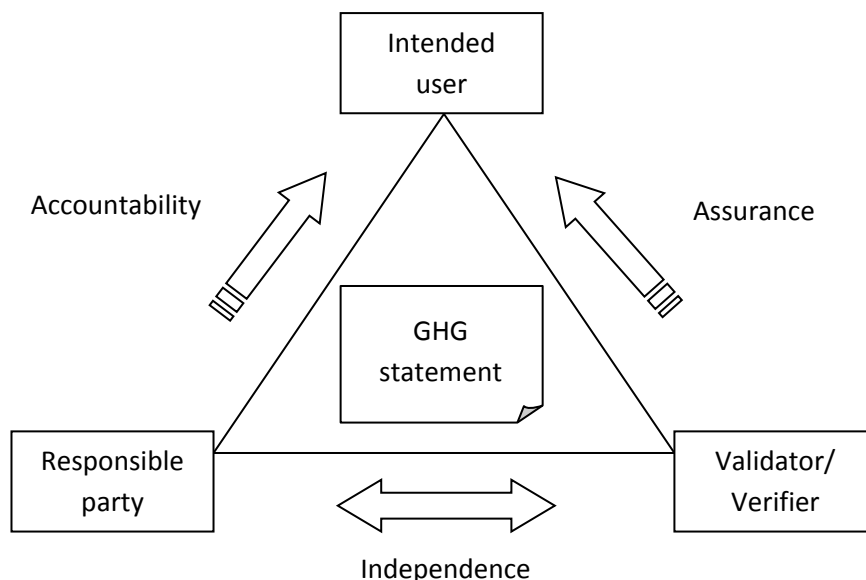
7. ขั้นตอนสำหรับการวัดปริมาณและการรายงานผล การปลดปล่อยและการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ระดับองค์กร แบ่งได้เป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้



1.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundaries)

ก่อนการดำเนินการกำหนดขอบเขตองค์กร ควรกำหนดองค์กรที่ต้องการทำการประเมินและวัตถุประสงค์ในการประเมิน โดยต้องรู้ว่าใครเป็นกลุ่มเป้าหมายที่องค์กรต้องการสื่อสารข้อมูลก๊าซเรือนกระจกให้ทราบ เพื่อนำข้อมูลไปใช้เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งสามารถแสดงกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียหลักที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการประเมินและจัดทำรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ดังภาพที่ 1 ซึ่งมีกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่

- Intended user เป็นกลุ่มเป้าหมายที่องค์กรต้องการสื่อสารข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพื่อนำข้อมูลขององค์กรไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจ โดยอาจเป็นลูกค้า นักลงทุน สาธารณชนทั่วไป NGOs ภาครัฐ บริษัทแม่ เป็นต้น
- Responsible party เป็นองค์กรที่ต้องการและรับผิดชอบในการประเมินและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- Validator/Verifier เป็นองค์กรที่เป็นอิสระจากองค์กรที่รับผิดชอบในการประเมินและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก ที่ทำหน้าที่ทวนสอบข้อมูลรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับกลุ่มเป้าหมายในการนำข้อมูลไปใช้



ภาพที่ 1 กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียในกระบวนการประเมินและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก

เมื่อองค์กรทราบกลุ่มเป้าหมาย (Intended user) และวัตถุประสงค์ของการประเมินและจัดทำรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกแล้ว อีกประเด็นหนึ่งที่ต้องพิจารณา คือ องค์กรโดยทั่วไปอาจประกอบด้วยหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานมากกว่าหนึ่งโรง ทำให้การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอาจเกิดจากแหล่งปล่อยหรือแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกหนึ่งแหล่งหรือมากกว่า ดังนั้น การกำหนดขอบเขตขององค์กร จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดก่อนว่าบริษัท/สถานประกอบการ/หน่วยธุรกิจ/อาคาร/โรงงาน/พื้นที่ใดถูกรวมอยู่ในการประเมินบ้าง และรวบรวมข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขตองค์กรนั้น เพื่ออธิบายถึงธุรกิจและการดำเนินงานขององค์กรสำหรับการจัดทำและรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้มีความน่าเชื่อถือและความครบถ้วน

การกำหนดขอบเขตขององค์กรในมาตรฐาน ISO 14064-1 มี 2 แบบ ดังนี้

1) แบบควบคุม (Control Approach) องค์กรรายงานปริมาณการปล่อยและ/หรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานที่มีการควบคุมในลักษณะการควบคุมทางการเงิน (financial control) หรือการควบคุมการดำเนินงาน (operational control) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1) การควบคุมการดำเนินงาน การเลือกใช้วิธีนี้กรณีที่องค์กรมีอำนาจควบคุมการดำเนินงานขององค์กรได้โดยตรง ซึ่งพิจารณาจากความเป็นเจ้าของและมีอำนาจควบคุมในการกำหนดนโยบายและการดำเนินงาน โดยขอบเขตของการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นขององค์กรจะครอบคลุมแต่ละหน่วยธุรกิจ/โรงงานที่องค์กรนั้นเป็นเจ้าของและมีอำนาจ สามารถกำหนดนโยบายและควบคุมการดำเนินงานได้ ไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยธุรกิจหรือโรงงานที่องค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของ แต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน

1.2) การควบคุมทางการเงิน การเลือกใช้วิธีนี้กรณีที่องค์กรมีอำนาจควบคุมทางการเงินโดยตรงและสามารถกำหนดนโยบายการดำเนินงานขององค์กรเพื่อให้ได้รับผลตอบแทนทางธุรกิจจากกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆ ซึ่งพิจารณาจากสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริงและมีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินขององค์กรเป็นหลัก โดยขอบเขตของการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นขององค์กรจะครอบคลุมแต่ละหน่วยธุรกิจ/โรงงานที่องค์กรนั้นมีอำนาจควบคุมทางการเงินโดยตรง

2) แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share Approach) กำหนดขอบเขตการรวบรวมผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยปันตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของในการดำเนินธุรกิจ ลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์ หรือหน่วยผลิตนั้นๆ

ดังนั้นการกำหนดขอบเขตขององค์กรควรเริ่มต้นจากการกำหนดโครงสร้างองค์กรโดยละเอียด โดยระบุบริษัทลูกหรือบริษัทร่วมทุนที่เกี่ยวข้อง จากนั้นระบุสัดส่วนการร่วมทุน อำนาจการควบคุมทางการเงิน อำนาจการควบคุม

การดำเนินงาน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นแนวทางให้องค์กรกำหนดวิธีการรายงานปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเหมาะสมและมีข้อมูลรายงานที่ถูกต้อง และสมบูรณ์

ตารางที่ 1 สรุปรายละเอียดของวิธีการในการกำหนดขอบเขตองค์กร

วิธีการ	คำอธิบาย	การรายงานก๊าซเรือนกระจก
การควบคุมทางการเงิน (Financial Control)	-มีอำนาจควบคุมทางการเงิน -กำหนดนโยบายผลประโยชน์ทางธุรกิจ	เข้าข่าย - 100% ไม่เข้าข่าย - 0% ถ้ามีการร่วมทุน - % ความเป็นเจ้าของ (การถือหุ้น)
การควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control)	มีอำนาจควบคุมด้านการดำเนินงาน รวมถึงการกำหนดนโยบาย	เข้าข่าย - 100% ไม่เข้าข่าย - 0%
ปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share)	สัดส่วนการถือหุ้น	% ความเป็นเจ้าของ (การถือหุ้น)

ตัวอย่าง การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในแต่ละวิธี

บริษัท A เป็นบริษัทที่จะรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีบริษัทในเครืออีก 1 บริษัท คือ บริษัท B และบริษัท A ถือหุ้น บริษัท B 50% อำนาจการควบคุมการดำเนินงาน 100% แต่ไม่มีอำนาจควบคุมทางการเงินโดยตรง และมีการแสดงข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 2 บริษัท ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกแต่ละประเภทของแต่ละบริษัท

บริษัท A (ค่า Emissions in ton CO ₂ e)		บริษัท B (ค่า Emissions in ton CO ₂ e)	
Direct emissions	5,000	Direct emissions	3,000
Energy indirect emissions	2,500	Energy indirect emissions	1,200
Other indirect emissions	9,000	Other indirect emissions	4,000

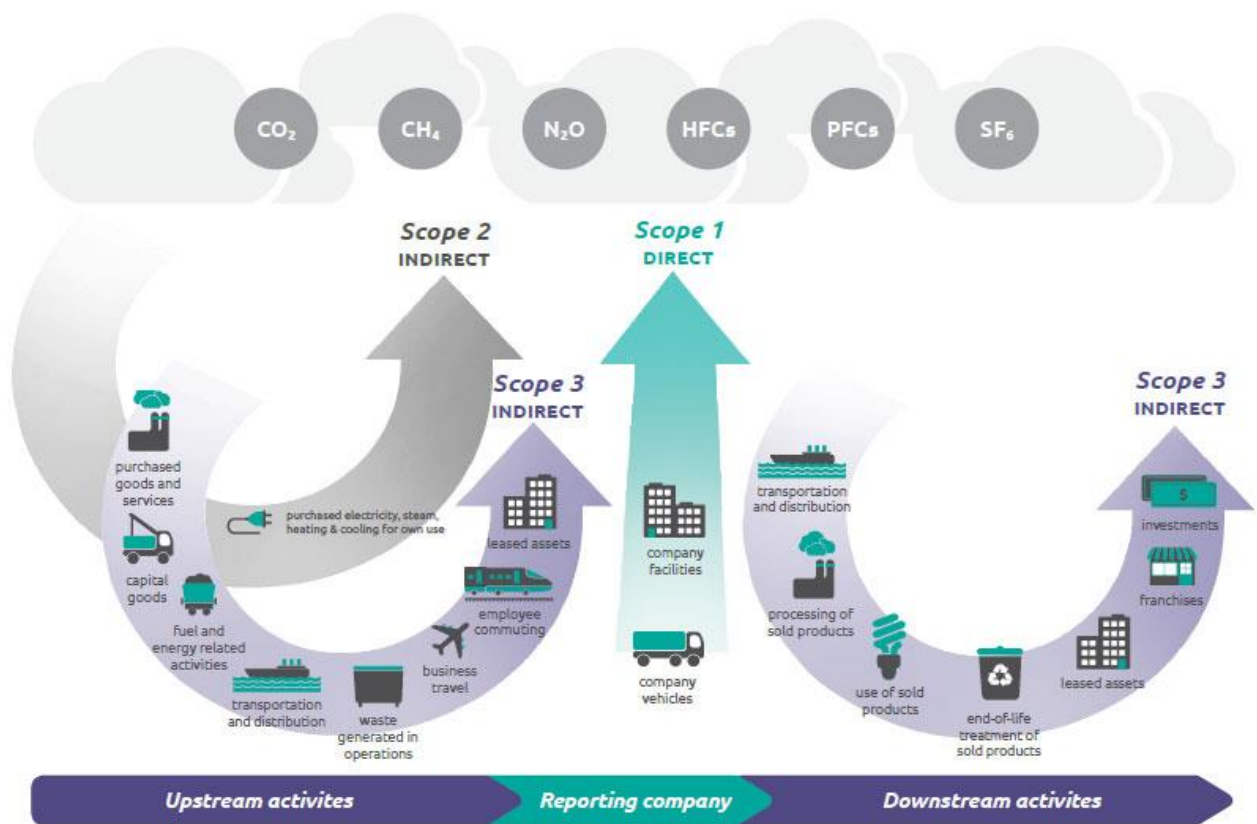
ตารางที่ 3 แสดงผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบริษัท A ในแต่ละวิธี

บริษัท A	Equity Share (A+(50%B))	Operational control (A+B)	Financial control (A only)
Direct emissions (in ton CO ₂ e)	5,000+1,500 = 6,500	5,000+3,000 = 8,000	5,000
Energy indirect emissions (in ton CO ₂ e)	2,500+600 = 3,100	2,500+1,200 = 2,700	2,500
Other indirect emissions (in ton CO ₂ e)	9,000+2,000 = 11,000	9,000+4,000 = 13,000	9,000
Total	6,500+3,100+11,000 = 20,600	8,000+2,700+13,000 = 23,700	5,000+2,500+9,000 = 16,500

โดยวิธีการคำนวณ Direct emissions, Energy indirect emissions และ Other indirect emissions แสดงรายละเอียดในหัวข้อ 1.2 การกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน (Organization Boundaries)

1.2 การกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน (Organization Boundaries)

การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงานครอบคลุมถึงการระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร และจำแนกประเภทของกิจกรรมตามขอบเขตของการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct emissions) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emissions) และการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions) ซึ่งสรุปได้ดังภาพที่ 2



ที่มา: Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, GHG Protocol

ภาพที่ 2 ภาพรวมของขอบเขตการดำเนินงาน (Operational Boundaries)

ประเภทที่ 1 (Scope 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct GHG emissions) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากแหล่งที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือควบคุมเองได้ โดยเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์กร ดังนี้

- 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ (Stationary combustion) เช่น
 - 1.1) การผลิตไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ โดยเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากแหล่งที่อยู่กับที่ เช่น หม้อ ไอน้ำ (boiler) เตาหลอม (furnace) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) เป็นต้น
 - 1.2) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์และ/หรือเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง หรือองค์กรมีอำนาจควบคุมการดำเนินงานของผู้รับเหมาได้ทั้งหมด
 - 1.3) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร โดยองค์กรเป็นผู้รับผิดชอบการดำเนินงานดังกล่าว หรือกรณีที่จ้างเหมาช่วงให้ผู้รับจ้างภายนอกดำเนินการแทนแต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงหรือองค์กรสามารถมีอำนาจควบคุมการดำเนินงานของผู้รับเหมาได้ทั้งหมด
 - 1.4) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานซ่อมบำรุง เช่น งานเชื่อม/งานตัดโลหะโดยใช้แก๊สอะเซทิลีน (C_2H_2)
- 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ กระบวนการอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีภายในกระบวนการผลิต เช่น การเผาหินปูน ($CaCO_3$) ในกระบวนการผลิต ปูนซีเมนต์ การใช้หินปูน ($CaCO_3$) เป็น ตัวดูดซับ (Absorbent) ใน Fuel Gas Desulfurization และการผลิตแอมโมเนีย เป็นต้น
- 3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ (mobile combustion) เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะ (รถบรรทุก รถไฟ เรือ เครื่องบิน รถยนต์ รถโดยสาร) ที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง หรือกรณีเช่าเหมาที่ผู้รับเหมาเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงแต่องค์กรสามารถควบคุมหรือมีอำนาจสั่งการในการดำเนินงานได้ทั้งหมด อีกทั้งยานพาหนะนั้นๆ นำมาใช้งานเฉพาะในงานขององค์กรเท่านั้น

- 4) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลและอื่นๆ (fugitive emissions) เช่น
- 4.1) การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศภายนอกที่เกิดขึ้น ณ บริเวณรอยเชื่อมข้อต่อท่อของอุปกรณ์ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กร เช่น สารทำความเย็น หรือการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ตั้งอยู่ภายในองค์กรในขณะที่ทำการซ่อมบำรุง โดยการรายงานปริมาณจะรายงานเฉพาะประเภทของสารที่ก่อให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจก 6 ประเภท ตามมาตรฐาน ISO 14064-1
 - 4.2) การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยผลิตย่อยภายในโรงงาน เช่น การรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) จากการใช้ Switch gear
 - 4.3) การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้
 - 4.4) ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและหลุมฝังกลบ
 - 4.5) ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ย หรือสารเคมีเพื่อการซักรีดหรือทำความสะอาดภายในองค์กร
- 5) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ชีวมวล (Biomass)

ประเภทที่ 2 (Scope 2) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emissions) เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

ประเภทที่ 3 (Scope 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect GHG emissions) ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งองค์กรสามารถวัดหรือประเมิน เพื่อการรายงานผลเพิ่มเติมได้ โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ

ตัวอย่าง กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่

- 1) การเดินทางของพนักงานเพื่อการประชุม สัมมนา และติดต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับองค์กร ด้วยระบบการขนส่งประเภทต่างๆ เช่น ยานพาหนะส่วนตัว ยานพาหนะที่ใช้ภายในองค์กรแต่จ้างเหมาบริการรวมน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร รถไฟ เรือโดยสาร เครื่องบิน
- 2) การเดินทางไป - กลับ จากที่พักถึงองค์กร เพื่อการทำงานของพนักงาน ด้วยยานพาหนะส่วนตัว หรือยานพาหนะที่ใช้ภายในองค์กร แต่จ้างเหมาบริการรวมน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร หรือใช้ระบบขนส่งสาธารณะ
- 3) การขนส่งผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบ คนงาน หรือกากของเสีย ที่เกิดจากการจ้างเหมาบริการโดยหน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้ และกิจกรรมดังกล่าวองค์กรไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงานได้

- 4) กิจกรรมต่างๆ ที่สามารถก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเกิดจากการจ้างเหมาช่วงให้หน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้เป็นผู้ดำเนินการแทน และกิจกรรมดังกล่าวองค์กรไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงานได้ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มจากกิจกรรมการประกอบอาหารภายในโรงอาหารโดยการจ้างเหมาจากบุคคล หน่วยงาน หรือ องค์กรภายนอก
- 5) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกำจัดกากของเสีย และการบำบัดน้ำเสียโดยหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้
- 6) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ หรือบริการขององค์กรในช่วงการใช้งาน (Use Phase) และช่วงหลังใช้งาน (End-of-Life Phase)
- 7) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้า ไอน้ำ และความร้อนที่องค์กรซื้อมาเพื่อขายต่อไปยังหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นอีกทอดหนึ่ง
- 8) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงาน ไฟฟ้า ไอน้ำ หรือความร้อนของหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นที่มาขอเช่าพื้นที่ขององค์กร
- 9) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมของพนักงานภายในองค์กร ในกรณีที่มีการเช่าพื้นที่อาคารขององค์กรอื่นเพื่อใช้เป็นสำนักงาน เช่น การใช้ลิฟต์ภายในอาคาร
- 10) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการทำเหมือง หรือการสกัดวัตถุดิบต่างๆ รวมถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบตั้งต้น ก่อนที่จะมีการนำเข้ามาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นเพื่อใช้งานภายในองค์กร
- 11) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำประปาภายในองค์กร
- 12) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุสำนักงานที่มีการใช้ภายในองค์กร เช่น กระดาษ

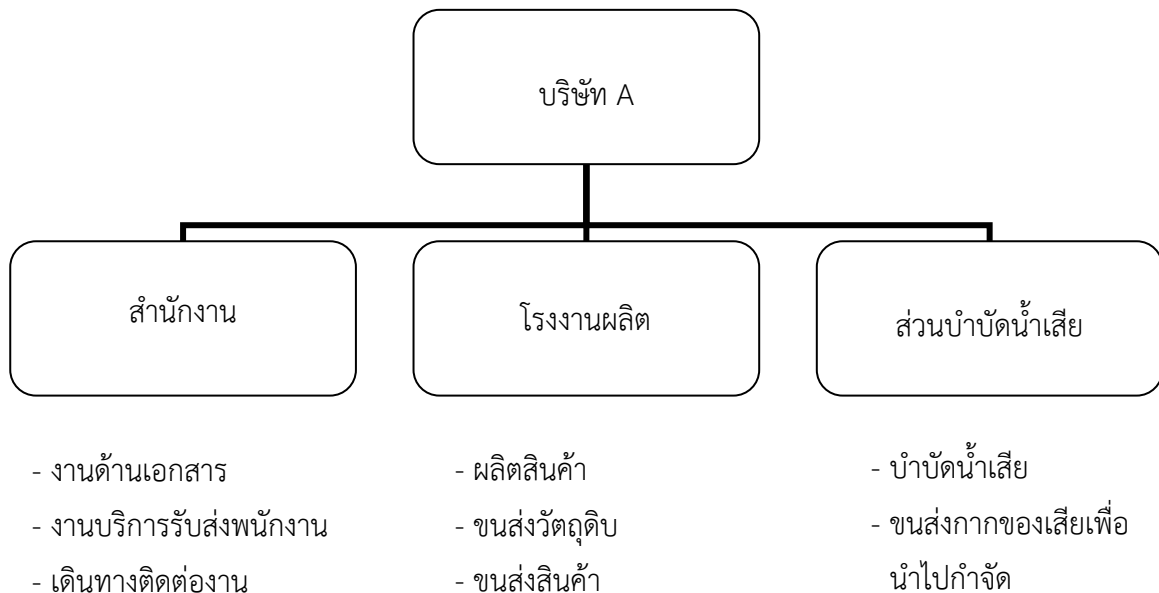
ฯลฯ

การวิเคราะห์แหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ภายหลังจากกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundaries) ควรระบุข้อมูลเกี่ยวกับแผนผังโครงสร้างขององค์กรที่มีการแสดงโครงสร้างการบริหารขององค์กรและของกลุ่มผู้รับผิดชอบในการประเมินและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร สถานที่ตั้ง (ตามใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน) แผนผังบริเวณขององค์กรโดยเฉพาะสถานที่ในส่วนที่มีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวนพนักงาน พลัักษณ์ของธุรกิจ ผลิตภัณฑ์ ผังกระบวนการผลิต/การบริการ โดยระบุข้อมูลนำเข้า (input) และข้อมูลขาออก (output) และข้อมูลอื่นๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการคำนวณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้ทราบถึงกิจกรรมและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกต้องครบถ้วน สอดคล้องตามขอบเขตขององค์กรที่กำหนด โดยควรเริ่มจากการระบุกิจกรรมต่างๆ ที่ดำเนินการโดยแต่ละหน่วยธุรกิจ/โรงงานให้ครบถ้วน จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์หาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรง ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน และทางอ้อมอื่นๆ (ตามประเภทขอบเขตการดำเนินงานที่ระบุในขั้นตอนที่ 1)

ตัวอย่าง การระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การระบุกิจกรรมภายใต้ขอบเขตองค์กร

จากนั้นวิเคราะห์แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรม แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรม

หน่วยงาน	กิจกรรม	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
สำนักงาน	งานด้านเอกสาร งานบริการรับส่งพนักงาน เดินทางติดต่อกัน	- การใช้ไฟฟ้าจากเครื่องใช้สำนักงาน - การใช้กระดาษ - การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ - การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ
โรงงานผลิต	ผลิตสินค้า ขนส่งวัตถุดิบ ขนส่งผลิตภัณฑ์	- การใช้ไฟฟ้าจากเครื่องจักร อุปกรณ์ - การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักร อุปกรณ์ - การใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต - การใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิด ก๊าซเรือนกระจก - การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ - การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ
ส่วนบำบัดน้ำเสีย	บำบัดน้ำเสีย ขนส่งกากของเสียไปกำจัด	- การใช้ไฟฟ้าจากเครื่องจักร อุปกรณ์ - การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจาก กระบวนการบำบัดน้ำเสีย - การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะที่ขนส่ง กากของเสียไปกำจัด

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรม อาจใช้แบบฟอร์มดังตัวอย่างตามตารางที่ 5 เพื่อระบุข้อมูล

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรม

หน่วยงาน	ประเภท 1					ประเภท 2		ประเภท 3					
	Stationary Combustion	Mobile Combustion	Chemical or Physical Processing	Fugitive Emission	Combustion of Biomass	Purchased electricity	Purchased steam	การเดินทางของพนักงาน	การเดินทางติดต่อธุรกิจ	การกำจัดของเสีย	การบำบัดน้ำเสีย	การใช้น้ำประปา	การใช้กระดาษ
สำนักงาน				X		X		X	X			X	X
โรงงานผลิต	X	X	X	X		X	X						
ส่วนบำบัดน้ำเสีย			X			X				X	X		
XXX													
XXX													

ขั้นตอนที่ 3

การคัดเลือกวิธีการคำนวณ

องค์กรต้องคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้อง ไม่ขัดแย้งกัน และช่วยลดความไม่แน่นอน โดยองค์กร สามารถเลือกวิธีการใดก็ได้แต่ต้องระบุไว้พร้อมเหตุผลประกอบ และต้องแสดงคำอธิบายหากมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณที่เคยใช้มาก่อน

ตัวอย่าง วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1) การคำนวณ โดยใช้วิธีการ

- นำข้อมูลกิจกรรม (activity data) คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (emission factor) และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตัน (กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent)
- การสร้างแบบจำลอง (models)
- การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (facility-specific correlations)
- การทำสมการมวลสารสมดุล (mass balance)

2) การตรวจวัด

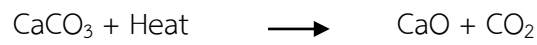
ทำการตรวจวัดปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง หรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ตามวิธีการตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูง

3) การตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ

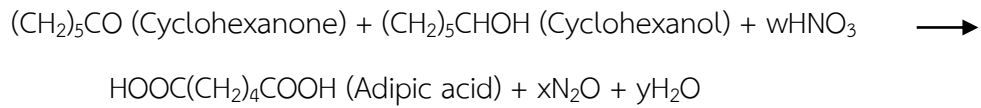
องค์กรสามารถหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณได้ เช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บ และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งได้จากการตรวจวัด มาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล เป็นต้น

ตัวอย่าง วิธีที่ใช้การดุลมวลสารหรือดุลสมการเคมี เช่น

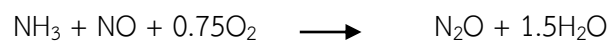
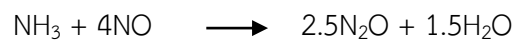
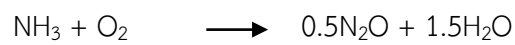
- กระบวนการ Calcination



- กระบวนการผลิตกรดไนตริก



- กระบวนการผลิตแอมโมเนีย



การเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ องค์กรต้องมีการคัดเลือกและเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สอดคล้องกับวิธีการคำนวณที่เลือกใช้

ข้อมูลกิจกรรม (activity data) ส่วนมากจะติดตามเก็บข้อมูลจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลทั้งหมดควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้

ตัวอย่างของข้อมูลกิจกรรม เช่น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (เช่น ปริมาตรของก๊าซธรรมชาติ หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m³) และปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง หน่วยเป็น ลิตร (liter)) ปริมาณการใช้สารเคมี หน่วยเป็น กิโลกรัม (kg) ปริมาณการใช้ไฟฟ้า หน่วยเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) และระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง หน่วยเป็น กิโลเมตร (km) เป็นต้น

การเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดรายละเอียดของข้อมูลที่เก็บรวบรวม เพื่อนำข้อมูลมาประเมินหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยข้อมูลกิจกรรมสามารถจัดเก็บข้อมูลในเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น
 - ข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ปริมาตรเป็นลิตร น้ำหนักเป็นกิโลกรัม ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นต้น
 - ข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ชนิดเชื้อเพลิง ความเข้มข้นของสารเคมี องค์ประกอบของสารเคมี เป็นต้น
2. เลือกวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือของผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้จากข้อมูลในส่วนนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถทำได้ทั้งการเก็บข้อมูลในระดับปฐมภูมิ เช่น ใบเสร็จรับเงิน บันทึกการเดินทางไปกลับของพนักงาน บันทึกปริมาณการใช้เชื้อเพลิง บันทึกระยะทางรถขนส่ง และบันทึกปริมาณการใช้วัสดุดิบ เป็นต้น และการใช้ข้อมูลทุติยภูมิกรณีที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลในระดับปฐมภูมิได้ เช่น การคำนวณข้อมูลสถิติ การสำรวจ เป็นต้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินและคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควรเก็บข้อมูลอย่างน้อยในช่วงเวลา 1 ปี ตามปีปฏิทิน หรือปีงบประมาณตามความเหมาะสม เพื่อให้สามารถนำค่ามาเปรียบเทียบกับค่าจากปีฐานที่เลือกไว้ได้

ตัวอย่าง การแสดงแหล่งที่มาของข้อมูลกิจกรรมและหน่วยของการเก็บข้อมูล

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แหล่งที่มาของข้อมูล	หน่วยวัด
ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร		
การใช้เชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำภายในองค์กร	บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้	ลิตร, กิโลกรัม, Standard cubic feet (scf)
การใช้เชื้อเพลิงภายในกระบวนการผลิต	บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้	ลิตร, กิโลกรัม, Standard cubic feet (scf)
การใช้สารเคมีภายในกระบวนการผลิต	บันทึกปริมาณสารเคมีที่ใช้ บันทึกการเบิกจ่าย	ลิตร, กิโลกรัม
การเดินทางของบุคลากรขององค์กรด้วยพาหนะขององค์กร หรือเช่าจากภายนอก แต่องค์กรรับผิดชอบค่าเชื้อเพลิง	บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกระยะทาง บันทึกน้ำหนักบรรทุกทุก บันทึกชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกประเภทของพาหนะที่ใช้ ใบเสร็จรับเงิน	ลิตร หรือกิโลกรัม กิโลเมตร ตัน และ % โหลด
การเติมสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศหรือระบบทำความเย็น	บันทึกปริมาณสารทำความเย็นที่เติม บันทึกชนิดสารทำความเย็นที่เติม	กิโลกรัม
ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน		
การใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำที่นำเข้ามาจากภายนอก	บันทึกปริมาณไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำที่ใช้ ใบเสร็จรับเงิน	กิโลวัตต์-ชั่วโมง กิโลจูลล์

ตัวอย่าง การแสดงแหล่งที่มาของข้อมูลกิจกรรมและหน่วยของการเก็บข้อมูล (ต่อ)

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แหล่งที่มาของข้อมูล	หน่วยวัด
ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ		
การเดินทางของบุคลากรขององค์กรด้วยพาหนะที่รับเหมาช่วงจากภายนอก	บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกระยะทาง บันทึกชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกประเภทของพาหนะที่ใช้ ใบเสร็จรับเงิน	ลิตร หรือกิโลกรัม กิโลเมตร
การเดินทางไปกลับของบุคลากรจากที่พักถึงองค์กรด้วยพาหนะส่วนตัว หรือพาหนะในระบบสาธารณะ	บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกระยะทาง บันทึกชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกประเภทของพาหนะที่ใช้ ใบเสร็จรับเงิน	ลิตร หรือกิโลกรัม กิโลเมตร
การเดินทางเพื่อติดต่อธุรกิจขององค์กร	บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกระยะทาง บันทึกชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกประเภทของพาหนะที่ใช้ ใบเสร็จรับเงิน	ลิตร หรือกิโลกรัม กิโลเมตร
การจ้างเหมาช่วงขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์	บันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกระยะทาง บันทึกน้ำหนักบรรทุก บันทึกชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ บันทึกประเภทของพาหนะที่ใช้ ใบเสร็จรับเงิน	ลิตร หรือกิโลกรัม กิโลเมตร ตัน และ % โหลด
การใช้วัสดุสำนักงานและวัสดุสิ้นเปลือง เช่น กระดาษ	บันทึกปริมาณวัสดุที่ใช้ บันทึกการเบิก-จ่ายวัสดุ ใบเสร็จรับเงิน	กิโลกรัม
การใช้น้ำประปา	บันทึกปริมาณน้ำประปาที่ใช้ ใบเสร็จรับเงิน	ลูกบาศก์เมตร

การคัดเลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ องค์กรต้องคัดเลือกหรือพัฒนาค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emission factors (EF)) เป็นค่าที่แปลงข้อมูลกิจกรรมไปเป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยแสดงได้ในหลายหน่วย เช่น กิโลกรัม CO₂ ต่อ กิโลเมตรการเดินทาง กิโลกรัม CO₂ ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงของการใช้ไฟฟ้า กิโลกรัม CO₂ ต่อลิตรของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งการนำค่าแฟกเตอร์มาใช้ในการคำนวณต้องมั่นใจว่าเลือกใช้หน่วยวัดที่สอดคล้องกันกับข้อมูลกิจกรรม

กรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ สามารถเลือกใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่แล้วตามแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถเรียงลำดับตามความสำคัญ ความน่าเชื่อถือ และคุณภาพของข้อมูล ได้ดังนี้

- ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ
- ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ดูข้อมูลเพิ่มเติมที่ <http://www.thailcidatabase.net>)
- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศ ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)
- ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ เป็นต้น
- ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ

ตัวอย่าง ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่ แสดงไว้ดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ตัวอย่างค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบบที่ 1

Fuel		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper
Crude Oil		73 300	71 100	75 500	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Orimulsion		r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Natural Gas Liquids		r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Jet Kerosene		71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Other Kerosene		71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Shale Oil		73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gas/Diesel Oil		74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Residual Fuel Oil		77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Liquefied Petroleum Gases		63 100	61 600	65 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Ethane		61 600	56 500	68 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Naphtha		73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Bitumen		80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Lubricants		73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Petroleum Coke		r 97 500	82 900	115 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Refinery Feedstocks		73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Other Oil	Refinery Gas	n 57 600	48 200	69 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Paraffin Waxes	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Other Petroleum Products	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Anthracite		98 300	94 600	101 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Coking Coal		94 600	87 300	101 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Other Bituminous Coal		94 600	89 500	99 700	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Sub-Bituminous Coal		96 100	92 800	100 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Lignite		101 000	90 900	115 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Oil Shale and Tar Sands		107 000	90 200	125 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Brown Coal Briquettes		n 97 500	87 300	109 000	n 10	3	30	n 1.5	0.5	5
Patent Fuel		97 500	87 300	109 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5

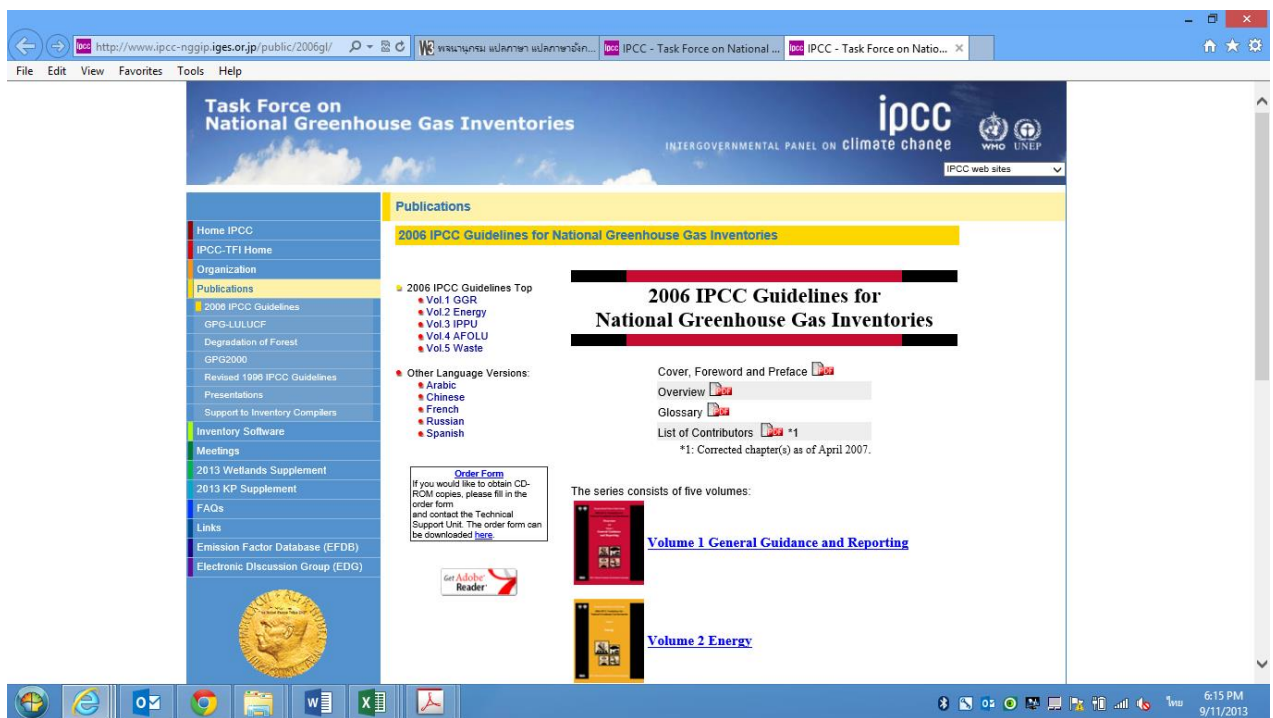
อ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ประเภทการเผาไหม้แบบอยู่กับที่ และสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง

ตารางที่ 7 ตัวอย่างค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบบที่ 2

ชื่อ	หน่วยวัด	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (KgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
การใช้ไฟฟ้า			
Thailand Grid Mix Electricity	กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)
พลังงาน (ที่มีการเคลื่อนที่)			
น้ำมันเบนซิน	ลิตร (L)	2.2376	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
น้ำมันดีเซล	ลิตร (L)	2.7446	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT
Liquified Petroleum Gas (LPG)	ลิตร (L)	1.5362	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
กลุ่มการขนส่งโดยรถบรรทุก (Truck Transportations) และขนส่งประเภทอื่นๆ (Others)			
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุก สูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 0% Loading	ตัน-กิโลเมตร (tkm)	0.3111	Thai national database
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุก สูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 50% Loading	ตัน-กิโลเมตร (tkm)	0.2681	Thai national database

อ้างอิงจาก ค่า Emission Factor รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) update 30 เมษายน 2556

ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14064-1 ข้อ 7.3.1 การรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรที่เป็นประเภทการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emissions) ให้แสดงปริมาณแยกแต่ละชนิดของก๊าซเรือนกระจกในหน่วย ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tones of CO₂e) ดังนั้นการเลือกใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, EF) จึงควรอ้างอิงจากหลายแหล่งซึ่งสามารถให้ข้อมูลค่า EF แยกตามแต่ละชนิดของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งแหล่งที่แนะนำและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ข้อมูลจากคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ตามเอกสาร “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” ซึ่งสามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จาก <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> แยกตาม Volume ที่ใช้ รายละเอียดดังภาพที่ 4 โดยหากเป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงให้ใช้ Volume 2 Energy



ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงผลการสืบค้นค่า EF จาก IPCC

สำหรับบางประเภทอุตสาหกรรมอาจใช้ค่า EF และการคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับสาขาอุตสาหกรรมนั้น เช่น Oil and Natural Gas Industry จะอ้างอิงจากสถาบันปิโตรเลียมอเมริกัน หรือ American Petroleum Institute, API ตามเอกสาร “COMPENDIUM OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS METHODOLOGIES FOR THE OIL AND NATURAL GAS INDUSTRY” โดยสามารถดาวน์โหลดเอกสารได้ที่

http://www.api.org/ehs/climate/new/upload/2009_ghg_compendium.pdf

การพิจารณาค่า EF จากคู่มือของ IPCC มาใช้งาน มีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกประเภทของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกว่าเป็น Stationary Combustion, Mobile Combustion, Fugitive Emission และเลือก Chapter ที่ใช้ให้ถูกต้อง โดย
 - Stationary Combustion เลือกใช้ Volume 2 Chapter 2
 - Mobile Combustion เลือกใช้ Volume 2 Chapter 3
 - Fugitive Emissions เลือกใช้ Volume 2 Chapter 4
 - Waste Water Treatment and Discharge เลือกใช้ Volume 5 Chapter 6
2. การเลือกใช้ค่า EF ให้พิจารณาค่า Default ตาม Tier ที่เลือกใช้ เช่น ใน Volume 2 Chapter 2 - Stationary Combustion จะกำหนดไว้ 3 Tier โดย Tier 1 เป็นค่าที่กำหนดในระดับนานาชาติ Tier 2 เป็นค่าเฉพาะของประเทศ (Country-Specific) และ Tier 3 เป็นค่าเฉพาะเทคโนโลยีที่ใช้ (Technology-Specific) ซึ่งในปัจจุบันเราจะเลือกใช้ค่าของ Tier 1 เนื่องจากของประเทศไทยยังไม่มีกำหนดค่าเฉพาะไว้
3. เลือกใช้ค่า EF ตามประเภทของอุตสาหกรรม เช่น ใน Volume 2 Chapter 2 - Stationary Combustion จะแบ่งเป็น Energy Industries, Manufacturing Industries and Construction, Commercial/ Institutional, Residential and Agriculture/Forestry/Fishing/Fishing Farms

ตัวอย่าง การเลือกค่า EF มาใช้ สำหรับประเภท **Direct Emissions – Stationary Combustion** โดยเลือกค่า Default ของ **Tier 1** สำหรับ **Manufacturing Industries and Construction** : ให้เลือกใช้ค่าใน **Table 2.3** (ตามตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 6 ของคู่มือฉบับนี้) แยกตามชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมา ซึ่งหน่วยของค่า EF คือ kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis

จะเห็นว่าหน่วยของ EF เป็นหน่วยของค่าพลังงาน ซึ่งการนำค่า EF ไปใช้ในการคำนวณควรจะต้องมีหน่วยที่สอดคล้องกันกับหน่วยวัดของข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ซึ่งโดยทั่วไปหน่วยวัดของปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จะแสดงในรูปของ ลิตร กิโลกรัม หรือ scf ดังนั้น ควรมีการแปลงหน่วยของค่า EF ให้อยู่ในรูปของ kgCO₂e/unit โดย unit ให้สอดคล้องกับหน่วยของข้อมูลกิจกรรม

ตัวอย่าง การแปลงหน่วยของค่า EF

1. ทราบค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value, NCV) ซึ่งสามารถสืบค้นได้จาก “รายงานพลังงานของประเทศไทย” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ในบางธุรกิจอาจสามารถใช้ค่า NCV จากผลทดสอบของโรงงานได้
2. หน่วยของ EF ใน Table 2.3 คือ kg of greenhouse gas per TJ ส่วนค่า NCV มีหน่วยเป็น MJ/unit จึงต้องแปลงหน่วย TJ ให้เป็น MJ และคูณค่า NCV ก็จะได้ค่า EF ที่มีหน่วยเป็น kgCO₂e/unit เช่น ค่า EF (CO₂) ใน Table 2.3 ของเชื้อเพลิง ประเภท Diesel Oil มีค่าเท่ากับ 74100 kgCO₂ per TJ และค่า NCV ของ น้ำมันดีเซล (ลิตร) เท่ากับ 36.42 MJ/Unit

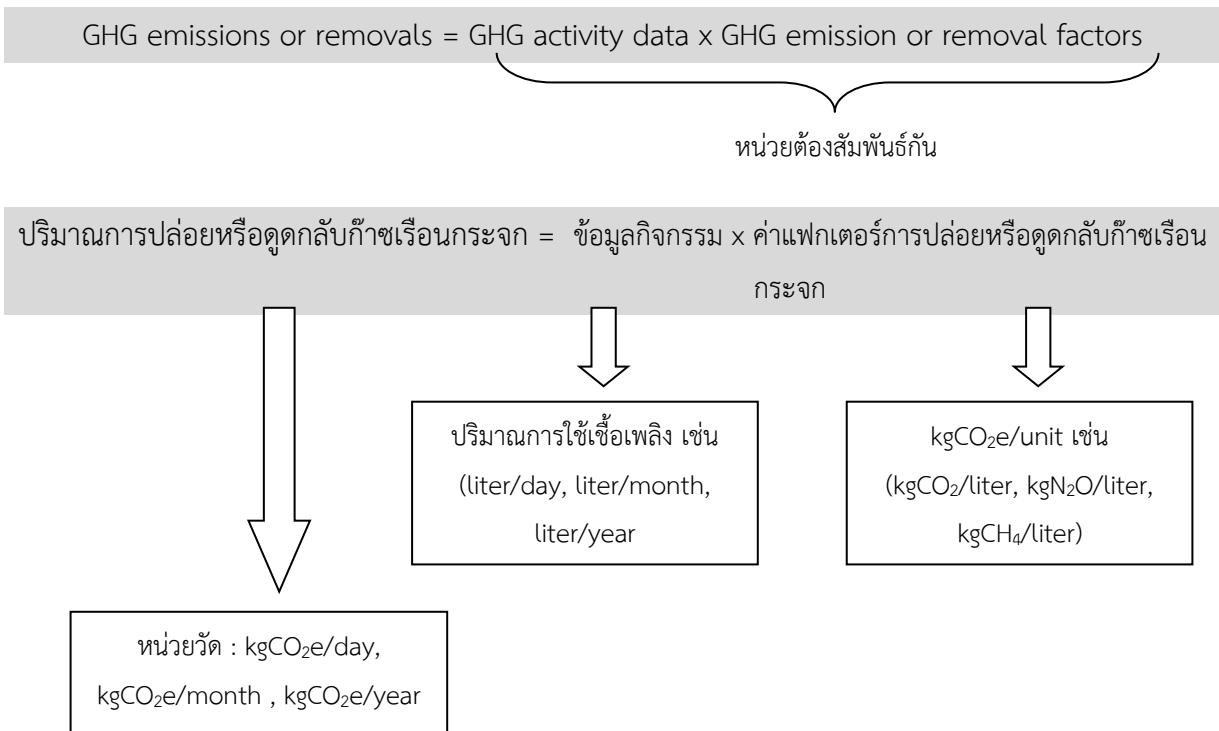
$$\text{ดังนั้น} \quad \text{EF (kgCO}_2\text{/unit)} = (74100 * 36.42) / 10^6 = 2.6987$$

TABLE 2.3
DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN MANUFACTURING INDUSTRIES AND CONSTRUCTION
(kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

Fuel		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper
Crude Oil		73 300	71 100	75 500	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Orimulsion		r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Natural Gas Liquids		r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Jet Kerosene		71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Other Kerosene		71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Shale Oil		73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gas/Diesel Oil		74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Residual Fuel Oil		77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Liquefied Petroleum Gases		63 100	61 600	65 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Ethane		61 600	56 500	68 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Naphtha		73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Bitumen		80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Lubricants		73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Petroleum Coke		r 97 500	82 900	115 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Refinery Feedstocks		73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Other Oil	Refinery Gas	n 57 600	48 200	69 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Paraffin Waxes	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Other Petroleum Products	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Anthracite		98 300	94 600	101 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Coking Coal		94 600	87 300	101 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Other Bituminous Coal		94 600	89 500	99 700	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Sub-Bituminous Coal		96 100	92 800	100 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Lignite		101 000	90 900	115 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Oil Shale and Tar Sands		107 000	90 200	125 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5
Brown Coal Briquettes		n 97 500	87 300	109 000	n 10	3	30	n 1.5	0.5	5
Patent Fuel		97 500	87 300	109 000	10	3	30	r 1.5	0.5	5

การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้จากการใช้ค่าข้อมูลกิจกรรมคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก



❖ แนวทางการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร (GHG Emissions)

สำหรับการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆ ภายในองค์กร สามารถแสดงเป็นตัวอย่าง แยกตามลักษณะของกิจกรรมได้ดังนี้

1. การเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์และเตาเผาต่างๆ

เป็นการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า หรือผลิตความร้อน ที่อยู่ในตำแหน่งคงที่ เช่น เตาเผา (Furnace) หม้อไอน้ำ (Boiler) เครื่องปั่นกระแสไฟที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Generator) และเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหุงต้ม ถ่านหิน น้ำมันเตา น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล เป็นต้น

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
การเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์และเตาเผาต่างๆ (เผาไหม้อยู่กับที่)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ e) = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (L,kg,scf) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ e/L, kgCO ₂ e/kg, kgCO ₂ e/scf)

หมายเหตุ ตามมาตรฐาน ISO 14064-1 สำหรับการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 Direct Emission ให้รายงานแยกแต่ละประเภทของก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นการคำนวณจึงจำเป็นต้องแยกคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภท

ตัวอย่าง บริษัท A ใช้ น้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำนวน 15,000 ลิตรต่อปี

จากตารางที่ 6 Table 2.3 ใน 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories พบว่าการใช้น้ำมันดีเซล จะปล่อยก๊าซ CO₂, CH₄ และ N₂O ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO}_2\text{)} &= \text{ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้น้ำมันดีเซล (เผาไหม้อยู่กับที่) (kgCO}_2\text{/liter)} \\ &= 15,000 \text{ liter} \times 2.6987 \text{ kgCO}_2\text{/liter} \\ &= 40,480.5 \text{ kgCO}_2 \end{aligned}$$

$$\text{โดย EF (kgCO}_2\text{/unit)} = (74100 * 36.42) / 10^6 = 2.6987$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ \text{EF (CO}_2\text{)} & & \text{NCV} \\ \text{(kgCO}_2\text{ per TJ)} & & \text{(MJ/Unit)} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CH}_4\text{)} &= \text{ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้น้ำมันดีเซล (เผาไหม้อยู่กับที่) (kgCH}_4\text{/liter)} \\ &= 15,000 \text{ liter} \times 0.000109 \text{ kgCH}_4\text{/liter} \\ &= 1.635 \text{ kgCH}_4 \end{aligned}$$

$$\text{โดย EF (kgCH}_4\text{/unit)} = (3 * 36.42) / 10^6 = 0.000109$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ \text{EF (CH}_4\text{)} & & \text{NCV} \\ \text{(kgCH}_4\text{ per TJ)} & & \text{(MJ/Unit)} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (N}_2\text{O)} &= \text{ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้น้ำมันดีเซล (เผาไหม้อยู่กับที่) (kgN}_2\text{O/liter)} \\ &= 15,000 \text{ liter} \times 0.0000219 \text{ kgN}_2\text{O/liter} \\ &= 0.3285 \text{ kgN}_2\text{O} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{โดย EF (kgN}_2\text{O/unit)} &= (0.6 * 36.42) / 10^6 = 0.0000219 \\ &\quad \downarrow \quad \downarrow \\ &\quad \text{EF (N}_2\text{O)} \quad \text{NCV} \\ &\quad \text{(kgN}_2\text{O per TJ)} \quad \text{(MJ/Unit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวม} &= \text{ปริมาณ CO}_2 * \text{GWP ของ CO}_2 + \text{ปริมาณ CH}_4 * \text{GWP ของ CH}_4 + \\ \text{คิดในหน่วย KgCO}_2\text{e} &\quad \text{ปริมาณ N}_2\text{O} * \text{GWP ของ N}_2\text{O} \\ &= (40,480.5 * 1) + (1.635 * 25) + (0.3285 * 298) = 40,619.27 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่า GWP คือ ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน โดยแสดงเป็นค่าของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

ตัวอย่าง บริษัท B มีข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้ม LPG จำนวน 500 ลิตร

จากตารางที่ 6 Table 2.3 ใน 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories พบว่าการใช้ LPG จะปล่อยก๊าซ CO₂, CH₄ และ N₂O ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO}_2\text{)} &= \text{ปริมาณ LPG ที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้ LPG (เผาไหม้อยู่กับที่) (kgCO}_2\text{/liter)} \\ &= 500 \text{ liter} \times 1.6797 \text{ kgCO}_2\text{/liter} \\ &= 839.86 \text{ kgCO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{โดย EF (kgCO}_2\text{/unit)} &= (63100 * 26.62) / 10^6 = 1.6797 \\ &\quad \downarrow \quad \downarrow \\ &\quad \text{EF (CO}_2\text{)} \quad \text{NCV} \\ &\quad \text{(kgCO}_2 \text{ per TJ)} \quad \text{(MJ/Unit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CH}_4\text{)} &= \text{ปริมาณ LPG ที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้ LPG (เผาไหม้อยู่กับที่) (kgCH}_4\text{/liter)} \\ &= 500 \text{ liter} \times 0.0000266 \text{ kgCH}_4\text{/liter} \\ &= 0.0133 \text{ kgCH}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{โดย EF (kgCH}_4\text{/unit)} &= (1 * 26.62) / 10^6 = 0.0000266 \\ &\quad \downarrow \quad \downarrow \\ &\quad \text{EF (CH}_4\text{)} \quad \text{NCV} \\ &\quad \text{(kgCH}_4 \text{ per TJ)} \quad \text{(MJ/Unit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (N}_2\text{O)} &= \text{ปริมาณ LPG ที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้ LPG (เผาไหม้อยู่กับที่) (kgN}_2\text{O/liter)} \\ &= 500 \text{ liter} \times 0.00000266 \text{ kgN}_2\text{O/liter} \\ &= 0.00133 \text{ kgN}_2\text{O} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{โดย EF (kgN}_2\text{O /unit)} &= (0.1 * 26.62) / 10^6 = 0.00000266 \\ &\quad \downarrow \quad \downarrow \\ &\quad \text{EF (N}_2\text{O)} \quad \text{NCV} \\ &\quad \text{(kgN}_2\text{O per TJ)} \quad \text{(MJ/Unit)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวม} &= \text{ปริมาณ CO}_2 * \text{GWP ของ CO}_2 + \text{ปริมาณ CH}_4 * \text{GWP ของ CH}_4 + \\ \text{คิดในหน่วย KgCO}_2\text{e} &\quad \text{ปริมาณ N}_2\text{O} * \text{GWP ของ N}_2\text{O} \\ &= (839.86 * 1) + (0.0133 * 25) + (0.00133 * 298) = 840.589 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่า GWP คือ ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน โดยแสดงเป็นค่าของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

2. การใช้สารเคมีภายในกระบวนการผลิต

เป็นการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้สารเคมี ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

- 2.1 กรณีที่สารเคมีไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างใช้งาน จะเป็นการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตสารเคมี โดยรายงานในประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ
- 2.2 กรณีที่สารเคมีสามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างใช้งาน จะคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยา โดยอาศัยหลักมวลสารสัมพันธ์ และรายงานในประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
2.1 การใช้สารเคมีภายในกระบวนการผลิต (สารเคมีไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการฯ)	<p>ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e) = ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (kg) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมี (kgCO₂e/kg)</p> <p>* ในกรณีที่ไม่สามารถหา Emission Factor ของสารเคมีที่ใช้ได้ ให้พิจารณา Emission Factor จากประเภท สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารเคมีที่มีลักษณะใกล้เคียงมาใช้คำนวณแทน</p>

ตัวอย่าง ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของบริษัท A มีการใช้กรดซัลฟิวริกในการปรับสภาพน้ำที่มีค่า pH ต่ำ โดยใช้กรดซัลฟิวริกทั้งหมด 100 กิโลกรัมต่อปี

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} &= \text{ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (kg/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{กรดซัลฟิวริก (kgCO}_2\text{e/kg)} \\ &= 100 \text{ kg} \times 0.1219 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} \\ &= 12.19 \text{ kgCO}_2\text{e} \quad (\text{รายงานในประเภทที่ 3}) \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรดซัลฟิวริก อ้างอิงจาก ค่า Emission Factor แยกตามกลุ่มอุตสาหกรรม ของ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) update 2 มกราคม 2556

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
2.2 การใช้สารเคมีภายในกระบวนการผลิต (สารเคมีสามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการฯ)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ e) = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้จากการตุลมวลสาร

ตัวอย่าง ในกระบวนการควบคุมคุณภาพน้ำของหม้อไอน้ำของบริษัท A มีการเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na₂CO₃) เพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน โดยมีการใช้โซเดียมคาร์บอเนตทั้งหมด 10 กิโลกรัมต่อปี

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (จากการตุลมวลสาร) เมื่อโซเดียมคาร์บอเนตถูกให้ความร้อนจะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ดังสมการ



หาค่ามวลโมเลกุล (MW) ของแต่ละสาร โดยคำนวณจากค่ามวลอะตอม ได้ดังนี้ ;

Na = 23, C = 12, O = 16 และนำมาเข้าสมการเคมี เพื่อหามวลโมเลกุล ได้ดังนี้



$$(23 \times 2) + (12 \times 1) + (16 \times 3) = 106 \text{ กรัม} \qquad (12 \times 1) + (16 \times 2) = 44 \text{ กรัม}$$

ดังนั้น Na₂CO₃ จำนวน 106 กรัม เมื่อให้ความร้อนจะเกิด CO₂ จำนวน 44 กรัม

Na₂CO₃ จำนวน 10,000 กรัม เมื่อให้ความร้อนจะเกิด CO₂ จำนวน

$$(44/106) \times 10,000 \text{ กรัม} = 4,150.94 \text{ กรัม}$$

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำปฏิกิริยาของ Na₂CO₃ จึงเท่ากับ 4.15 kgCO₂e

3. การเดินทาง และขนส่งด้วยยานพาหนะประเภทต่างๆ

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางและขนส่งทางรถ สามารถทำได้โดยใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

3.1 กรณีที่ทราบข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทาง หรือขนส่ง ให้นำปริมาณที่ใช้ไปคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

3.2 กรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ให้เลือกใช้วิธีการคำนวณ โดยเลือกจากวิธีต่างๆ ดังนี้

3.2.1 กรณีมีข้อมูลระยะทางในการเดินทาง และประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ ให้นำข้อมูลระยะทางมาใช้คำนวณเป็นปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยนำค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาประกอบการคำนวณ (โดยอ้างอิงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม อาทิ กรมควบคุมมลพิษ และ American Petroleum Institute (API))

3.2.2 กรณีมีข้อมูลระยะทางในการเดินทาง และประเภทของยานพาหนะ ให้นำข้อมูลระยะทางมาใช้คำนวณโดยคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของยานพาหนะ และกรณีมีการบรรทุกสินค้าให้นำน้ำหนักบรรทุกมาประกอบการคำนวณด้วย (โดยอ้างอิงค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม อาทิ Thai National Database)

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
3.1 การเดินทางและขนส่งด้วยยานพาหนะประเภทรถ (กรณีทราบปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ e) = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทาง (หน่วยวัดตามประเภทของเชื้อเพลิง) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของเชื้อเพลิง (kgCO ₂ e/unit)

ตัวอย่าง บริษัท A ว่าจ้างรถยนต์เช่าจากภายนอกที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เพื่อรับส่งพนักงานไปพบลูกค้าที่จังหวัดระยอง โดยบริษัท A เป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง ซึ่งปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดการเดินทางครั้งนี้รวมทั้งหมด 55 ลิตร (รายงานในประเภทที่ 1 Direct Emission – Mobile Combustion)

* การเลือกใช้ค่า EF สำหรับแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเภท Mobile Combustion ให้เลือกใช้ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 Chapter 3 Mobile Combustion โดยเลือกใช้ค่าใน Table 3.2.1 และ Table 3.2.2 ซึ่งพบว่าการใช้ดีเซล จะปล่อยก๊าซ CO₂, CH₄ และ N₂O ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO}_2\text{)} &= \text{ปริมาณดีเซลที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้ดีเซล (เผาไหม้เคลื่อนที่) (kgCO}_2\text{/liter)} \\ &= 55 \text{ liter} \times 2.6987 \text{ kgCO}_2\text{/liter} \\ &= 148.43 \text{ kgCO}_2 \end{aligned}$$

$$\text{โดย EF (kgCO}_2\text{/unit)} = (74100 * 36.42) / 10^6 = 2.6987$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ \text{EF (CO}_2\text{)} & & \text{NCV} \\ \text{(kgCO}_2\text{ per TJ)} & & \text{(MJ/Unit)} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CH}_4\text{)} &= \text{ปริมาณดีเซลที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้ดีเซล (เผาไหม้เคลื่อนที่) (kgCH}_4\text{/liter)} \\ &= 55 \text{ liter} \times 0.000142 \text{ kgCH}_4\text{/liter} \\ &= 0.0078 \text{ kgCH}_4 \end{aligned}$$

$$\text{โดย EF (kgCH}_4\text{/unit)} = (3.9 * 36.42) / 10^6 = 0.000142$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ \text{EF (CH}_4\text{)} & & \text{NCV} \\ \text{(kg CH}_4\text{ per TJ)} & & \text{(MJ/Unit)} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (N}_2\text{O)} &= \text{ปริมาณดีเซลที่ใช้ (liter/year)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ} \\ &\quad \text{การใช้ดีเซล (เผาไหม้เคลื่อนที่) (kgN}_2\text{O/liter)} \\ &= 55 \text{ liter} \times 0.000142 \text{ kgN}_2\text{O/liter} \\ &= 0.0078 \text{ kgN}_2\text{O} \end{aligned}$$

$$\text{โดย EF (kgN}_2\text{O/unit)} = (3.9 * 36.42) / 10^6 = 0.000142$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ \text{EF (N}_2\text{O)} & & \text{NCV} \\ \text{(kgN}_2\text{O per TJ)} & & \text{(MJ/Unit)} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวม} &= \text{ปริมาณ CO}_2 \times \text{GWP ของ CO}_2 + \text{ปริมาณ CH}_4 \times \text{GWP ของ CH}_4 + \\ \text{คิดในหน่วย KgCO}_2\text{e} &\quad \text{ปริมาณ N}_2\text{O} \times \text{GWP ของ N}_2\text{O} \\ &= (148.43 * 1) + (0.0078 * 25) + (0.0078 * 298) = 150.949 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่า GWP คือ ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน โดยแสดงเป็นค่าของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

ตัวอย่าง บริษัท A ว่าจ้างรถยนต์เช่าจากภายนอกที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 เป็นเชื้อเพลิง เพื่อรับส่งพนักงานไปพบลูกค้าที่จังหวัดระยอง โดยบริษัท A เป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง ซึ่งปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดการเดินทางครั้งนี้รวมทั้งหมด 55 ลิตร (รายงานในประเภทที่ 1 Direct Emission – Mobile Combustion)

* การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจก ให้เลือกใช้ค่า EF สำหรับแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเภท Mobile Combustion ตาม Table 3.2.1 และ Table 3.2.2 โดยเลือกใช้ค่าของ Motor Gasoline – Uncontrolled

* การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจก ให้นำค่า Activity Data ของการใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 โดยคูณด้วย 0.95 (หมายความว่า มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล 95% และเอทานอล 5% จึงนำค่า Activity Data เฉพาะส่วนที่เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล มาใช้เพื่อการคำนวณ)

จากนั้นคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจก ตามตัวอย่างข้างต้นในข้อ 3.1

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
3.2.1 การเดินทางและขนส่งด้วยยานพาหนะประเภทรถ (กรณีไม่ทราบปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ทราบระยะทาง และประเภทเชื้อเพลิง)	<p>ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e) = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทาง (หน่วยวัดตามประเภทของเชื้อเพลิง) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของเชื้อเพลิง (kgCO₂e/unit) โดยคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ก่อนจากสูตร</p> $\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (หน่วยวัดตามประเภทเชื้อเพลิง)} = \frac{\text{ระยะทาง (กิโลเมตร)}}{\text{อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลเมตร/หน่วยวัด)}}$

ตัวอย่าง บริษัท A ว่าจ้างรถยนต์เช่าจากภายนอกที่ใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) เป็นเชื้อเพลิง เพื่อรับส่งพนักงานไปพบลูกค้าที่จังหวัดระยอง โดยบริษัท A เป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิง ซึ่งทราบระยะทางการเดินทางไป-กลับ รวม 400 กิโลเมตร

ก่อนอื่นให้คำนวณปริมาณก๊าซหุงต้มที่ใช้ (ลิตร) = ระยะทาง (km) / อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถ LPG (km/liter)

$$= 400 \text{ (km)} / 8.929 \text{ (km/liter)}$$

$$= 44.80 \text{ liter}$$

หมายเหตุ ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสำหรับรถ LPG และค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซหุงต้ม (พลังงาน ที่มีการเคลื่อนที่) อ้างอิงจากค่า Emission Factor สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) update 19 มีนาคม 2556

จากนั้นคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจก ตามตัวอย่างข้อ 3.1

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
<p>3.2.2 การเดินทางและขนส่งด้วยยานพาหนะประเภทรถ</p> <p>(กรณีไม่ทราบปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ทราบระยะทาง และประเภทของพาหนะที่ใช้ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ มีบรรทุกสินค้า กับไม่มีการบรรทุกสินค้า)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • กรณีไม่มีบรรทุกสินค้า <p>ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e) = ระยะทาง (กิโลเมตร) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตันกิโลเมตร)</p> <ul style="list-style-type: none"> • กรณีมีบรรทุกสินค้า <p>ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e) = น้ำหนักสินค้า (ตัน) x ระยะทาง (กิโลเมตร) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ตันกิโลเมตร)</p>

ตัวอย่าง บริษัท A จัดรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน เพื่อขนส่งสินค้า โดยมีการบรรทุกสินค้าน้ำหนัก 16 ตัน เพื่อนำไปส่งแก่ลูกค้าโดยเที่ยวไปบรรทุกสินค้าเติมน้ำหนักบรรทุก เดินทางไปเป็นระยะทาง 20 กิโลเมตร เทียบกลับนำรถเปล่ากลับมายังบริษัท โดยจะขนส่งในลักษณะนี้ทุกวันไม่มีวันหยุด วันละ 2 เที่ยว

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเที่ยวไป + ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเที่ยวกลับ (kgCO₂e)

$$\begin{aligned}
 \text{- ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (เที่ยวไป)} &= \text{น้ำหนักบรรทุก (ton)} \times \text{ระยะทาง (km)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tkm)} \times 2 \text{ เที่ยว} \times 365 \text{ วัน} \\
 &= 16 \text{ (t)} \times 20 \text{ (km)} \times 0.0530 \text{ (kgCO}_2\text{e/tkm)} \times 2 \times 365 \\
 &= 12,380.8 \text{ kgCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นค่าของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% loading ซึ่งอ้างอิงจากค่า Emission Factor สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) update 19 มีนาคม 2556

$$\begin{aligned}
 \text{- ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (เที่ยวกลับ)} &= \text{ระยะทาง (km)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (km)} \times 2 \text{ เที่ยว} \times 365 \text{ วัน} \\
 &= 20 \text{ (km)} \times 0.5863 \text{ (kgCO}_2\text{e/km)} \times 2 \times 365 \\
 &= 8,559.98 \text{ kgCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นค่าของรถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบปกติ 0% loading ซึ่งอ้างอิงจากค่า Emission Factor สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) update 19 มีนาคม 2556

$$\text{ดังนั้น ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (รวม)} = 12,380.8 + 8,559.98 = 20,940.78 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

4. การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ หรือหน่วยผลิตย่อยภายในโรงงาน เช่น การรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศหรือระบบทำความเย็น

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
การเติมสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศหรือระบบทำความเย็น (ทราบชนิดของสารทำความเย็น ซึ่งเป็นชนิดที่ปล่อย GHG เช่น R-22, R-134)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ e) = ปริมาณสารทำความเย็นที่เติม (kg) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารทำความเย็น (kgCO ₂ e/kg)

หมายเหตุ การรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเติมสารทำความเย็น จะรายงานเฉพาะสารทำความเย็นชนิดที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 6 กลุ่มก๊าซที่อยู่ภายในของข่ายที่มาตรฐาน ISO 14064-1 กำหนด โดยให้ตรวจสอบจากตาราง GWP ที่อ้างอิงในภาคผนวก ค ซึ่งกรณีที่ไม่อยู่ใน 6 กลุ่มก๊าซ เช่น สารทำความเย็นชนิด R-22 ให้มีการชี้แจงแหล่งปล่อย การคำนวณ และรายงานแยกไว้

ตัวอย่าง บริษัท A มีเครื่องปรับอากาศ 2 ตัว ทุกปีต้องมีการเติมน้ำยาแอร์ชนิด R-134a ประมาณ 7.5 กิโลกรัมต่อเครื่อง

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} &= \text{ปริมาณสารทำความเย็นที่เติม (kg)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารทำความเย็น (kgCO}_2\text{e/kg)} \\
 &= 7.5 \text{ kg} \times 1430 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} \times 2 \text{ เครื่อง} \\
 &= 21,450 \text{ kgCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำยาแอร์ ชนิด R-134a อ้างอิงจากค่า GWP 100yr

5. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย

การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย โดยหากองค์กรมีระบบบำบัดน้ำเสียเองภายใน โรงงานจะมีการปล่อยก๊าซมีเทน และให้รายงานในประเภทที่ 1 Direct Emission

การคำนวณ อ้างอิง 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 5 : Waste, Chapter 6 : Wastewater Treatment and Discharge ข้อ 6.2.3 Industrial Wastewater

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
การบำบัดน้ำเสีย	<p>ปริมาณก๊าซเรือนกระจก CH₄ Emissions = (TOW - S) * EF - R</p> <p>โดย TOW = W * COD</p> <p>EF = B₀ * MCF</p>

หมายเหตุ

CH ₄ Emissions (kg CH ₄ /month)	เป็นค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมการบำบัดน้ำเสีย
TOW (kg COD/month)	เป็นค่า Total organically degradable material in industrial wastewater
W (m ³ /month)	เป็นค่า Wastewater generated – ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ
COD (mg/l)	เป็นค่า Chemical Oxygen Demand – ค่า COD ขาเข้าที่ได้จากการวัด
S (kg COD/month)	เป็นค่า Organic component removed as sludge in inventory year ปริมาณกากตะกอนที่ออกจากระบบบำบัด
EF (kg CH ₄ /kg COD for treatment/discharge pathways or system used)	เป็นค่า Emission factor – ดูตารางที่ 5
B ₀ (kg CH ₄ / kg COD)	เป็นค่า Maximum CH ₄ producing capacity = 0.25 ซึ่งเป็นค่า IPCC COD- default factor for B ₀
MCF	เป็นค่า Methane Correction Factor (fraction) – ดูตารางที่ 5
R (kg CH ₄ /month)	เป็นค่า Amount of CH ₄ recovered – ค่าปริมาณมีเทนที่นำกลับเข้ามาใช้ใหม่

การเลือกใช้ค่า MCF ให้พิจารณาประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียและเงื่อนไขในการเดินระบบ โดยอ้างอิงค่าตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่า Default สำหรับ MCF Values For Industrial Wastewater

Wastewater Treatment System	B ₀	MCF	EF	Remark
Untreated (Sea, river and lake discharge)	0.25	0.1	0.025	
Aerobic treatment plant: Well managed	0.25	0.0	0.000	
Aerobic treatment plant : Not well managed, Overloaded	0.25	0.3	0.075	
Anaerobic digester for sludge : without methane recovery	0.25	0.8	0.200	
Anaerobic reactor : without methane recovery	0.25	0.8	0.200	
Anaerobic shallow lagoon (depth less than 2 meter)	0.25	0.2	0.050	
Anaerobic deep lagoon (depth more than 2 meter)	0.25	0.8	0.200	

6. การใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำจากแหล่งภายนอก

- การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำที่มีการนำเข้ามาจากแหล่งภายนอกเพื่อใช้ในองค์กร ให้คำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำที่เกิดขึ้นจริงขององค์กร โดยจัดเก็บบันทึกปริมาณการใช้ หรือใช้ค่าจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าขององค์กร
- กรณีที่องค์กรไปเช่าสถานที่ร่วมกับองค์กรอื่นๆ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดมีการใช้ร่วมกับองค์กรอื่นๆ ให้ทำการประมาณปริมาณการใช้ไฟฟ้าขององค์กรโดยวิธีการปันส่วนที่เหมาะสม

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
<p>การใช้ไฟฟ้าที่นำเข้ามาจากภายนอก (รายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 2 Energy Indirect Emission)</p>	<p>ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e) = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e/kWh)</p> <p>- ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งปีสามารถคำนวณได้จาก</p> <p>ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง.ปี) = จำนวนวัตต์ของเครื่องใช้ไฟฟ้า (วัตต์) x ชั่วโมงการเปิดใช้เฉลี่ยต่อวัน (ชั่วโมง/วัน) x 365 (วันใน 1 ปี) / 1,000 (คิดเป็นกิโลวัตต์)</p>
<p>การใช้ไฟฟ้าที่นำเข้ามาจากภายนอก (กรณีองค์กรไปเช่าสถานที่ร่วมกับองค์กรอื่นๆ) (รายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 2 Energy Indirect Emission)</p>	<p>ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e) = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e/kWh)</p> <p>- โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้าให้คำนวณโดยใช้การปันส่วน</p> <p>ปริมาณการใช้ไฟฟ้า =</p> $\frac{\text{(พื้นที่ในส่วนรับผิดชอบ x ปริมาณไฟฟ้าทั้งอาคาร)}}{\text{(พื้นที่อาคาร x อัตราการอยู่อาศัย)}}$ <p>อัตราการอยู่อาศัย หมายถึง จำนวนพื้นที่ที่มีคนอาศัยต่อจำนวนพื้นที่ทั้งหมด เช่น ถ้ามีสำนักงานต่างๆ เข้าทำงานอยู่ในพื้นที่ 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่อาคาร ค่าอัตราการอยู่อาศัย คิดที่ 0.75</p>

ตัวอย่าง บริษัท A มีเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 จำนวน 2 เครื่อง ขนาด 1,500 วัตต์ เปิดใช้งานวันละ 8 ชั่วโมง ทำงานปีละ 300 วัน

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e) = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e/kWh)

หาปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปี = 1,500/1,000 (kW) x 8 h/day x 300 day
= 3,600 kWh

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO₂e) = 3,600 kWh x 2 เครื่อง x 0.5813 kgCO₂e/kWh
= 4,185.36 kgCO₂e

หมายเหตุ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก อ้างอิงจากค่า Emission Factor สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) update 30 เมษายน 2556

7. การเดินทางด้วยเครื่องบิน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางโดยเครื่องบิน ให้คำนวณจากระยะทางที่เดินทางคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการเดินทางโดยเครื่องบิน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับกิโลเมตร) หากไม่ทราบข้อมูลระยะทาง สามารถค้นหาหาระยะทางได้จาก website เช่น www.travelmath.com เป็นต้น

กิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิธีการคำนวณ
การเดินทางด้วยเครื่องบิน (รายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 3 Other Indirect Emissions)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ e) = จำนวนผู้เดินทาง (passenger) x ระยะทาง (km) x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ e/passenger-km)

ตัวอย่าง ผู้บริหารของบริษัท A จำนวน 2 คน เดินทางจากสนามบินดอนเมืองถึงนครศรีธรรมราช (ไป-กลับ) เพื่อติดต่อธุรกิจ โดยระยะทางจากสนามบินดอนเมืองถึงนครศรีธรรมราช ประมาณ 600 กิโลเมตร

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kgCO}_2\text{e)} &= \text{จำนวนผู้เดินทาง (passenger)} \times \text{ระยะทาง (km)} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อย} \\
 &\quad \text{ก๊าซเรือนกระจก (kgCO}_2\text{e/passenger-km)} \\
 &= 2 \text{ passenger} \times 600 \text{ km} \times 2 \text{ trip} \times 0.1733 \text{ kgCO}_2\text{e/passenger-km} \\
 &= 415.92 \text{ kgCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นค่าของการเดินทางด้วยเครื่องบินกรณีที่ทราบระยะทางการบินและประเภทที่นั่ง ซึ่งอ้างอิงจากค่า Emission Factor สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) update 19 มีนาคม 2556

8. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดกากของเสีย

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการกำจัดกากของเสีย ในกรณีที่องค์กรมีระบบการกำจัดของเสีย การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ใช้ข้อมูลตามวิธีการกำจัดจริงหรือข้อมูลปฐมภูมิ ของระบบการกำจัดของเสียขององค์กร ทั้งนี้หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิขององค์กรให้คำนวณโดยกำหนดให้ใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการกำจัดกากของเสียแบบฝังกลบ (Landfill) โดยใช้ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตั้ง (tCO₂e) ต่อตันมูลฝอย ของ 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories-Volume 5: Waste ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบต้น

องค์ประกอบของกากของเสีย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบต้น (tCO ₂ e ต่อตันมูลฝอย)
กระดาษ / กระดาษกล่อง	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้า จากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13

ที่มา: IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 5: Waste (2006)

โดยในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย คิดจากการนำปริมาณกากของเสียแยกตามองค์ประกอบ แล้วคูณด้วยค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามองค์ประกอบในตารางข้างต้น สำหรับกากของเสียที่เป็นวัสดุอื่นนอกเหนือจากตาราง และมีองค์ประกอบของคาร์บอนให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.32 tCO₂e ต่อตันมูลฝอย หากกากของเสียเป็นวัสดุที่ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบให้คิดเป็นศูนย์

9. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งกากของเสียไปกำจัด

การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งกากของเสียไปกำจัด ณ แหล่งกำจัดใด หากมีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง หรือระยะทางที่ใช้ในการขนส่งให้ทำการคำนวณตามแนวทางการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก จากการเดินทางและขนส่ง (ข้อ 3) แต่หากไม่มีข้อมูลดังกล่าว ให้คำนวณโดยการตั้งสมมติฐานของการขนส่งกากของเสียโดยประมาณระยะทาง จากองค์กรไปยังเมืองหรือจังหวัดสถานที่กำจัดกากของเสียขนไปกำจัดด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกแบบน้ำหนักเต็ม และให้พิจารณาการขนส่งขากลับที่เป็นรถบรรทุกเปล่าด้วย โดยใช้ระยะทางในการขนส่ง 40 กิโลเมตร

❖ แนวทางการคำนวณปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการปลูกต้นไม้และพื้นที่สีเขียว (GHG Removals) - อ้างอิงแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

การคำนวณหาปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณจากกิจกรรมการปลูกต้นไม้ และพื้นที่สีเขียวที่อยู่ภายใต้ของเขตองค์กร โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหามวลชีวภาพของต้นไม้ (น้ำหนักแห้งเหนือพื้นดินของต้นไม้)

1. สํารวจข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนที่เกิดจากการเติบโตของต้นไม้ โดยบันทึกชนิดของต้นไม้ ตรวจสอบวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (dbh) (หากวัดเป็นเส้นรอบวงให้แปลงเป็นค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง โดย $dbh = \text{เส้นรอบวง} / 3.14$) วัดความสูงของต้นไม้ (h) ทุกต้น ซึ่งสามารถเลือกใช้การสุ่มตัวอย่างได้หากต้นไม้มีปริมาณมาก และนำมาคำนวณหาค่ามวลชีวภาพของต้นไม้เป็นรายต้น และนำค่าของต้นไม้ทุกต้นมารวมกันและนำมาคำนวณหามวลชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่

2. การหาค่ามวลชีวภาพ นำค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง (dbh) ความสูง (h) แทนค่า ในสมการ

$$W_s = 0.0509 (dbh^2 h)^{0.919} \quad \text{น้ำหนักแห้ง ลำต้น - กิโลกรัม}$$

$$W_B = 0.00893 (dbh^2 h)^{0.977} \quad \text{น้ำหนักแห้ง กิ่ง - กิโลกรัม}$$

$$W_L = 0.014 (dbh^2 h)^{0.669} \quad \text{น้ำหนักแห้ง ใบ - กิโลกรัม}$$

โดย dbh คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ระดับ 1.30 เมตร เหนือพื้นดิน หน่วย เซนติเมตร

h คือ ความสูงของต้นไม้ หน่วยเป็น เมตร

3. คำนวณหาน้ำหนักคาร์บอนที่ดูดกลับได้ = ปริมาณมวลชีวภาพ \times 0.5 (หน่วยกิโลกรัมคาร์บอน)
(มวลชีวภาพจะมีค่าประมาณร้อยละ 50 ของค่ามวลชีวภาพ) เช่น

ป่าดิบแล้งมีมวลชีวภาพ 200 ตันต่อเฮกตาร์

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นน้ำหนักคาร์บอนได้} &= 200 \text{ ตัน} \times 0.5 \\ &= 100 \text{ ตันคาร์บอน/เฮกตาร์} \end{aligned}$$

โดยค่าที่ได้เป็นการดูดกลับคาร์บอนในปีฐาน

4. ผลการคำนวณการเก็บกักคาร์บอนในปีฐานจะใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปีถัดไป เมื่อวัดการเติบโตเปรียบเทียบสองครั้ง ก็จะได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ที่ต้องการศึกษา และทราบปริมาณที่เพิ่มขึ้น

5. คำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับ/ปี = (ปริมาณคาร์บอนสุทธิเพิ่มพูน/ปี) \times 44/12
(หน่วยตันต่อปี)

6. คำนวณปริมาณออกซิเจนที่ปล่อยออกมา/ปี = (ปริมาณคาร์บอนสุทธิเพิ่มพูน/ปี) \times 32/12
(หน่วยตันต่อปี)

การพัฒนาบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ภายหลังจากการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามขั้นตอนที่ 6 องค์กรต้องจัดทำข้อมูลที่ได้เป็นลายลักษณ์อักษรแยกตามระดับของหน่วยธุรกิจ โรงงาน และองค์กร โดยจัดทำเป็นบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG Inventory) ของปีที่ทำการเก็บข้อมูล และจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับปีฐาน (Base-year GHG inventory)

7.1 บัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG Inventory) ต้องแสดงข้อมูลดังต่อไปนี้

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงแยกตามแต่ละชนิดของก๊าซเรือนกระจก (Direct emissions)
- การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (ถ้ามี)
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emissions)
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions)
- การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางตรงจากการเผาไหม้ชีวมวล

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่แสดงในบัญชีต้องรายงานหน่วยวัดเป็นตัน (tonnes) และต้องแปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นๆ ให้อยู่ในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) โดยนำปริมาณคูณกับค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWPs) ซึ่งอ้างอิงในภาคผนวก ข

7.2 บัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับปีฐาน (Base-year GHG Inventory)

การกำหนดปีฐานมีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาใช้เป็นค่าเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก โดยองค์กรต้องคัดเลือกปีในอดีตมากำหนดเป็นปีฐาน ซึ่งปีฐานควรเป็นปีที่มีข้อมูลปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สมบูรณ์ และสามารถทวนสอบได้ กรณีที่ไม่เคยเก็บข้อมูลหรือไม่มีข้อมูลปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรมาก่อน อาจกำหนดปีที่เริ่มเก็บข้อมูลเป็นปีฐานได้ ส่วนการแสดงผลข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบัญชีสำหรับปีฐานนั้นจะคำนวณปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลกิจกรรมขององค์กรที่เก็บในระยะเวลา 1 ปี หรือใช้ค่าเฉลี่ยของหลายปี หรือตามรอบปีแบบหมุนเวียน และจัดทำเป็นบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มีข้อมูลแสดงไว้ดังรายละเอียดตามข้อ 7.1

กรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงขอบเขตการดำเนินงาน เป็นการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกและส่งผลกระทบต่อประเภทของการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เช่น การสร้างโรงผลิตไฟฟ้าขึ้นใช้เองแทนการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก การเปลี่ยนแปลงความเป็นเจ้าของและอำนาจควบคุมโดยเปลี่ยนไปอยู่นอกขอบเขตองค์กร ซึ่งกระทบกับแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณที่ส่งผลสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้

ตัวอย่างบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG Inventory) แสดงในภาคผนวก ค

รายงานปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

รายงานปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมีไว้เพื่อสนับสนุนในการทวนสอบ (Verification) การเข้าร่วมในโปรแกรมก๊าซเรือนกระจก (GHG Programme) หรือเพื่อการสื่อสารต่อกลุ่มเป้าหมายทั้งภายในและภายนอกองค์กร

องค์กรควรกำหนดรูปแบบของรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ ซึ่งอย่างน้อยควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับองค์กรที่รับผิดชอบการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ของการรายงาน ซึ่งควรประกอบด้วย

1. ข้อมูลทั่วไปขององค์กร เช่น ประวัติความเป็นมา ลักษณะธุรกิจ ลูกค้าและตลาด โครงสร้างองค์กร จำนวนพนักงาน เป็นต้น
2. โครงสร้างผู้รับผิดชอบในการประเมินและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก
3. จุดมุ่งหมายของการรายงาน
4. กลุ่มเป้าหมายที่นำข้อมูลไปใช้เพื่อการตัดสินใจ
5. นโยบายการเผยแพร่ข้อมูล
6. ช่วงเวลาและความถี่ของการรายงาน
7. ระบบเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organizational Boundaries)
8. คำแถลงที่แสดงว่าบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก รายงาน และการแสดงข้อมูลได้รับการทวนสอบ
9. คำแถลงที่แสดงว่าการจัดเตรียมรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีความสอดคล้องตามมาตรฐาน ISO 14064-1

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งควรประกอบด้วย

1. การกำหนดขอบเขตองค์กร โดยระบุรายละเอียดของหน่วยงานภายใต้ขอบเขตขององค์กร เช่น บริษัทแม่ บริษัทในเครือต่างๆ และหน่วยงานที่มีการละเว้นในการประเมินและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ถ้ามี) พร้อมอธิบายเหตุผล รายละเอียดการร่วมทุน การแสดงความเป็นเจ้าของ อำนาจควบคุมทางการเงินและการดำเนินงาน วิธีการที่เลือกใช้ในการรวบรวมและประเมินข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก (แบบป็นส่วนตามกรรมสิทธิ์ แบบการควบคุมทางการเงิน หรือแบบการควบคุมการดำเนินงาน)

2. การกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน โดยระบุแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และคำอธิบายกรณีที่มีการละเว้นไม่คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกบางแหล่ง
3. วิธีการที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก การคัดเลือกและการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรม ค่าแฟกเตอร์การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ใช้อ้างอิงพร้อมระบุแหล่งอ้างอิง และการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น เปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณให้ระบุถึงการเปลี่ยนแปลงพร้อมเหตุผล
4. การคัดเลือกและคำนวณปีฐาน รวมถึงกรณีมีการเปลี่ยนแปลงปีฐานให้ระบุถึงการเปลี่ยนแปลงพร้อมเหตุผล

ส่วนที่ 3 ข้อมูลรายละเอียดบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งควรประกอบด้วย

1. ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามชนิดของก๊าซเรือนกระจก และผลรวม โดยแสดงในหน่วยตัน (กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
2. ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ให้รายงานแยกออกมา
3. ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก โดยมาตรฐานบังคับให้รายงานในประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร และประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเพิ่มเติมอื่นๆ เช่น

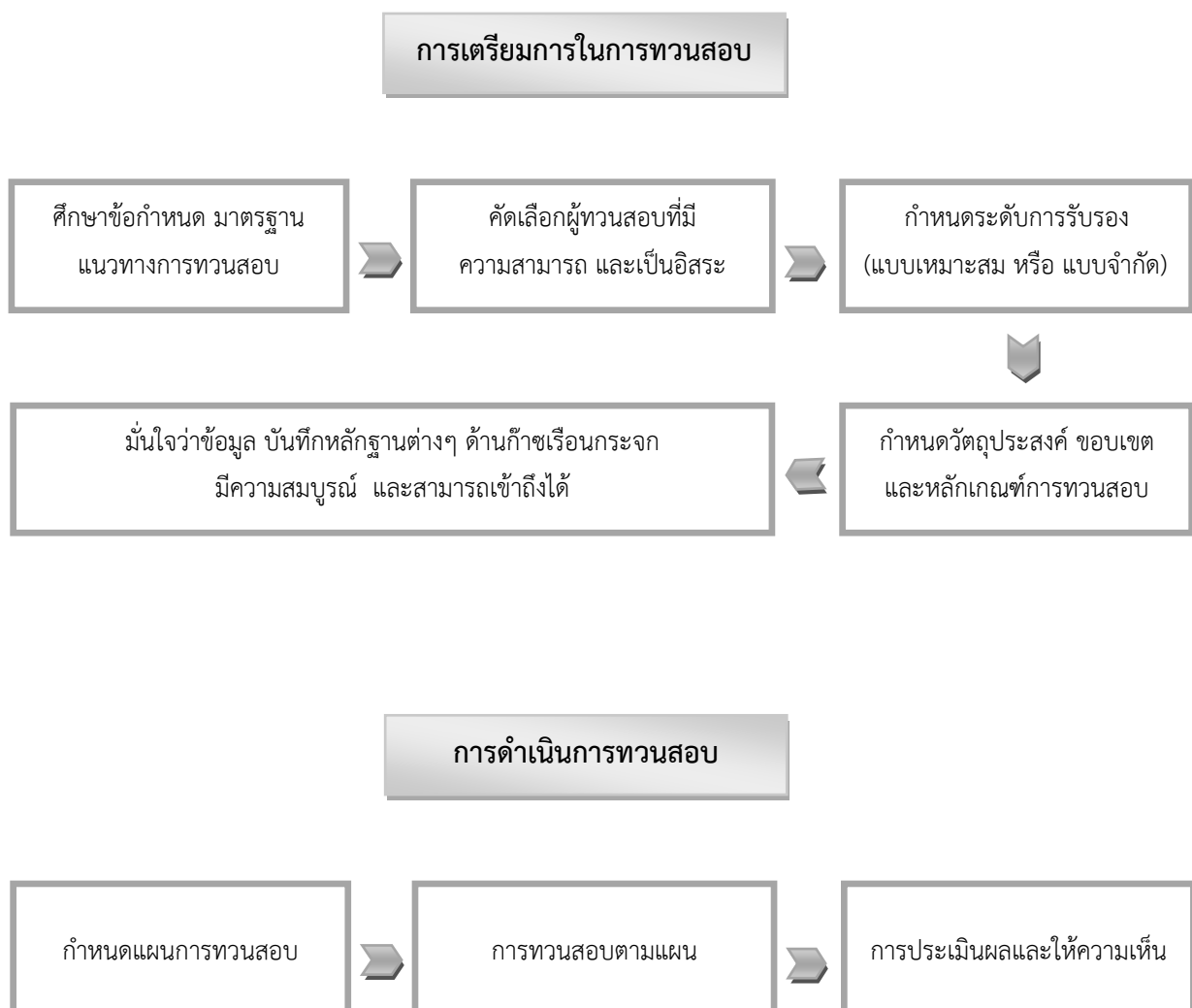
1. ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ
2. รายละเอียดการประเมินค่าความไม่แน่นอน และการนำค่าความไม่แน่นอนไปใช้พิจารณาเพื่อลดความไม่แน่นอน
3. การนำผลที่ได้จากการประเมินไปวิเคราะห์ เช่น การนำไปเปรียบเทียบกับค่าตัวเลขที่สะท้อนค่าใช้จ่ายที่ลดลง หรือการเทียบเคียงผลการดำเนินงานกับองค์กรภายนอกอื่นๆ
4. การนำผลที่ได้ไปกำหนดเป็นนโยบาย และ/หรือมาตรการการบริหารจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นขององค์กร

ขั้นตอนที่ 9

การทวนสอบข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การทวนสอบผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เป็นกระบวนการที่มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อตรวจสอบผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่องค์กร ได้รายงานไว้ให้มีความถูกต้องตามหลักการแสดงผล ได้แก่ ความตรงประเด็น ความสมบูรณ์ ความไม่ขัดแย้งกัน ความถูกต้อง และความโปร่งใส

กระบวนการทวนสอบ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้



- **การเตรียมการสำหรับการทวนสอบ**

ในการเตรียมการสำหรับการทวนสอบ องค์กรควรดำเนินการ ดังนี้

- 1) ศึกษาข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14064-1 และแนวทางในการทวนสอบ
- 2) คัดเลือกผู้ทวนสอบที่มีความสามารถ โดยต้องมีความเข้าใจธุรกิจและกระบวนการที่จะไปดำเนินการทวนสอบ และข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14064-1 สำหรับผู้ทวนสอบควรเป็นอิสระจากกิจกรรมและธุรกิจที่ดำเนินการทวนสอบ และควรมีความสามารถเหมาะสมสอดคล้องตามที่กำหนดในมาตรฐาน ISO 14065
- 3) กำหนดระดับของการรับรองที่ต้องการ โดยระดับของการรับรองแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับการรับรองแบบเหมาะสม (Reasonable) และระดับการรับรองแบบจำกัด (Limited)
- 4) ทำความตกลงร่วมกันกับผู้ทวนสอบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทวนสอบ ขอบข่าย สาระสำคัญ และเกณฑ์ในการทวนสอบ
- 5) มั่นใจว่าได้มีการกำหนดและสื่อสาร บทบาท หน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง และข้อมูล บันทึกหลักฐานต่างๆ ด้านก๊าซเรือนกระจกมีความสมบูรณ์และสามารถเข้าถึงได้

- **การดำเนินการทวนสอบ**

การดำเนินการทวนสอบ องค์กรควรดำเนินการ ดังนี้

- 1) กำหนดแผนการทวนสอบสำหรับองค์กร โดยแผนควรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
 - กระบวนการทวนสอบ ขอบข่าย เกณฑ์ ระดับของการรับรอง และกิจกรรมสำหรับการทวนสอบที่ได้รับความเห็นชอบร่วมกันกับผู้ทวนสอบ
 - บทบาท หน้าที่ความรับผิดชอบสำหรับการนำแผนการทวนสอบไปปฏิบัติและรักษาไว้
 - ทรัพยากรที่จำเป็นเพื่อสนับสนุนการบรรลุตามแผน
 - การสุ่มตัวอย่างของข้อมูลและขั้นตอนการเก็บรักษาข้อมูล
 - การเก็บรักษาระบบเอกสาร บันทึก หลักฐานที่จำเป็น
 - กระบวนการในการเฝ้าระวัง ติดตาม และทบทวนแผนการทวนสอบ
 - การมอบหมายงานให้กับผู้ทวนสอบที่มีความสามารถ
- 2) กระบวนการทวนสอบ ควรประกอบด้วย
 - การตกลงร่วมกันกับผู้ทวนสอบเกี่ยวกับขอบข่าย วัตถุประสงค์ เกณฑ์การทวนสอบ และระดับของการรับรอง
 - ประเมินการสุ่มตัวอย่างข้อมูลก๊าซเรือนกระจก และขั้นตอนการเก็บรักษาข้อมูล

- ทบทวนกันภายในเกี่ยวกับคำแถลงสำหรับการทวนสอบปริมาณก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด
- รายงานผลการทวนสอบ
- ร้องขอคำแถลงสำหรับการทวนสอบจากผู้ทวนสอบ ซึ่งควรครอบคลุมถึง รายละเอียดของวัตถุประสงค์ ขอบข่าย และเกณฑ์การทวนสอบ รายละเอียดของระดับการรับรอง และบทสรุปของผู้ทวนสอบที่แสดงคุณสมบัติหรือข้อจำกัด

เอกสารอ้างอิง

1. ISO 14064-1:2006, Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals
2. The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and The World Resources Institute (WRI): 2004, The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard
3. Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC) 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
4. คู่มือ “แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร” โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

การถอดความมาตรฐาน ISO 14064-1 : 2006 ข้อกำหนดและข้อแนะนำระดับองค์กร
สำหรับการวัดปริมาณและการรายงานผลการปลดปล่อย และการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14064-1 : 2006 ซึ่งเป็นข้อกำหนดระดับองค์กรที่ระบุไว้ 5 เรื่อง ได้แก่ การออกแบบและพัฒนาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (ข้อกำหนดที่ 4) ส่วนประกอบของบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (ข้อกำหนดที่ 5) การจัดการคุณภาพบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก (ข้อกำหนดที่ 6) การรายงานเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก (ข้อกำหนดที่ 7) และบทบาทขององค์กรในกิจกรรมการทวนสอบ (ข้อกำหนดที่ 8) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ข้อกำหนดที่ 4 การออกแบบและพัฒนาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก GHG inventory design and development

4.1 ขอบเขตขององค์กร (Organizational boundaries)

องค์กรโดยทั่วไปอาจประกอบด้วยหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานมากกว่าหนึ่งโรง ทำให้การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอาจเกิดจากแหล่งปล่อยหรือแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกหนึ่งแหล่งหรือมากกว่า

องค์กรต้องรวบรวมข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของแต่ละหน่วยธุรกิจ หรือแต่ละโรงงาน โดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งดังต่อไปนี้

1) แบบควบคุม (control approach) องค์กรรายงานปริมาณการปล่อยและ/หรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานที่มีการควบคุมในลักษณะการควบคุมทางการเงิน (financial control) หรือการควบคุมการดำเนินงาน (operational control)

2) แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (equity share approach) องค์กรรายงานปริมาณการปล่อยและ/หรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามสัดส่วนของความเป็นเจ้าของในแต่ละหน่วยธุรกิจ หรือโรงงาน

องค์กรอาจจะใช้วิธีการในการรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างกันได้หากมีการกำหนดเฉพาะโดยโปรแกรมก๊าซเรือนกระจก หรือข้อผูกพันทางกฎหมาย

กรณีที่หน่วยธุรกิจอยู่ภายใต้การจากหลายๆ องค์กร ทุกๆ องค์กรควรประยุกต์ใช้วิธีในการรวบรวมข้อมูลวิธีเดียวกัน

องค์กรต้องบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรว่าเลือกใช้วิธีการใด

องค์กรต้องแสดงคำอธิบายอธิบายกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการที่เลือกใช้

4.2 ขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational boundaries)

4.2.1 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน

องค์กรต้องมีการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน และบันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษร โดยการกำหนดขอบเขต การดำเนินงานครอบคลุมถึงการระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการ ดำเนินงานขององค์กร และจำแนกประเภทของกิจกรรมตามขอบเขตของการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct emissions) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emissions) และการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions) โดยองค์กรต้องอธิบาย กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงขอบเขตการดำเนินงาน

4.2.2 ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร

องค์กรต้องแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากหน่วยธุรกิจหรือโรงงานภายใต้ขอบเขตของ องค์กรที่กำหนด

องค์กรควรแสดงปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากหน่วยธุรกิจหรือโรงงานภายใต้ขอบเขตของ องค์กรที่กำหนด

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ เพื่อการส่งออก หรือแจกจ่ายให้แก่ ผู้ใช้งานนอกขอบเขตองค์กร ให้มีการรายงานแยกไว้ แต่ต้องไม่หักออกจากค่าผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือน กระจกทางตรงขององค์กร

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ชีวมวลต้องแสดงปริมาณแยกไว้

4.2.3 ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน

องค์กรต้องแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูก นำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

4.2.4 ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ

องค์กรอาจแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของโปรแกรมก๊าซเรือน กระจก ความต้องการของกลุ่มเป้าหมายในการนำข้อมูลไปใช้

4.3 การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Quantification of GHG emission and removals)

4.3.1 การกำหนดขั้นตอนการคำนวณและการละเว้นการรายงาน

องค์กรต้องคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตขององค์กรอย่างครบถ้วนเท่าที่จะทำได้ และบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร ตามขั้นตอน ดังนี้

- 1) การระบุแหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (ข้อ 4.3.2)
- 2) การคัดเลือกวิธีการคำนวณ (ข้อ 4.3.3)
- 3) การคัดเลือกและเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (activity data) (ข้อ 4.3.4)
- 4) การคัดเลือกหรือพัฒนาค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emission factors) หรือค่าแฟกเตอร์การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (GHG removal factors) (ข้อ 4.3.5)
- 5) การคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (ข้อ 4.3.6)

องค์กรอาจละเว้นการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยหรือแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่ไม่มีนัยสำคัญ หรือการเก็บข้อมูลหรือการคำนวณต้องใช้ต้นทุนสูงและไม่มีความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิค

องค์กรต้องอธิบายถึงเหตุผลที่มีการละเว้นการคำนวณจากแหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกข้างต้น

4.3.2 การระบุแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก

องค์กรต้องระบุแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในขอบเขตขององค์กร และบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร

องค์กรควรแยกบันทึกปริมาณไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

หากองค์กรทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ควรแยกบันทึกแหล่งปล่อยกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ

องค์กรต้องระบุแยกประเภทของแหล่งปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจก ตามความเหมาะสม และการระบุประเภทควรให้สอดคล้องกับวิธีการคำนวณที่ใช้

4.3.3 การคัดเลือกวิธีการคำนวณ

องค์กรต้องคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้อง ไม่ขัดแย้งกัน และช่วยลดความไม่แน่นอน โดยองค์กร สามารถเลือกวิธีการใดก็ได้แต่ต้องระบุไว้พร้อมเหตุผลประกอบ และต้องแสดงคำอธิบายหากมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณที่เคยใช้มาก่อน

ตัวอย่างวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้ ดังนี้

1) การคำนวณ โดย

- นำข้อมูลกิจกรรม (activity data) คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตัน (กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent)
- การสร้างแบบจำลอง (models)
- การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (facility-specific correlations)
- การทำสมการมวลสารสมดุล (mass balance)

2) การตรวจวัด

ทำการตรวจวัดปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง หรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐานตามวิธีการตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูง

3) การตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ

องค์กรสามารถหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณได้ เช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บ และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งได้จากการตรวจวัด มาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล เป็นต้น

4.3.4 การคัดเลือกและเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ องค์กรต้องมีการคัดเลือกและเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สอดคล้องกับวิธีการคำนวณที่เลือกใช้

4.3.5 การคัดเลือกหรือพัฒนาค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (GHG emission or removal factors)

หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ องค์กรต้องคัดเลือกหรือพัฒนาค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่

- 1) มาจากแหล่งที่มาที่เชื่อถือได้
- 2) เหมาะสมกับแหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่ง
- 3) เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ใช้คำนวณ
- 4) คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณ และนำมาใช้คำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง
- 5) สอดคล้องกับการนำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกไปใช้ของกลุ่มเป้าหมาย

องค์กรต้องอธิบายถึงการเลือกใช้หรือพัฒนาค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก รวมถึงระบุแหล่งที่มาและความเหมาะสมในการนำข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกไปใช้

องค์กรต้องแสดงคำอธิบายหากมีการเปลี่ยนแปลงค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ใช้มาก่อน และคำนวณบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับปีฐานซ้ำ ตามความเหมาะสม (ข้อ 5.3)

4.3.6 การคำนวณหาปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

องค์กรต้องคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการคำนวณที่ได้เลือกไว้ตามข้อ 4.3.3

กรณีมีการเก็บข้อมูลกิจกรรมเพื่อคำนวณหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก องค์กรต้องคำนวณโดยใช้ค่าข้อมูลกิจกรรมคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

$$(GHG \text{ emissions or removals} = GHG \text{ activity data} \times GHG \text{ emission or removal factors})$$

ข้อกำหนดที่ 5 องค์ประกอบของบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG inventory component)

5.1 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกลดและดูดกลับ (GHG emissions and removals)

องค์กรต้องจัดทำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณในข้อ 4 เป็นลายลักษณ์อักษรแยกตามระดับของหน่วยธุรกิจ โรงงาน และองค์กร ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ดังต่อไปนี้

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงแยกตามแต่ละชนิดของก๊าซเรือนกระจก
- การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ
- การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางตรงจากการเผาไหม้ชีวมวล

องค์กรต้องรายงานหน่วยวัดเป็นตัน (tonnes) และต้องแปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นๆ ให้อยู่ในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) โดยใช้ค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWPs)

5.2 กิจกรรมขององค์กรที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Organizational activities to reduce GHG emissions or increase GHG removals)

5.2.1 กิจกรรมขององค์กรโดยตรง

องค์กรอาจวางแผนการดำเนินกิจกรรมขององค์กรและนำไปปฏิบัติเพื่อลดหรือป้องกันการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

องค์กรอาจหาค่าความแตกต่างของปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกภายหลังการดำเนินกิจกรรมขององค์กร โดยปกติค่าความแตกต่างนี้อาจจะสะท้อนให้เห็นในบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร แต่อาจจะผลเป็นมาจากค่าความแตกต่างของปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ถ้ามีการหาปริมาณ องค์กรควรบันทึกกิจกรรมดังกล่าวไว้เป็นลายลักษณ์อักษร

ถ้ามีการรายงาน องค์กรต้องรายงานการดำเนินกิจกรรมขององค์กร และค่าความแตกต่างของปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง และต้องอธิบายถึง

- กิจกรรมที่ดำเนินการ
- ขอบเขตของกิจกรรมที่ดำเนินการ
- วิธีการคำนวณความแตกต่างของปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- การจำแนกประเภทของกิจกรรมที่ดำเนินการที่ส่งผลให้เกิดค่าความแตกต่างของปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น โดยแยกตามประเภทของขอบเขตการดำเนินงานเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ทางอ้อม หรือทางอ้อมอื่นๆ

ตัวอย่างของกิจกรรมที่องค์กรดำเนินการโดยตรง

- การบริหารจัดการด้านความต้องการและการใช้พลังงาน
- ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- การปรับปรุงเทคโนโลยีหรือกระบวนการ
- การดักจับและกักเก็บก๊าซเรือนกระจก
- การบริหารจัดการด้านการขนส่งและการเดินทาง
- การใช้พลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทน
- การปลูกป่า

5.2.2 โครงการลดการปล่อยหรือเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ถ้าองค์กรรายงานการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากการซื้อคาร์บอนเครดิต หรือการพัฒนาโครงการก๊าซเรือนกระจกขึ้นเองตามวิธีการที่อ้างอิงใน ISO 14064-2 องค์กร ต้องระบุรายการดังกล่าวข้างต้นแยกจากโครงการก๊าซเรือนกระจก

5.3 บัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามปีฐาน (Base-year GHG inventory)

5.3.1 การคัดเลือกและกำหนดปีฐาน

องค์กร ต้องกำหนดปีในอดีตมาเป็นปีฐานสำหรับการเปรียบเทียบค่าปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก หรือเพื่อการบรรลุตามข้อกำหนดของโปรแกรมก๊าซเรือนกระจก หรือการนำข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกไปใช้

ในกรณีที่ไม่เคยเก็บข้อมูลหรือไม่มีข้อมูลปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรมาก่อน องค์กรอาจกำหนดปีฐานจากปีที่เริ่มทำการเก็บข้อมูลเพื่อการคำนวณได้

ในการกำหนดปีฐาน องค์กร ต้องดำเนินการ ดังนี้

- 1) คำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของปีฐาน โดยใช้ข้อมูลกิจกรรมขององค์กร ซึ่งโดยทั่วไปจะคิดที่ระยะเวลา 1 ปี หรือใช้ค่าเฉลี่ยของหลายปี หรือตามรอบปีแบบหมุนเวียน
- 2) เลือกปีฐานจากปีที่มีข้อมูลปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สามารถทวนสอบได้
- 3) อธิบายถึงเหตุผลที่เลือกปีนั้นๆ เป็นปีฐาน
- 4) พัฒนาบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับปีฐานให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14064-1

องค์กรอาจเปลี่ยนแปลงปีฐานได้ในภายหลัง แต่ ต้องระบุเหตุผลของการเปลี่ยนแปลง

5.3.2 การคำนวณซ้ำของบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

องค์กรต้องพัฒนา ประยุกต์ใช้ และจัดทำเอกสารขั้นตอนการดำเนินงานการคำนวณปีฐานซ้ำในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังต่อไปนี้

- 1) เปลี่ยนแปลงขอบเขตการดำเนินงาน
- 2) เปลี่ยนแปลงความเป็นเจ้าของและอำนาจการควบคุมโดยเปลี่ยนไปอยู่นอกขอบเขตขององค์กร ซึ่งกระทบกับแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- 3) เปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้

ในกรณีที่เป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับของหน่วยการผลิต องค์กรไม่ต้องคำนวณปีฐานซ้ำ

องค์กรควรบันทึกการคำนวณปีฐานซ้ำในบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

5.4 การประเมินและลดความไม่แน่นอน (Assessing and reducing uncertainty)

องค์กรควรดำเนินการประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก รวมถึงความไม่แน่นอนที่เกิดจากค่าแฟกเตอร์การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

องค์กรอาจประยุกต์ใช้หลักการและวิธีการในการประเมินค่าความไม่แน่นอนได้จากเอกสารอ้างอิง “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)”

ข้อกำหนดที่ 6 การจัดการคุณภาพของบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร (GHG inventory quality management)

6.1 การจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจก (GHG information management)

6.1.1 องค์กรต้องจัดทำและรักษาไว้ซึ่งขั้นตอนการจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่จะ

- 1) ทำให้มั่นใจถึงความโปร่งใสไปตามข้อกำหนดกับหลักการของ ISO 14064-1
- 2) ทำให้มั่นใจถึงความสอดคล้องกับการนำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกไปใช้
- 3) จัดให้มีการตรวจสอบอย่างเป็นประจำต่อเนื่องเพื่อให้มั่นใจถึงความถูกต้อง แม่นยำและสมบูรณ์ของข้อมูลในบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- 4) ชี้บ่งและระบุค่าความผิดพลาดและข้อยกเว้นต่างๆ
- 5) จัดเก็บ รักษาข้อมูลอย่างเป็นระบบระเบียบเกี่ยวกับบันทึก/หลักฐานของบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวมถึงกิจกรรมด้านการจัดการข้อมูล

6.1.2 ขั้นตอนการจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกขององค์กรควรพิจารณาประเด็นต่างๆ ดังนี้

- 1) ระบุและทบทวนอำนาจหน้าที่ ความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- 2) ระบุ ทบทวน และจัดให้มีการฝึกอบรมอย่างเหมาะสมสำหรับทีมพัฒนาบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- 3) ระบุและทบทวนขอบเขตองค์กร
- 4) ระบุและทบทวนแหล่งปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจก
- 5) คัดเลือกและทบทวนวิธีการคำนวณ ซึ่งครอบคลุมถึงข้อมูลกิจกรรม และค่าแฟกเตอร์การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การนำข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกไปใช้
- 6) ในกรณีที่มีหลายหน่วยธุรกิจ หรือโรงงาน ให้มีการทบทวนการประยุกต์ใช้วิธีการคำนวณที่มีความสอดคล้อง ไม่ขัดแย้งกัน
- 7) ใช้ บำรุงรักษา และสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัด (ถ้าสามารถประยุกต์ใช้ได้)
- 8) พัฒนาและบำรุงรักษาระบบการจัดการเก็บข้อมูลที่มีความแม่นยำสูง
- 9) ตรวจสอบความถูกต้องเป็นระยะๆ
- 10) ตรวจสอบประเมินภายในตามช่วงเวลาและทบทวนเชิงเทคนิค
- 11) ทบทวนตามช่วงเวลาเพื่อหาโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการจัดการข้อมูล

6.2 การเก็บรักษาเอกสารและบันทึก (Document retention and record keeping)

องค์กรต้องจัดทำและรักษาไว้ซึ่งขั้นตอนการเก็บรักษาเอกสารและบันทึก

องค์กรต้องจัดเก็บและรักษาระบบเอกสารที่สนับสนุนการออกแบบ การพัฒนา และการรักษาไว้ซึ่งข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการทวนสอบได้

ระบบเอกสารสามารถอยู่ในรูปแบบที่เป็นกระดาษ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือรูปแบบอื่นใดก็ได้ ซึ่งจะต้องได้รับการควบคุม จัดการตามขั้นตอนการจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้มีการเก็บรักษาเอกสารและบันทึก

ข้อกำหนดที่ 7 การรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Reporting of GHG)

7.1 บททั่วไป (General)

องค์กรควรจัดเตรียมรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพื่อสนับสนุนในการทวนสอบ การเข้าร่วมในโปรแกรมก๊าซเรือนกระจก หรือเพื่อการสื่อสารต่อกลุ่มผู้เป้าหมายทั้งภายในและภายนอกองค์กร

รายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกควรมีข้อมูลที่สมบูรณ์ ไม่ขัดแย้งกัน ถูกต้อง ตรงประเด็น และมีการเปิดเผยข้อมูลอย่างโปร่งใส

องค์กรควรกำหนดเนื้อหา โครงสร้าง และช่องทางการเผยแพร่ข้อมูล และวิธีการในการเผยแพร่รายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยพิจารณาจากข้อกำหนดของโปรแกรมก๊าซเรือนกระจกที่อาจเข้าร่วม ความจำเป็นขององค์กรในการรายงานข้อมูล และความต้องการของกลุ่มเป้าหมายของรายงาน

ถ้าองค์กรมีการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกสู่สาธารณะที่อ้างว่ามีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO 14064-1 องค์กรต้องจัดเตรียมรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถเปิดเผยข้อมูลต่อสาธารณะได้ โดยรูปแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนด ISO 14064-1 ในหัวข้อนี้ หรือเป็นคำแถลงสำหรับการทวนสอบจากผู้ทวนสอบที่เป็นบุคคลที่สามซึ่งประกาศอย่างเป็นทางการเป็นลายลักษณ์อักษรต่อกลุ่มเป้าหมายที่สร้างความเชื่อมั่นในข้อมูลการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ถ้าข้อมูลการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรได้รับการทวนสอบอย่างเป็นอิสระ คำแถลงสำหรับการทวนสอบต้องสามารถจัดเตรียมไว้ให้กับกลุ่มเป้าหมายได้เมื่อมีการร้องขอ

7.2 การวางแผนสำหรับรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Planning the GHG report)

ในการวางแผนการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก องค์กรควรพิจารณาและจัดทำเป็นเอกสารสำหรับประเด็นต่างๆ ดังนี้

- 1) จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของรายงานในบริบทที่เกี่ยวกับนโยบาย และกลยุทธ์ขององค์กร หรือโปรแกรมก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรอาจเข้าร่วม
- 2) กลุ่มเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการนำข้อมูลรายงานไปใช้
- 3) หน้าที่ความรับผิดชอบโดยภาพรวมและโดยชี้เฉพาะสำหรับการจัดเตรียมและจัดทำรายงาน
- 4) ความถี่ในการรายงานผล
- 5) ช่วงเวลาที่รายงานยังมีผลใช้ได้
- 6) รูปแบบรายงาน
- 7) ข้อมูลดิบและข้อมูลสารสนเทศที่จะปรากฏในรายงาน
- 8) นโยบายสำหรับการนำรายงานไปใช้ประโยชน์ และวิธีการในการเผยแพร่รายงาน

7.3 องค์ประกอบเนื้อหาของรายงานผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG report content)

7.3.1 รายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ต้อง แสดงข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก และ ต้อง ครอบคลุมถึงข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) ข้อมูลที่อธิบายถึงองค์กรที่จัดทำรายงาน
- 2) ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบ
- 3) ช่วงเวลาของการรายงานข้อมูล
- 4) ระบบเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตขององค์กร (6.1)
- 5) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งแสดงปริมาณแยกในแต่ละชนิดของก๊าซเรือนกระจก ในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tones of CO₂e)
- 6) คำอธิบายในบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกเกี่ยวกับการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
- 7) ถ้ามีการคำนวณปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ให้มีการรายงานในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tones of CO₂e)
- 8) คำอธิบายถึงการละเว้นไม่จัดเก็บหรือคำนวณข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยหรือแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกบางแหล่ง
- 9) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่นำเข้ามาจากภายนอก ซึ่งแสดงปริมาณแยกออกมาในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tones of CO₂e)
- 10) ฐานสำหรับการจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลย้อนหลังที่นำมาใช้คำนวณปีฐาน
- 11) คำอธิบายกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงปีฐานหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่ได้เคยจัดเก็บมาก่อนหน้า และการคำนวณซ้ำสำหรับปีฐานหรือข้อมูลอื่นๆ ในบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- 12) วิธีการคำนวณที่ใช้พร้อมคำอธิบาย แหล่งอ้างอิง และเหตุผลในการเลือกใช้วิธีการดังกล่าว
- 13) คำอธิบายกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณที่แตกต่างไปจากวิธีการที่เคยใช้มาก่อนหน้า
- 14) การเลือกใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก พร้อมระบุที่มาและแหล่งอ้างอิง
- 15) คำอธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของค่าความไม่แน่นอนที่มีต่อความถูกต้องของข้อมูลปริมาณการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- 16) คำแถลงที่แสดงถึงการจัดเตรียมรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีความสอดคล้องตามมาตรฐาน ISO 14064-1
- 17) คำแถลงที่แสดงถึงว่าบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก รายงาน และการแสดงข้อมูลได้รับการทวนสอบ รวมถึงประเภทของการทวนสอบ และระดับของการรับรองซึ่งแบ่งเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ระดับการรับรองแบบเหมาะสม (Reasonable) และระดับการรับรองแบบจำกัด (Limited)

7.3.2 ในรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก องค์กรควรพิจารณาประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้เพิ่มเติม

- 1) คำอธิบายเกี่ยวกับนโยบาย กลยุทธ์ขององค์กร หรือโปรแกรมก๊าซเรือนกระจกที่เข้าร่วม
- 2) ถ้ามีการคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ให้มีการแสดงปริมาณแยกออกมาในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tones of CO₂e)
- 3) คำอธิบายถึงกิจกรรมที่องค์กรดำเนินการโดยตรงเพื่อลดการปล่อยหรือเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และความแตกต่างของปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายหลังการดำเนินกิจกรรม ซึ่งให้รวมถึงข้อมูลที่เกิดจากกิจกรรมภายนอกขอบเขตองค์กรด้วย ตามความเหมาะสม โดยให้รายงานในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tones of CO₂e)
- 4) ระบุถึงโครงการลดการปล่อยหรือเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการพัฒนาขึ้น หรือการซื้อคาร์บอนเครดิต ตามความเหมาะสม โดยให้รายงานในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tones of CO₂e)
- 5) คำอธิบายถึงโปรแกรมก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรอาจเข้าร่วม ตามความเหมาะสม
- 6) ข้อมูลการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่แยกแต่ละหน่วยธุรกิจ หรือโรงงาน
- 7) ถ้ามีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ให้มีการแสดงปริมาณในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tones of CO₂e)
- 8) คำอธิบายถึงการประเมินค่าความไม่แน่นอนและผลการประเมิน รวมถึงการจัดการเพื่อลดความไม่แน่นอนดังกล่าว
- 9) คำอธิบายหรือการนำเสนอเกี่ยวกับตัวชี้วัดอื่นๆ เช่น ประสิทธิภาพหรืออัตราส่วนความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emission intensity - ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อ 1 หน่วยการผลิต)
- 10) การประเมินหรือเทียบเคียงผลการดำเนินงานกับองค์กรอื่นๆ ตามความเหมาะสม
- 11) คำอธิบายถึงการจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกและขั้นตอนการติดตามและวัดผล

ข้อกำหนดที่ 8 บทบาทขององค์กรในกิจกรรมการทวนสอบผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Organization's role in verification activities)

8.1 บททั่วไป (General)

จุดมุ่งหมายของการทวนสอบเพื่อทบทวนความไม่มีอคติและความถูกต้องของการรายงานข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกหรือการแสดงผลการยืนยันข้อมูลก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับข้อกำหนด ISO 14064-3

หลักการพื้นฐานของการทวนสอบ องค์กรควร

- 1) เตรียมการและวางแผนการทวนสอบ
- 2) กำหนดระดับของการรับรองที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากข้อกำหนดของกลุ่มเป้าหมายที่นำข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกไปใช้ และคำนึงถึงข้อกำหนดของโปรแกรมก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรเข้าร่วม
- 3) ดำเนินการทวนสอบให้สอดคล้องกับความต้องการจำเป็นของกลุ่มเป้าหมาย และหลักการข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14064-3

8.2 การเตรียมการสำหรับการทวนสอบ (Preparing for the verification)

ในการเตรียมการสำหรับการทวนสอบ องค์กรควร

- 1) กำหนดขอบข่ายและวัตถุประสงค์ของการทวนสอบ
- 2) ทบทวนข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14064-1
- 3) ทบทวนข้อกำหนดการทวนสอบขององค์กรและของโปรแกรมก๊าซเรือนกระจก
- 4) กำหนดระดับของการรับรองที่ต้องการ
- 5) ทำความตกลงร่วมกันกับผู้ทวนสอบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทวนสอบ ขอบข่ายสาระสำคัญ และเกณฑ์ในการทวนสอบ
- 6) ทำให้มั่นใจว่าได้มีการกำหนดและสื่อสาร บทบาท หน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง
- 7) ทำให้มั่นใจว่าข้อมูล บันทึกหลักฐานต่างๆ ด้านก๊าซเรือนกระจกมีความสมบูรณ์และสามารถเข้าถึงได้
- 8) ทำให้มั่นใจว่าผู้ทวนสอบมีความสามารถและคุณสมบัติเหมาะสม
- 9) พิจารณาเนื้อหาสาระของคำแถลงสำหรับการทวนสอบ (verification statement)

8.3 การดำเนินการทวนสอบ (Verification management)

8.3.1 แผนการทวนสอบสำหรับองค์กร

องค์กรควรกำหนดและนำไปปฏิบัติสำหรับแผนการทวนสอบ ซึ่งควรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) กระบวนการทวนสอบ ขอบข่าย เกณฑ์ ระดับของการรับรอง และกิจกรรมสำหรับการทวนสอบที่ได้รับความเห็นชอบร่วมกันกับผู้ทวนสอบ
- 2) บทบาท หน้าที่ความรับผิดชอบสำหรับการนำแผนการทวนสอบไปปฏิบัติและรักษาไว้
- 3) ทรัพยากรที่จำเป็นเพื่อสนับสนุนการบรรลุตามแผน
- 4) การสุ่มตัวอย่างของข้อมูลและขั้นตอนการเก็บรักษาข้อมูล
- 5) การเก็บรักษาระบบเอกสาร บันทึก หลักฐานที่จำเป็น
- 6) กระบวนการในการเฝ้าระวัง ติดตาม และทบทวนแผนการทวนสอบ
- 7) การมอบหมายงานให้กับผู้ทวนสอบที่มีความสามารถ

8.3.2 กระบวนการทวนสอบ

กิจกรรมสำหรับการทวนสอบควรประกอบด้วย

- 1) การตกลงร่วมกันกับผู้ทวนสอบเกี่ยวกับขอบข่าย วัตถุประสงค์ เกณฑ์การทวนสอบ และระดับของการรับรอง
- 2) ประเมินการสุ่มตัวอย่างข้อมูลก๊าซเรือนกระจก และขั้นตอนการเก็บรักษาข้อมูล
- 3) ทบทวนกันภายในเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยสำหรับการทวนสอบปริมาณก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด
- 4) รายงานผลการทวนสอบ

8.3.3 ความสามารถของผู้ทวนสอบ

องค์กรควรมั่นใจว่าบุคลากรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในกระบวนการทวนสอบ

- 1) ตระหนักถึงประเด็นด้านการจัดการก๊าซเรือนกระจก
- 2) เข้าใจธุรกิจและกระบวนการที่จะไปดำเนินการทวนสอบ
- 3) มีความเชี่ยวชาญเชิงเทคนิคอย่างเพียงพอที่จะสนับสนุนกระบวนการทวนสอบ
- 4) มีความคุ้นเคยกับเนื้อหาสาระ และความมุ่งหมายของมาตรฐาน ISO 14064-1

องค์กรควรมั่นใจว่าผู้ทวนสอบมีความสามารถเหมาะสมสอดคล้องตามที่กำหนดในมาตรฐาน ISO 14065
องค์กรควรคัดเลือกผู้ทวนสอบที่เป็นอิสระจากกิจกรรมและธุรกิจที่ดำเนินการทวนสอบ เพื่อสร้างความ
เชื่อมั่นต่อความถูกต้อง และความเป็นกลางในกระบวนการทวนสอบ

8.3.4 ค่าแกลงสำหรับการทวนสอบ

องค์กรควรร้องขอค่าแกลงสำหรับการทวนสอบจากผู้ทวนสอบ ซึ่งควรครอบคลุมถึง

- 1) รายละเอียดของวัตถุประสงค์ ขอบข่าย และเกณฑ์การทวนสอบ
- 2) รายละเอียดของระดับการรับรอง
- 3) บทสรุปของผู้ทวนสอบที่แสดงคุณสมบัติหรือข้อจำกัด

ตารางแสดงค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด
Global Warming Potential (GWP)

ตารางแสดงค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด (GWP)

				Global Warming Potential for Given Time Horizon			
Industrial Designation or Common Name (years)	Chemical Formula	Lifetime (years)	Radiative Efficiency (W m ⁻² ppb ⁻¹)	SAR ⁺ (100-yr)	20-yr	100-yr	500-yr
Carbon dioxide	CO ₂	See below ^a	^b 1.4x10 ⁻⁵	1	1	1	1
Methane ^c	CH ₄	12 ^c	3.7x10 ⁻⁴	21	72	25	7.6
Nitrous oxide	N ₂ O	114	3.03x10 ⁻³	310	289	298	153
Substances controlled by the Montreal Protocol							
CFC-11	CCl ₃ F	45	0.25	3,800	6,730	4,750	1,620
CFC-12	CCl ₂ F ₂	100	0.32	8,100	11,000	10,900	5,200
CFC-13	CCIF ₃	640	0.25		10,800	14,400	16,400
CFC-113	CCl ₂ FCCIF ₂	85	0.3	4,800	6,540	6,130	2,700
CFC-114	CCIF ₂ CCIF ₂	300	0.31		8,040	10,000	8,730
CFC-115	CCIF ₂ CF ₃	1,700	0.18		5,310	7,370	9,990
Halon-1301	CBrF ₃	65	0.32	5,400	8,480	7,140	2,760
Halon-1211	CBrClF ₂	16	0.3		4,750	1,890	575
Halon-2402	CBrF ₂ CBrF ₂	20	0.33		3,680	1,640	503
Carbon tetrachloride	CCl ₄	26	0.13	1,400	2,700	1,400	435
Methyl bromide	CH ₃ Br	0.7	0.01		17	5	1
Methyl chloroform	CH ₃ CCl ₃	5	0.06		506	146	45
HCFC-22	CHClF ₂	12	0.2	1,500	5,160	1,810	549
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	1.3	0.14	90	273	77	24
HCFC-124	CHClF ₂ CF ₃	5.8	0.22	470	2,070	609	185
HCFC-141b	CH ₃ CCl ₂ F	9.3	0.14		2,250	725	220
HCFC-142b	CH ₃ CCIF ₂	17.9	0.2	1,800	5,490	2,310	705
HCFC-225ca	CHCl ₂ CF ₂ CF ₃	1.9	0.2		429	122	37
HCFC-225cb	CHClF ₂ CCIF ₂	5.8	0.32		2,030	595	181
Hydrofluorocarbons							
HFC-23	CHF ₃	270	0.19	11,700	12,000	14,800	12,200
HFC-32	CH ₂ F ₂	4.9	0.11	650	2,330	675	205
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	29	0.23	2,800	6,350	3,500	1,100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14	0.16	1,300	3,830	1,430	435
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	52	0.13	3,800	5,890	4,470	1,590
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	1.4	0.09	140	437	124	38
HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	34.2	0.26	2,900	5,310	3,220	1,040
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	240	0.28	6,300	8,100	9,810	7,660
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	7.6	0.28		3,380	1030	314
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	8.6	0.21		2,520	794	241
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCFCF ₂ CF ₃	15.9	0.4	1,300	4,140	1,640	500
Perfluorinated compounds							
Sulphur hexafluoride	SF ₆	3,200	0.52	23,900	16,300	22,800	32,600
Nitrogen trifluoride	NF ₃	740	0.21		12,300	17,200	20,700
PFC-14	CF ₄	50,000	0.10	6,500	5,210	7,390	11,200
PFC-116	C ₂ F ₆	10,000	0.26	9,200	8,630	12,200	18,200

(continued)

				Global Warming Potential for Given Time Horizon			
Industrial Designation or Common Name (years)	Chemical Formula	Lifetime (years)	Radiative Efficiency (W m ⁻² ppb ⁻¹)	SAR‡ (100-yr)	20-yr	100-yr	500-yr
Perfluorinated compounds (continued)							
PFC-218		2,600	0.26	7,000	6,310	8,830	12,500
PFC-318		3,200	0.32	8,700	7,310	10,300	14,700
PFC-3-1-10		2,600	0.33	7,000	6,330	8,860	12,500
PFC-4-1-12		4,100	0.41		6,510	9,160	13,300
PFC-5-1-14		3,200	0.49	7,400	6,600	9,300	13,300
PFC-9-1-18		>1,000d	0.56		>5,500	>7,500	>9,500
trifluoromethyl sulphur pentafluoride		800	0.57		13,200	17,700	21,200
Fluorinated ethers							
HFE-125		136	0.44		13,800	14,900	8,490
HFE-134		26	0.45		12,200	6,320	1,960
HFE-143a		4.3	0.27		2,630	756	230
HCFE-235da2		2.6	0.38		1,230	350	106
HFE-245cb2		5.1	0.32		2,440	708	215
HFE-245fa2		4.9	0.31		2,280	659	200
HFE-254cb2		2.6	0.28		1,260	359	109
HFE-347mcc3		5.2	0.34		1,980	575	175
HFE-347pcf2		7.1	0.25		1,900	580	175
HFE-356pcc3		0.33	0.93		386	110	33
HFE-449sl (HFE-7100)		3.8	0.31		1,040	297	90
HFE-569sf2 (HFE-7200)		0.77	0.3		207	59	18
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x)		6.3	1.37		6,320	1,870	569
HFE-236ca12 (HG-10)		12.1	0.66		8,000	2,800	860
HFE-338pcc13 (HG-01)		6.2	0.87		5,100	1,500	460
Perfluoropolyethers							
PFPME		800	0.65		7,620	10,300	12,400
Hydrocarbons and other compounds – Direct Effects							
Dimethylether		0.015	0.02		1	1	<<1
Methylene chloride		0.38	0.03		31	8.7	2.7
Methyl chloride		1.0	0.01		45	13	4

ที่มา : IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html

ตัวอย่างบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG Inventory)

GHG Inventory : ชื่อองค์กร

ขอบเขตองค์กร (Organizational Boundaries)

วิธีการที่เลือกใช้	
--------------------	--

ขอบเขตพื้นที่/หน่วยธุรกิจ/โรงงานที่อยู่ในขอบเขต	
---	--

ช่วงเวลาการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก	
---------------------------------------	--

ปีฐาน (Base Year)

รายละเอียดปีฐาน	
-----------------	--

ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emissions Calculation)

Total GHG emissions	
Total direct emissions (ประเภท 1)	
Total energy indirect emissions (ประเภท 2)	
Total other indirect emissions (ประเภท 3)	

ประเภท	รายการ	Activity Data (AD)		ค่า EF (kgCO ₂ e/หน่วย)	Emissions (AD x EF)	สัดส่วน (%)	คำอธิบายเพิ่มเติม
		หน่วย	ปริมาณ				
Direct emissions (ประเภท 1)							
	Total (direct emissions)						
Energy indirect emissions (ประเภท 2)							
	Total (energy indirect emissions)						
Other indirect emissions (ประเภท 3)							
	Total (other indirect emissions)						
Total (GHG emissions)							kgCO ₂ e

ตัวอย่างรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG Report)



รายงานปริมาณการปล่อยและดูดกลับ
ก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

[ชื่อองค์กร]

(ให้ระบุตามขอบเขตที่ดำเนินการให้ชัดเจน ในกรณีที่ไม่ได้ดำเนินการครอบคลุมขอบเขตทั้งหมดขององค์กร)

[ช่วงเวลาของการรายงานข้อมูล ตั้งแต่ถึง.....]

(ควรเก็บข้อมูลอย่างน้อยในช่วงเวลา 1 ปี ตามปีปฏิทิน หรือปีงบประมาณตามความเหมาะสม)

ผู้รับผิดชอบจัดทำรายงาน :

ตำแหน่ง : หน่วยงาน :

โทรศัพท์ : โทรสาร :

E-mail :

สารบัญ

	บทนำ	
1.	บทสรุป	
2.	ข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร (Organization Profile)	
3.	การออกแบบและการพัฒนาบัญชีก๊าซเรือนกระจก (GHG Inventory)	
	3.1 ขอบเขตขององค์กร (Organizational Boundaries)	
	3.2 ขอบเขตการดำเนินงาน (Operational Boundaries)	
	3.3 การวัด/การคำนวณปริมาณ (Quantification Methodology)	
	3.4 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก แฟคเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วิธีการ และข้อมูลกิจกรรม (GHG emissions sources, Emission factors, Methodology and Activity data)	
4.	การบริหารคุณภาพ GHG Inventory (GHG Inventory Quality Management)	
	เอกสารอ้างอิง (References)	
	ภาคผนวก	

บทนำ

- กล่าวทั่วๆ ไปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างบริษัทกับ GHG Emission and removal
- เหตุผล/ความจำเป็นของการรายงาน GHG inventory report
- ใครคือผู้ที่จะใช้รายงานนี้ หรือได้รับประโยชน์จากรายงานนี้บ้าง
- คำแถลงที่แสดงถึงการจัดเตรียมรายงานนี้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO 14064-1
- กล่าวถึงนโยบาย กลยุทธ์ หรือโปรแกรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับ GHG ขององค์กร
- กล่าวถึงว่ารายงานฉบับนี้ได้รับการทวนสอบ (Verification) หรือไม่ รวมถึงประเภทของการทวนสอบ เช่น ทวนสอบโดยบุคคลที่สาม และระดับการรับรองว่าเป็นแบบเหมาะสม (Reasonable) หรือแบบจำกัด (Limited)

(ประมาณ 1 หน้า)

1.	บทสรุป
----	--------

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร สรุปภาพรวมของวิธีการ แนวทางการวัด และรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร และสรุปผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรภายใต้ขอบเขตที่กำหนด

(ประมาณ 1 หน้า)

2. ข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร (Organization Profile)

แนะนำองค์กรโดยสังเขป เช่น

- ปีที่เริ่มก่อตั้ง
- สถานที่ตั้ง
- ผลิตภัณฑ์ หรือ บริการ
- จำนวนพนักงาน
- กิจกรรมต่างๆ ที่บริษัททำเกี่ยวกับ GHG
- หากข้อมูลที่ต้องการนำเสนอมีจำนวนมาก ควรนำไปใส่ไว้ในภาคผนวก

(ประมาณ 1 หน้า)

3. การออกแบบและการพัฒนาบัญชีก๊าซเรือนกระจก (GHG Inventory)

3.1 ขอบเขตขององค์กร (Organizational Boundaries)

รายละเอียดของหน่วยงานภายใต้ขอบเขตขององค์กร:

(เช่น บริษัทแม่ บริษัทในเครือต่างๆ และหน่วยงานที่มีการละเว้นในการประเมินและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ถ้ามี) พร้อมอธิบายเหตุผล รายละเอียดการร่วมทุน การแสดงความเป็นเจ้าของ อำนาจควบคุมทางการเงินและการดำเนินงาน)

วิธีการที่เลือกใช้ในการรวบรวมและประเมินข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก:

แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share)	แบบการควบคุมทางการเงิน (Financial Control)	แบบการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลของการเลือก Approach
- แสดงแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างบริษัท และหน่วยงานอื่นๆ
- กรณีที่มีการเปลี่ยนขอบเขตขององค์กร ให้ระบุเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงด้วย

3.2 ขอบเขตการดำเนินงาน (Operational Boundaries)

- ระบุแหล่งปล่อยและดูดกลับ GHG (GHG source and sinks)

	แหล่งปล่อย หรือแหล่งดูดกลับ	ขอบเขต (scope) 1,2, หรือ 3	คำอธิบาย (Description)
พลังงาน			
การผลิต			
การขนส่ง			
กิจกรรม ของ สำนักงาน			
อื่นๆ			

ถ้ามีกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 รวมอยู่ในรายงานนี้ โปรดระบุกิจกรรมทั้งหมด (ภายใต้ขอบเขตที่ 3) ในรายงานฉบับนี้ด้วย

3.3 การวัด/การคำนวณปริมาณ (Quantification Methodology)

- อธิบายวิธีการในการเก็บข้อมูลว่าเป็นใช้วิธีการใดต่อไปนี พร้อมระบุเหตุผลการเลือกวิธีดังกล่าว และอ้างอิงวิธีการจากที่ได้
 - การวัด
 - การคำนวณ
 - การวัดร่วมกับการคำนวณ
- อธิบายเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงวิธีการในการเก็บข้อมูลจากวิธีการหนึ่งไปเป็นอีกวิธีการหนึ่ง ในระหว่างปีที่ระบุในรายงาน

3.4 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก แฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก วิธีการ และข้อมูลกิจกรรม (GHG emissions sources, Emission factors, Methodology and Activity data)

- อธิบายแหล่งปล่อยและจุดกลับต่างๆ ว่าเกิดจากกิจกรรมอะไรบ้าง ให้ครอบคลุม SCOPE ต่างๆ ที่เลือกไว้ในข้อ 3.2
- *Emission factors* ใช้จากแหล่งใด
- ข้อมูลที่เก็บเป็นข้อมูลกิจกรรมใด เช่น ข้อมูลการใช้เป็นวัตถุดิบ ข้อมูลการใช้เป็นเชื้อเพลิง
- หากข้อมูลมีจำนวนมากให้อ้างอิงไปยังภาคผนวก
- คำอธิบายถึงการละเว้นไม่จัดเก็บหรือคำนวณข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งปล่อยหรือแหล่งจุดกลับก๊าซเรือนกระจก (*facilities, operations and/or emissions sources*) บางแหล่ง:
- การระบุเกี่ยวกับความไม่แน่นอนในการวัด-คำนวณ GHG
 - ที่เกิดจากคน
 - ที่เกิดจากอุปกรณ์การวัด
 - ที่เกิดจากวิธีการปฏิบัติ เช่น การประเมินจากค่า *Emission Factor*

ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูล

ขอบเขตประเภท การปล่อย/ ดูดกลับ ก๊าซเรือนกระจก	แหล่งปล่อย/ ดูดกลับ ก๊าซเรือนกระจก	วิธีการเชิงปริมาณ	ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)	ค่าแฟกเตอร์ การปล่อยก๊าซ เรือนกระจก (EF)	การเปลี่ยนแปลง วิธีการจากรายงาน ครั้งก่อน (ถ้ามี)
ประเภทที่ 1 (Scope 1)	แหล่งปล่อย #1	ใช้การคำนวณ หรือการตรวจวัด หรือการตรวจวัด ร่วมกับการ คำนวณ	ปริมาณก๊าซหุงต้ม ที่ใช้ (ลิตร)	อ้างอิง Frankin US 98	มีการเปลี่ยนแปลง อ้างอิงรายงาน....
	แหล่งปล่อย #2	.....	.....	.....	ไม่มีการ เปลี่ยนแปลง
	แหล่งดูดกลับ #1	.....	.....	.....	ไม่มีการ เปลี่ยนแปลง
ประเภทที่ 2 (Scope 2)	ชนิดของพลังงาน/ ความร้อน/ไอน้ำ #1	.....	.....	อ้างอิง UNFCCC	
	ชนิดของพลังงาน/ ความร้อน/ไอน้ำ #2	.....	.....	อ้างอิง GIEC 2007	
	ชนิดของพลังงาน/ ความร้อน/ไอน้ำ #3	.....	.....
ประเภทที่ 3 (Scope 3) (ไม่บังคับ)	.....	.....	.....	Ref. IPCC 2007	
รวม					

หมายเหตุ ตัวอักษรเอียง คือ ตัวอย่าง

- ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Information on Emissions)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	รวม (tCO ₂ e)	CO ₂ (t)	CH ₄ (tCO ₂ e)	N ₂ O (tCO ₂ e)	HFCs (tCO ₂ e)	PFCs (tCO ₂ e)	SF ₆ (tCO ₂ e)
ประเภทที่ 1 (Scope 1)							
ประเภทที่ 2 (Scope 2)							
ประเภทที่ 3 (Scope 3) (ไม่บังคับ)							

- ข้อมูลการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล (tCO₂e):

--

- บัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปีฐาน (Base year)

ปีที่คัดเลือกเป็นปีฐาน:							
การอธิบายถึงแนวคิดในการคัดเลือกและคำนวณปีฐาน รวมถึงกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงปีฐานให้ระบุถึงการเปลี่ยนแปลงพร้อมเหตุผล:							
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปีฐาน							
การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	รวม (tCO ₂ e)	CO ₂ (t)	CH ₄ (tCO ₂ e)	N ₂ O (tCO ₂ e)	HFCs (tCO ₂ e)	PFCs (tCO ₂ e)	SF ₆ (tCO ₂ e)
ประเภทที่ 1 (Scope 1)							
ประเภทที่ 2 (Scope 2)							
ประเภทที่ 3 (Scope 3) (ไม่บังคับ)							

4. การบริหารคุณภาพ GHG Inventory (GHG Inventory Quality Management)

- ระบุอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของคณะทำงาน

ชื่อ นามสกุล	อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบ	การฝึกอบรมที่จำเป็นต้องมี

- การจัดเก็บเอกสารและการรักษาคลังไว้ซึ่งบันทึกต่างๆ
 - ระบุหรืออ้างอิงถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง
 - อธิบายถึงประเภทของเอกสารและบันทึกที่เกี่ยวข้องกับการวัดปริมาณ และการรายงานปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เช่น เอกสารอ้างอิงสำหรับค่าแฟคเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก บันทึกการเก็บข้อมูลกิจกรรม เป็นต้น และระบุวิธีการจัดเก็บและควบคุมเพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้

เอกสารอ้างอิง (References)

- 1.
- 2.
- 3.

ภาคผนวก

เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับองค์กรที่จัดทำรายงาน ใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานเพื่อแสดงถึงขอบเขตองค์กร ข้อมูลอ้างอิงอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการวัด และรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก

สารบัญ

หน้า

อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	
1. บทนำ	1-1
2. ขอบข่ายอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	1-2
3. ภาพรวมของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	1-2
3.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำ	1-3
3.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำ	1-3
3.3 อุตสาหกรรมปลายน้ำ	1-3
4. กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	1-5
4.1 การผลิตเหล็กขั้นต้นน้ำ	1-5
4.2 การผลิตเหล็กขั้นกลาง	1-10
4.3 การผลิตเหล็กขั้นปลาย	1-13

อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	
1. บทนำ	2-1
2. ภาพรวมของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	2-9
2.1 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	2-9
2.2 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	2-9
2.3 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	2-10
3. รูปแบบการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย	2-11
4. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	2-14
4.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กรสำหรับการรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	2-14
4.2 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก	2-22
4.3 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหอเผา	2-23
4.3.1 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (E _{CO2}) จากหอเผา	2-23
4.3.2 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (E _{CH4}) จากหอเผา	2-24
4.3.3 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (E _{N2O}) จากหอเผา	2-25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

อุตสาหกรรมยานยนต์	
1. บทนำ	3-1
2. ภาพรวมของอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน	3-1
2.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำ	3-2
2.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำ	3-2
2.3 อุตสาหกรรมปลายน้ำ	3-3
5. ตัวอย่างกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน	3-5
3.1 กระบวนการผลิตรถยนต์	3-5
3.2 การขึ้นรูปตัวถังรถยนต์	3-5
3.3 การประกอบตัวถังรถยนต์	3-6
3.4 การทำสี	3-6
3.5 การประกอบเครื่องยนต์	3-6
3.6 การประกอบชิ้นสุดท้าย	3-7
6. ตัวอย่างกระบวนการผลิตยางรถยนต์	3-10

อุตสาหกรรมกระดาษ	
1. บทนำ	4-1
2. ภาพรวมของอุตสาหกรรมกระดาษ	4-2
2.1 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น	4-2
2.2 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง	4-6
2.3 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นปลาย	4-16
3. กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมกระดาษ	4-19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

อุตสาหกรรมสิ่งทอ	
1. บทนำ	5-1
2. ภาพรวมของอุตสาหกรรมสิ่งทอ	5-3
2.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำ	5-4
2.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำ	5-4
2.3 อุตสาหกรรมปลายน้ำ	5-5
3. กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมสิ่งทอ	5-5
3.1 กระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน	5-5
3.2 กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมปั่นด้าย	5-5
3.3 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมทอผ้า	5-5
3.4 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ลาย และแต่งสำเร็จ	5-5
3.5 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป	5-5

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 59 และลำดับที่ 60	1-2
ตารางที่ 1-2 การซึบและประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเหล็ก ขั้นต้น	1-8
ตารางที่ 1-3 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเหล็กขั้นต้น และวิธีการ คำนวณ	1-9
ตารางที่ 1-4 การซึบและประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเหล็ก ชั้นกลาง	1-12
ตารางที่ 1-5 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเหล็กชั้นกลาง และวิธีการ คำนวณ	1-12
ตารางที่ 1-6 วิธีการแปรรูปสำหรับเหล็กชั้นปลายน้ำ	1-14
ตารางที่ 1-7 การซึบและประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเหล็ก ชั้นปลาย	1-16
ตารางที่ 1-8 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเหล็กชั้นปลาย และวิธีการ คำนวณ	1-16
ตารางที่ 2-1 สรุปการใช้ประโยชน์วัตถุดิบตั้งต้นสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเลียม	2-4
ตารางที่ 2-2 จำนวนโรงงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย	2-8
ตารางที่ 2-3 สัดส่วนการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	2-11
ตารางที่ 2-4 การรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งที่สำคัญ (Potential greenhouse gas emission sources) ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	2-15
ตารางที่ 2-5 ค่า Emission Factor สำหรับกระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer จำแนกตามกระบวนการผลิตที่ใช้	2-21
ตารางที่ 2-6 กระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer (VCM)	2-22
ตารางที่ 2-7 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้ที่หอเผา	2-27
ตารางที่ 2-8 ค่า Adjusted Wt% และ Carbon content (Wt% C) ของสารประกอบ ก๊าซเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	2-28
ตารางที่ 2-9 คำนวณน้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight: MW) ค่า Adjusted Mol% และ Heating Value (Btu/scf) ของสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	2-31

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3-1	สรุปภาพรวมของอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน	3-3
ตารางที่ 3-2	ประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 51 ลำดับที่ 77 (1) (2) ลำดับที่ 78 (1) (2) ลำดับที่ 80 และลำดับที่ 95 (1) (2) (3) (4)	3-4
ตารางที่ 3-3	กระบวนการผลิตรถยนต์	3-8
ตารางที่ 3-4	สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์	3-9
ตารางที่ 3-5	ขั้นตอนการผลิตยางรถยนต์	3-10
ตารางที่ 3-6	กระบวนการผลิตยางรถยนต์	3-12
ตารางที่ 3-7	สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์	3-13

ตารางที่ 4-1	ประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 38, 39 และ 40	4-1
ตารางที่ 4-2	สารเคมีที่ใช้ และสัญลักษณ์ รวมถึงการเรียกชื่อขั้นตอนการฟอก	4-5
ตารางที่ 4-3	แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตกระดาษ	4-21
ตารางที่ 4-4	สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตกระดาษ	4-24
ตารางที่ 4-5	แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก	4-26
ตารางที่ 4-6	สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานกล่องกระดาษลูกฟูก	4-26

ตารางที่ 5-1	ประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 59 และลำดับที่ 60	5-1
ตารางที่ 5-2	การซึบและประเมิณแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน	5-7
ตารางที่ 5-3	สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเส้นใยเรยอนและวิธีการคำนวณ	5-8
ตารางที่ 5-4	แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปั่นด้าย	5-10
ตารางที่ 5-5	สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานปั่นด้าย	5-11
ตารางที่ 5-6	แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการทอผ้า	5-13
ตารางที่ 5-7	สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานทอผ้า	5-13
ตารางที่ 5-8	แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเตรียมผ้า (รวมการฟอก)	5-17
ตารางที่ 5-9	แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า	5-18

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5-10 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการพิมพ์ผ้า	5-19
ตารางที่ 5-11 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแต่งสำเร็จ	5-20
ตารางที่ 5-12 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานสิ่งทอ	5-22
ตารางที่ 5-13 การระบุและประเมินแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป	5-24
ตารางที่ 5-14 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป และวิธีการคำนวณ	5-25

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1-1 โครงสร้างการผลิตเหล็กทรงวงจรร	1-3
ภาพที่ 1-2 โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็ก	1-4
ภาพที่ 1-3 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าตลอดโซ่อุปทาน	1-5
ภาพที่ 1-4 กระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้น	1-5
ภาพที่ 1-5 กระบวนการผลิตถลุงเหล็กแบบเตาพ่นลม	1-6
ภาพที่ 1-6 กระบวนการผลิตเหล็กขั้นกลาง	1-11
ภาพที่ 1-7 กระบวนการผลิตเหล็กขั้นปลาย	1-13
ภาพที่ 1-8 ผลผลิตจากการแปรรูปเหล็กกล้า	1-15
ภาพที่ 1-9 สรุปแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้นและเหล็กขั้นกลาง	1-17

ภาพที่ 2-1 การกลั่นลำดับส่วน (Fraction Distillation)	2-2
ภาพที่ 2-2 การกลั่นด้วยเทคโนโลยีไฮโดรแครกกิง (Hydro Cracking)	2-3
ภาพที่ 2-3 Entire oil refining process	2-5
ภาพที่ 2-4 Crude oil atmospheric distillation process	2-6
ภาพที่ 2-5 ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย (Downstream Products)	2-10
ภาพที่ 2-6 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการผลิต Olefins	2-12
ภาพที่ 2-7 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (%) จำแนกตามขอบเขต (Scope) ของแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของกระบวนการผลิต Olefins	2-13
ภาพที่ 2-8 ความสัมพันธ์ระหว่างขอบเขตและกระบวนการควบคุมขององค์กร	2-14
ภาพที่ 2-9 ขอบเขตของระบบการผลิต Vinyl Chloride Monomer (VCM)	2-20

ภาพที่ 3-1 กระบวนการผลิตรถยนต์	3-5
ภาพที่ 3-2 กระบวนการผลิตยางรถยนต์	3-10

ภาพที่ 4-1 การจำแนกและจัดกลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษ	4-2
ภาพที่ 4-2 ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษ	4-4
ภาพที่ 4-3 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตเยื่อกระดาษ	4-6

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-4 ขั้นตอนในการผลิตกระดาษ (1)	4-7
ภาพที่ 4-5 ขั้นตอนในการผลิตกระดาษ (2)	4-7
ภาพที่ 4-6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษคราฟท์	4-9
ภาพที่ 4-7 ลักษณะโครงสร้างของกระดาษ Duplex	4-10
ภาพที่ 4-8 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษ Duplex	4-11
ภาพที่ 4-9 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษพิมพ์เขียน	4-12
ภาพที่ 4-10 เครื่องผลิตกระดาษอนามัย	4-13
ภาพที่ 4-11 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษอนามัย	4-14
ภาพที่ 4-12 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์	4-15
ภาพที่ 4-13 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์	4-17
ภาพที่ 4-14 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก	4-19
ภาพที่ 4-15 กระบวนการผลิตกระดาษ	4-20
ภาพที่ 4-16 กระบวนการผลิตกล่องลูกฟูก	4-25

ภาพที่ 5-1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ	5-3
ภาพที่ 5-2 การผลิตเส้นใยเรยอน	5-6
ภาพที่ 5-3 การปั่นด้าย	5-9
ภาพที่ 5-4 การทอผ้าในอุตสาหกรรม	5-12
ภาพที่ 5-5 การฟอก ย้อมผ้าในอุตสาหกรรม	5-14
ภาพที่ 5-6 การแต่งสำเร็จ	5-15
ภาพที่ 5-7 การผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป	5-23

อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

1. บทนำ

ในปี ค.ศ.2000 ได้มีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมของโลกและประเทศไทย จากแหล่งปล่อยต่างๆ ตามคู่มือของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) พบว่าภาคอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases : GHGs) สูงถึงร้อยละ 21 ของภาคการผลิตทั้งหมด อุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็น 5 อันดับแรก ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี (ร้อยละ 23) อุตสาหกรรมซีเมนต์ (ร้อยละ 18) อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า (ร้อยละ 15) อุตสาหกรรมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (ร้อยละ 7) และอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักร (ร้อยละ 5)¹

จากการศึกษาของ OECD แสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ CO₂ คิดเป็นปริมาณ ร้อยละ 3.9 ของปริมาณการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ของโลก และผลิตก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นปริมาณร้อยละ 3.0 ของปริมาณการผลิตก๊าซเรือนกระจกของโลก อย่างไรก็ตาม รัศมีความเข้มข้นในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ จำนวนตันของ CO₂ ต่อจำนวนตันของการผลิตเหล็กดิบ (tonnes of CO₂/tonne of crude steel) นั้นมีความแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน อุตสาหกรรมและแต่ละประเทศ เนื่องจากปัจจัยหลายประการ อาทิ กระบวนการผลิต ขนาดและอายุของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต²

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมเหล็กโลกมีแหล่งที่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง ร้อยละ 70 และการใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วน ร้อยละ 30 โดยปริมาณการปล่อย CO₂e ของอุตสาหกรรมเหล็กไทยในปี 2008 เท่ากับ 2.58 ล้านตัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการปล่อย CO₂ เท่ากับ 294 กิโลกรัมต่อตันเหล็ก ซึ่งแนวโน้มการปล่อย CO₂ ของประเทศไทยเพิ่มขึ้นตามระดับการผลิตภายในประเทศ โดยมีปัจจัยจากความต้องการใช้เหล็กของประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นตามระดับการเติบโตทางเศรษฐกิจ³

สำหรับภาคอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า สามารถมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน การประหยัดพลังงาน การเปลี่ยนเชื้อเพลิงและการลดการใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เพื่อช่วยรักษาสภาพแวดล้อมของโลกในภาพรวมให้คงอยู่ได้อย่างยั่งยืน

¹ โครงการการพัฒนาวิธีการประเมินความรับผิดชอบร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา

² สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

³ ผศ.ดร. พิชญ์ รัชฎาวงศ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ขอบข่ายอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า :

- แบ่งตาม International Standard Industrial Classification (ISIC) Rev4, 2008 :

ครอบคลุมในหมวด D ประเภท 24 Manufacture of basic metal และ 25 Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment

- แบ่งตามบัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 :

ครอบคลุมประเภทโรงงานลำดับที่ 59 และ 60 ดังนี้

ตารางที่ 1-1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 59 และลำดับที่ 60

ประเภทโรงงาน	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน	จำนวน
59	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตเหล็กหรือเหล็กกล้าในขั้นต้น (Iron and Steel Basic Industries)	511 โรงงาน
60	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับถลุง ผสม ทำให้บริสุทธิ์ หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตโลหะในขั้นต้น ซึ่งมีไม่ใช่เหล็กหรือเหล็กกล้า (Non-ferrous Metal Basic Industries)	730 โรงงาน

หมายเหตุ : ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ณ วันที่ 19 เมษายน 2556 ซึ่งไม่รวมถึง โรงงานเล็กประกอบกิจการ ตามกรอบการปรับปรุงข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม

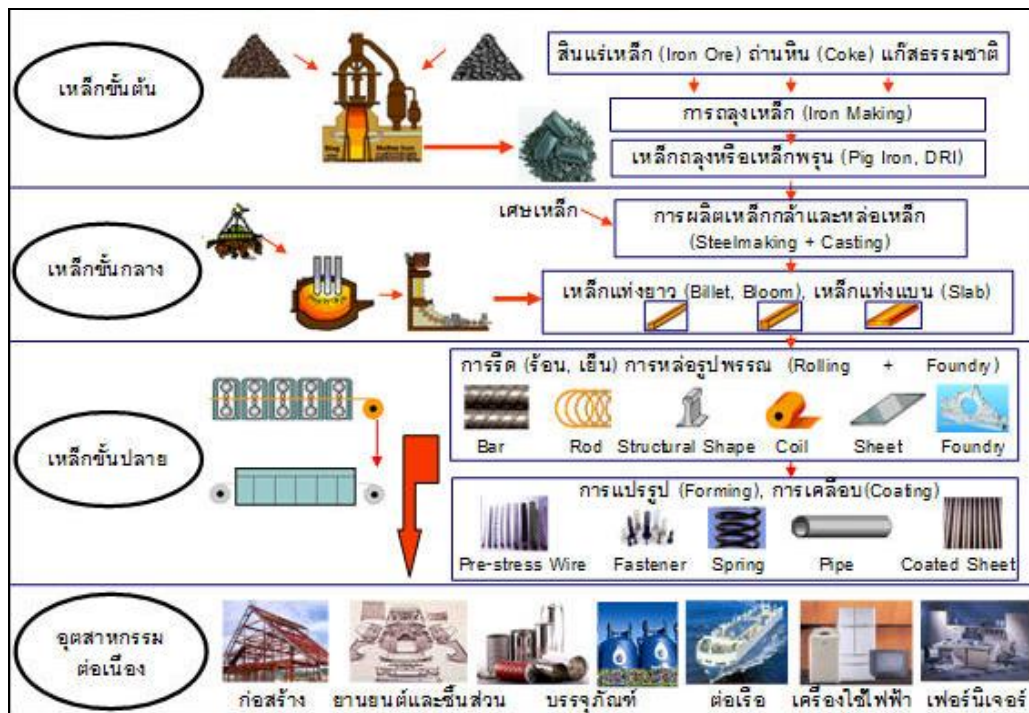
3. ภาพรวมของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า⁴

อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าถือได้ว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เป็นจำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพอร์นิเจอร์ อาหารกระป๋อง (บรรจุภัณฑ์) เครื่องจักรกล และอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น และจากภาวะเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศที่มีการฟื้นตัวขึ้นทั้งธุรกิจภาคก่อสร้างและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ทำให้ความต้องการใช้เหล็กในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูปซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กมีการขยายตัวมากที่สุด รองลงมา คือ เหล็กแผ่นเคลือบชนิดอื่นๆ เหล็กแผ่นรีดร้อน รวมทั้งความต้องการใช้ของอุตสาหกรรมต่อเนื่องในประเทศและการส่งออกที่เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้อุตสาหกรรมเหล็กมีการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น

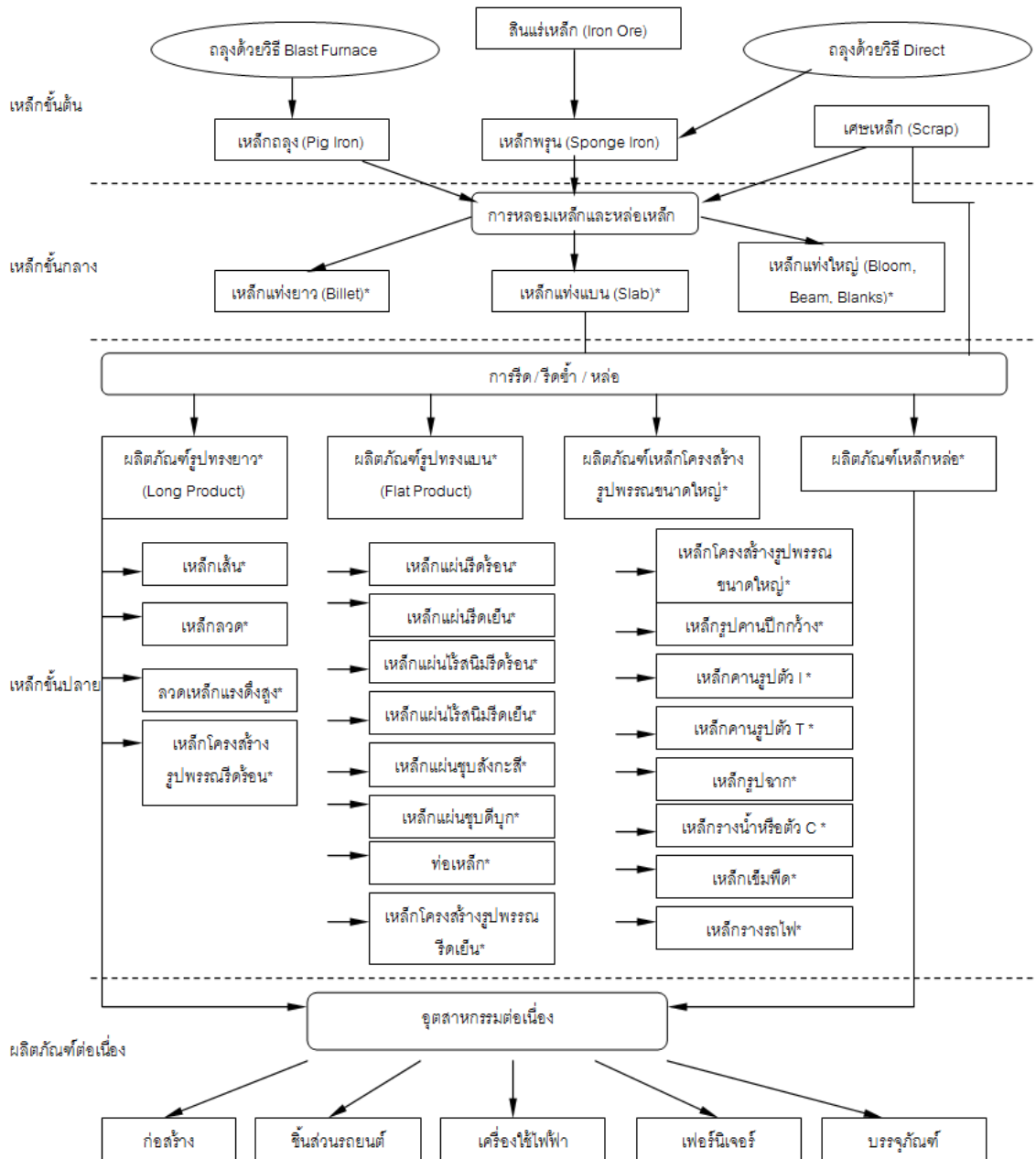
อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าโดยทั่วไป มีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1-1 และภาพที่ 1-2 ซึ่งจำแนกเป็น อุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมกลางน้ำ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้ดังนี้

⁴ ที่มา: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

- 3.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำ** คือ อุตสาหกรรมเหล็กถลุง (Pig Iron) และเหล็กพูน (Sponge Iron) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นกระบวนการเริ่มต้นของอุตสาหกรรมเหล็กที่มีความสำคัญอย่างมากต่อศักยภาพในการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่มีการจัดตั้งโรงงานผลิตเหล็กต้นน้ำ ซึ่งแต่เดิมนั้นแนวทางการพัฒนาถูกกำหนดโดยความต้องการของตลาดในประเทศ มากกว่าจากนโยบายของภาครัฐ จึงทำให้อุตสาหกรรมเหล็กเริ่มต้นพัฒนาจากปลายน้ำเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศมากกว่าการเริ่มต้นพัฒนาจากอุตสาหกรรมต้นน้ำ
- 3.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำ** เป็นขั้นที่นำผลิตภัณฑ์จากการผลิตเหล็กขั้นต้นทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง รวมถึงเศษเหล็ก (Scrap) มาหลอมปรับปรุงคุณสมบัติและส่วนผสมทางเคมีให้ได้เป็นเหล็กกล้า (Steelmaking) สำหรับประเทศไทยผู้ผลิตขั้นกลางทุกรายจะผลิตด้วยเตาอาร์คไฟฟ้าโดยใช้เศษเหล็กเป็นวัตถุดิบในการผลิต นอกจากการผลิตเหล็กกล้าแล้วอุตสาหกรรมขั้นกลางยังรวมถึงการหล่อเหล็กกล้าให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ เหล็กแท่งยาว (Billet) เหล็กแท่งแบน (Slab) และเหล็กแท่งใหญ่ (Bloom)
- 3.3 อุตสาหกรรมปลายน้ำ** เป็นขั้นของการแปรรูปผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปด้วยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การรีดร้อน การรีดเย็น การเคลือบผิว การผลิตท่อเหล็ก การตีเหล็กขึ้นรูปรวมถึงการหล่อเหล็ก เช่น เหล็กเส้น เหล็กหลอด เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบ เหล็กโครงสร้าง รูปพรรณรีดร้อน เป็นต้น ซึ่งจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทางการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น



ภาพที่ 1-1 โครงสร้างการผลิตเหล็กครบวงจร



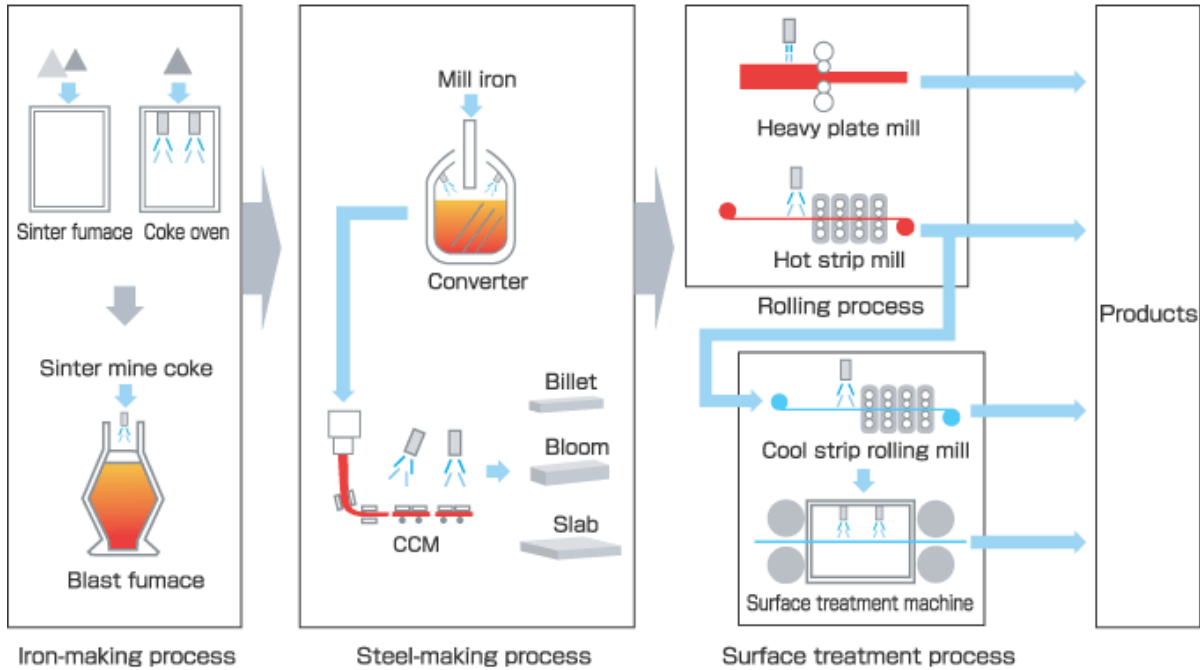
ภาพที่ 1-2 โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็ก

หมายเหตุ: * คือ ผลิตภัณฑ์เหล็กที่มีการผลิตในประเทศไทย

ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการเศรษฐศาสตร์ คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2543

4. กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

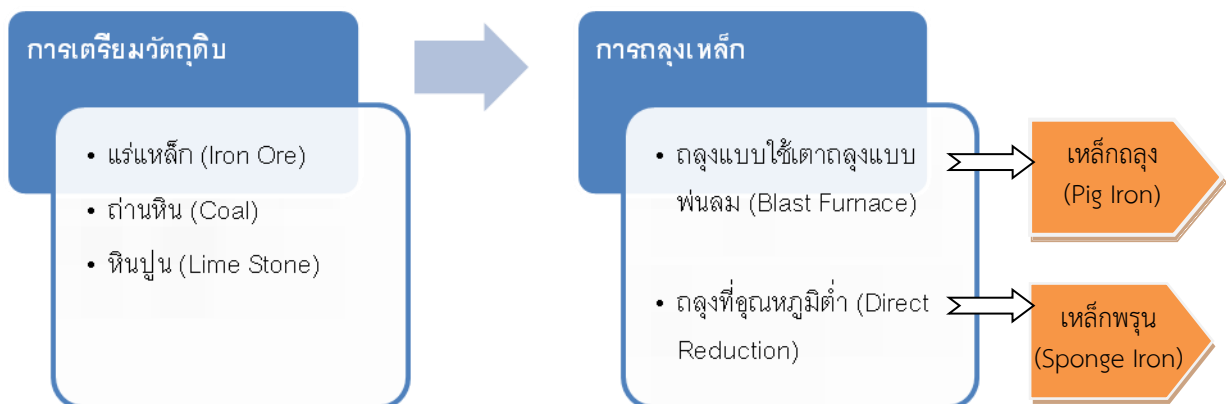
กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าตลอดห่วงโซ่อุปทาน จำแนกได้เป็น 3 กระบวนการหลัก ดังภาพที่ 1-3 และมีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 1-3 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าตลอดห่วงโซ่อุปทาน
ที่มา: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

4.1 การผลิตเหล็กขั้นต้น (Iron-making process)

กระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้นหรือกระบวนการถลุงแร่เหล็ก คือ กระบวนการในการเปลี่ยนรูปแร่เหล็ก (Iron Ore) ซึ่งอยู่ในรูปของเหล็กออกไซด์ให้กลายเป็นโลหะเหล็ก รวมทั้งสารปลอมปนอื่นๆ โดยใช้สารลดออกซิเจน เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ในการกำจัดออกซิเจนและสารปลอมปนออกจากเหล็ก ซึ่งกระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้น ดังภาพที่ 1-4



ภาพที่ 1-4 กระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้น

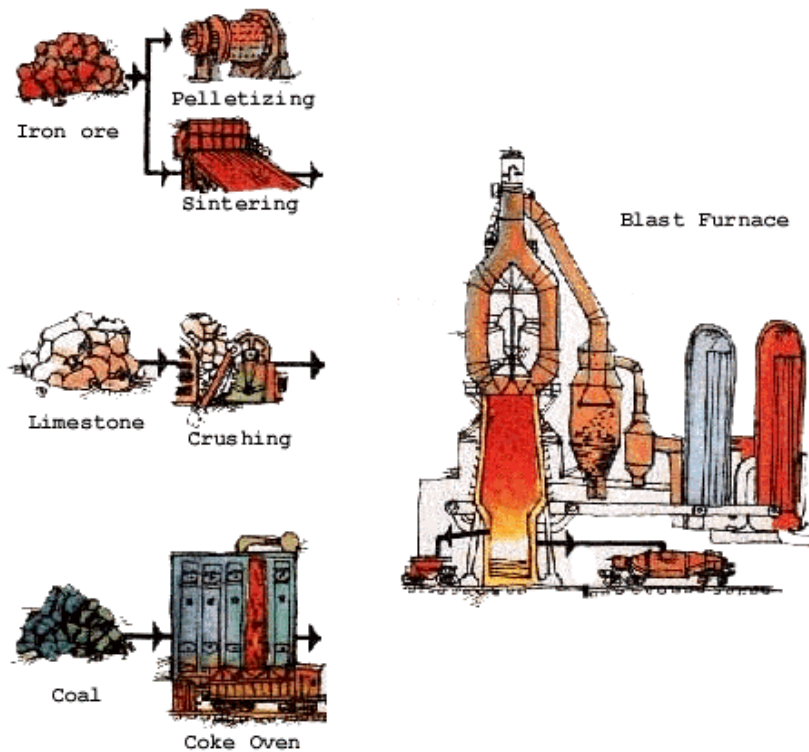
1) การเตรียมวัตถุดิบ

- **แร่เหล็ก (Iron Ore) :** นำแร่เหล็กที่ขุดได้มาแต่งแร่เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์เหล็กที่เหมาะสม โดยการทำให้แร่เหล็กที่เป็นผง (Fines) และเป็นฝุ่น (Pulverized) จับตัวเป็นก้อนใหญ่ที่มีความแข็งและขนาดเหมาะสม ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพเหล็กที่หลอมได้ (Molten iron) ให้ดีขึ้น ด้วยกระบวนการผลิตแร่เหล็กอัดก้อน (Sintering Process) หรือกระบวนการผลิตแร่เหล็กปั้นเม็ด (Pelletizing Process)
- **ถ่านหิน (Coal) :** นำถ่านหินเข้าสู่กระบวนการอบหินในเตาอบ (Coke Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 1,200-1,300 องศาเซลเซียส เพื่อให้กลายเป็นโค้ก (Coke) ที่มีความแข็งแรงและมีรูพรุน ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยา (Reduction Process) ได้ดีในเตาถลุง (ถ่านหิน มีหน้าที่ 2 อย่าง คือ เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน และเป็นตัว Reduce โดยดึง Oxygen ออกจากแร่เหล็ก)
- **หินปูน (Lime Stone) :** นำหินปูนมาย่อยขนาด (Crushing) ให้ได้ขนาดตามต้องการ รวมถึงปูนขาว และโดโลไมท์ เพื่อใช้ในการกำจัดสารมลทินและสิ่งเจือปนต่างๆ ในวัตถุดิบ

2) การถลุงเหล็ก

การถลุงเหล็กเป็นการนำวัตถุดิบทั้งหมดมาผสมกันเพื่อเข้าสู่กระบวนการถลุงเพื่อลดสารเจือปนและคาร์บอนในเหล็กถลุงให้ได้ปริมาณตามต้องการ ด้วยการเพิ่มออกซิเจนให้กับคาร์บอน และสารเจือปนโดยอาศัยปฏิกิริยาจากความร้อน และออกซิเจน จะทำให้ได้น้ำเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนสูงประมาณ 4% ซึ่งการถลุงเหล็ก แบ่งได้ดังนี้

2.1) การถลุงโดยใช้เตาแบบพ่นลม (Blast Furnace)



ภาพที่ 1-5 กระบวนการผลิตถลุงเหล็กแบบเตาพ่นลม (Blast Furnace)

ที่มา: www.rmutphysics.com

2.2) การลดที่อุณหภูมิต่ำ (Direct Reduction)

การลดที่อุณหภูมิต่ำ เป็นวิธีพ่นก๊าซที่เป็น Reducing gas เข้าไปทำปฏิกิริยากับแร่เหล็กในเตาถลุง โดยการนำเหล็กแร่ ก๊าซธรรมชาติ หรือถ่านโค้ก เพื่อให้ความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ถลุงประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำไม่ทำให้เหล็กหลอมตัวได้ ผลผลิตที่ได้จึงอยู่ในสถานะของแข็งมีลักษณะเป็นรูพรุน เรียกว่า **เหล็กพรุน (Sponge iron)** โดยมีการพัฒนากระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากการผลิตถ่านโค้ก และกระบวนการเตรียมแร่ก้อน ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบคุณภาพสูง อีกทั้งปัญหาเรื่องเงินลงทุนที่สูงมาก เมื่อเทียบกับการถลุงโดยใช้เตาแบบพ่นลม โดยเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาขึ้น มี 2 วิธีการ คือ COREX และ Hismelt ดังนี้

- **COREX** : เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการผลิตในเชิงพาณิชย์ มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง วัตถุดิบป้อนเข้าอยู่ในรูปแร่ก้อน แร่อัดก้อน แร่บดเม็ด ผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในรูปเหล็กหลอมเหลว เตาถลุงแร่เหล็กมี 2 ส่วน คือ เตาถลุง (Reduction Shaft) เกิดปฏิกิริยาการถลุงในขั้นแรก ได้เหล็กพรุนที่มี % Metallization ประมาณ 92% จากนั้นเหล็กพรุนเข้าสู่เตาหลอมส่วนล่าง (Melter Gasifier) พร้อมด้วยถ่านหินและหินปูน ซึ่งส่วนนี้นอกจากเป็นส่วนที่เกิดการถลุงแล้ว ยังทำหน้าที่ผลิตแก๊สจากถ่านหินสำหรับใช้ในถลุงแร่เหล็กในส่วนแรกด้วย โดยแก๊สที่ได้จะถูกแยกทำความสะอาด แล้วนำกลับไปใช้สำหรับถลุงแร่เหล็กในส่วนแรกด้วย โดยแก๊สที่เหลืออาจนำไปขาย ผลิตไฟฟ้า หรือ ผลิต Direct Reduced Iron (DRI)
- **Hismelt** : เป็นกระบวนการเปลี่ยนแร่เหล็กที่อยู่ในรูปเหล็กออกไซด์ให้กลายเป็นโลหะเหล็กในสภาพของเหลว โดยใช้ถ่านหินเป็นตัวรีดิวซ์ กระบวนการถลุงเกิดขึ้นในภาชนะที่เรียกว่า Smelting Reduction Vessel ซึ่งวัตถุดิบป้อนเข้า ได้แก่ แร่เหล็ก ผงละเอียดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร ถ่านหิน Non Coking Coal เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ฟลักซ์ (ปูนขาว และ Dolomite) และเศษเหล็กจากโรงงานเหล็ก ผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ในรูปเหล็กหลอมเหลวที่มีคุณภาพสูง มีความสะอาดเนื่องจากแก๊สที่ได้จากแร่เหล็ก ผงละเอียดและซีเมนต์ถ่านหิน Non Coking Coal จะหลอมและรวมตัวกันเป็นตะกรันแยกชั้นลอยขึ้นมา ดังนั้นเหล็กหลอมเหลวที่ได้จึงมีความสะอาดเพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นวัตถุดิบป้อนเข้าต่อใน EAF/BOF อีกทั้งกระบวนการนี้ยังสามารถนำของเสียจากโรงงานเหล็กมาทำการใช้ใหม่อย่างสมบูรณ์โดยไม่ก่อมลภาวะ ต้นทุนการผลิตลดลง (ลดการใช้พลังงานในการหลอม ลดปริมาณการใช้ Flux ลดเวลาในเตาหลอม) ลดต้นทุนของวัตถุดิบ เนื่องจากใช้แร่เหล็กผงละเอียดซึ่งมีราคาถูก และใช้ถ่านหิน Non Coking Coal และลดต้นทุนด้านพลังงาน เป็นกระบวนการที่สามารถนำพลังงานที่เกิดขึ้นภายหลังการเผาไหม้กลับมาใช้ในอ่างหลอมเหลวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

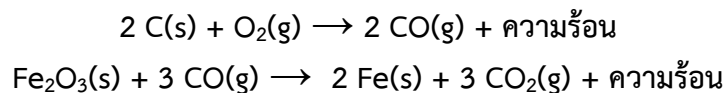
จากกระบวนการผลิตดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า วัตถุดิบนำเข้าหลักในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้น มี 3 ประเภท ได้แก่ แร่เหล็กและเศษเหล็ก ถ่านหิน และหินปูน ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวมีขั้นตอนการนำไปใช้ในการผลิต และแหล่งที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกแตกต่างกัน รายละเอียดดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 การซึบและประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้น

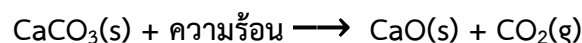
วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> แร่เหล็ก (Iron Ore) , เศษเหล็ก 	<ul style="list-style-type: none"> การแต่งแร่ โดยผลิตแร่เหล็กอัดก้อน (Sintering Process) หรือการผลิตแร่เหล็กป้อนเม็ด (Pelletizing Process) 	<ul style="list-style-type: none"> น้ำมันเตา 	1	<ul style="list-style-type: none"> เหล็กอัดก้อน เหล็กป้อนเม็ด
<ul style="list-style-type: none"> ถ่านหิน (Coal) 	<ul style="list-style-type: none"> อบหินในเตาอบ (Coke Oven) 	<ul style="list-style-type: none"> ถ่านหิน 	1	<ul style="list-style-type: none"> ถ่านโค้ก (Coke) น้ำมันดิน (Tar), Benzole, Ammonia และ Sulfur
<ul style="list-style-type: none"> หินปูน 	<ul style="list-style-type: none"> ย่อยขนาด (Crushing) 	<ul style="list-style-type: none"> น้ำมันเตา 	1	
	<ul style="list-style-type: none"> ถลุงแร่เหล็ก โดยใช้เตาแบบพ่นลม (Blast Furnace) 	<ul style="list-style-type: none"> ถ่านโค้ก 	1	<ul style="list-style-type: none"> น้ำเหล็กหลอมเหลว หรือ เหล็กดิบ กากถลุง/ตะกรัน (Slag) แก๊สร้อน และเหล็กถลุง (Pig iron)
	<ul style="list-style-type: none"> การถลุงแร่ที่อุณหภูมิต่ำ (Direct Reduction) 	<ul style="list-style-type: none"> ถ่านโค้ก ก๊าซธรรมชาติ 	1	<ul style="list-style-type: none"> น้ำเหล็กหลอมเหลว เหล็กพูน (Sponge iron)

ในกระบวนการถลุงเหล็กขั้นต้น นอกจากจะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานแล้ว ยังมีเกิดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดการจากกระบวนการทางเคมี ดังนี้

- ปฏิกิริยาระหว่างเหล็กออกไซด์กับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide : CO) ที่เกิดจากการรวมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) กับคาร์บอน (C) ดังสมการเคมีนี้



- ปฏิกิริยาของปูนขาว (CaCO₃) ที่เติมลงไปเพื่อหลอมซิลิกา (ที่เป็นมลทิน) ให้เป็นแคลเซียมซิลิเกต (CaSiO₃) หรือที่เรียกว่า ตะกรัน (slag) ดังสมการเคมีนี้



จากกิจกรรม แหล่งการปล่อยคาร์บอน (เชื้อเพลิง/พลังงานที่ใช้) และกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้น ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งต้องนำไปคำนวณตามวิธีการที่แสดงในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเหล็กขั้นต้น และวิธีการคำนวณ

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	• การรับ/ส่งวัตถุดิบและสินค้า โดยรถบรรทุก	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายใน โรงงานโดยรถเครน	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การแต่งแร่ โดยเตาผลิตเหล็กอัดก้อน (Sintering Furnace) / เครื่องปั้นเม็ด (Iron Pellet Machine)	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การย่อยขนาดหินปูน โดยใช้เครื่องบด (Crushers)	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การถลุงแร่เหล็กโดยเตาถลุง	kg. , Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
		-	ใช้วิธีการดุลมวลสารหรือดุลสมการเคมี
Scope 2	• การใช้ไฟฟ้าในโรงงาน เช่น เครื่องมือ/อุปกรณ์ ระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	• การใช้ไฟฟ้าในสำนักงานและบริเวณรอบโรงงาน		

3.2 การผลิตเหล็กขั้นกลาง (Steel making process)

การผลิตเหล็กขั้นกลาง คือ การหลอมเหล็กและการหล่อเหล็ก (Casting) ซึ่งจากขั้นตอนการผลิตเหล็กขั้นต้นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นทั้งของแข็งและของเหลว รวมถึงเศษเหล็ก

เหล็กดิบ (เหล็กถลุงหรือเหล็กพูน) ที่ได้จากเตาถลุงนั้นจะมีปริมาณของธาตุมลทินอยู่เป็นจำนวนมาก เหล็กดิบที่ได้จะเปราะและไม่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้ จะต้องนำมาผ่านกระบวนการที่สำคัญอีกครั้งหนึ่ง เพื่อที่จะลดปริมาณของธาตุมลทิน และเพื่อให้ได้ส่วนผสมตามต้องการ กระบวนการนี้เราเรียกว่า การรีไฟน์ (refining) หรือการผลิตเหล็กกล้านั่นเอง

เหล็กกล้า คือ เหล็กเจือคาร์บอนสูงสุดไม่เกินร้อยละ 1.7 สามารถชุบขึ้นรูปได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 800 - 1000 องศาเซลเซียส โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีอื่นใดอีก เป้าหมายในการผลิตเหล็กกล้า คือ

1. ลดปริมาณคาร์บอนให้ได้ค่าตามต้องการ
2. ชุบหรือแยกธาตุฟอสฟอรัส และกำมะถันให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่กระทำได้
3. ลดออกซิเจนในเหล็กออกให้หมด เพราะออกซิเจนทำให้เหล็กแตกได้ในขณะร้อน และทำให้เหล็กเปราะในขณะใช้งาน

หลักการของการผลิตเหล็กกล้า คือ เมื่อทำออกซิเดชัน (oxidation) ธาตุคาร์บอน ซิลิกา แมงกานีส และบางส่วนของฟอสฟอรัส จะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นออกไซด์ ส่วนกำมะถันและฟอสฟอรัสที่เหลือบางส่วนจะแยกตัวไปอยู่ที่ตะก้น ผลที่ได้คือเหล็กที่มีปริมาณของธาตุมลทินต่าง ๆ ค่อนข้างต่ำ มีความแข็งแรงและความเหนียวสูงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้⁵ โดยกระบวนการผลิตเหล็กขั้นกลาง แสดงดังภาพที่ 1-6

ขั้นตอนการผลิตเหล็กขั้นกลาง ประกอบด้วย

- 1) การหลอมเหล็กเป็นน้ำเหล็กด้วยเตาหลอม ซึ่งจำแนกได้ 2 แบบ⁶ คือ
 - แบบเตาหลอมละลายออกซิเจน (Basic Oxygen Furnace : BOF) ซึ่งเป็นเตาผลิตเหล็กกล้า โดยใช้เหล็กถลุงหรือเหล็กพูนป้อนเข้าไปยังเตาเบสิกออกซิเจนและพ่นออกซิเจนเข้าไปในเตา ในขณะที่เหล็กหลอมละลาย เตาชนิดนี้บางทีเรียกว่า “Converter” ซึ่งน้ำเหล็กที่ได้จะมีคาร์บอนต่ำมากและมีความบริสุทธิ์มากกว่าเหล็กถลุง น้ำเหล็กกล้าที่ได้ เรียกว่า Molten steel ซึ่งส่งต่อไปยังกระบวนการต่อไป
 - แบบเตาหลอมไฟฟ้า (Electric Induction Furnace: EAF) ซึ่งเป็นเตาผลิตเหล็กกล้าจากเหล็กพูนหรือเศษเหล็ก ซึ่งการทำงานใช้ไฟฟ้าผ่านขั้วอิเล็กโทรดซึ่งทำด้วยแท่งถ่าน โดยน้ำเหล็กที่ได้เป็นน้ำเหล็กที่เกิดจากการหลอมละลายของเศษเหล็กหรือเหล็กพูน ซึ่งคุณภาพน้ำเหล็กกล้าชนิดนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเศษเหล็กและเหล็กพูน ทำให้บางครั้งไม่สามารถควบคุมให้บริสุทธิ์ได้โดยง่าย

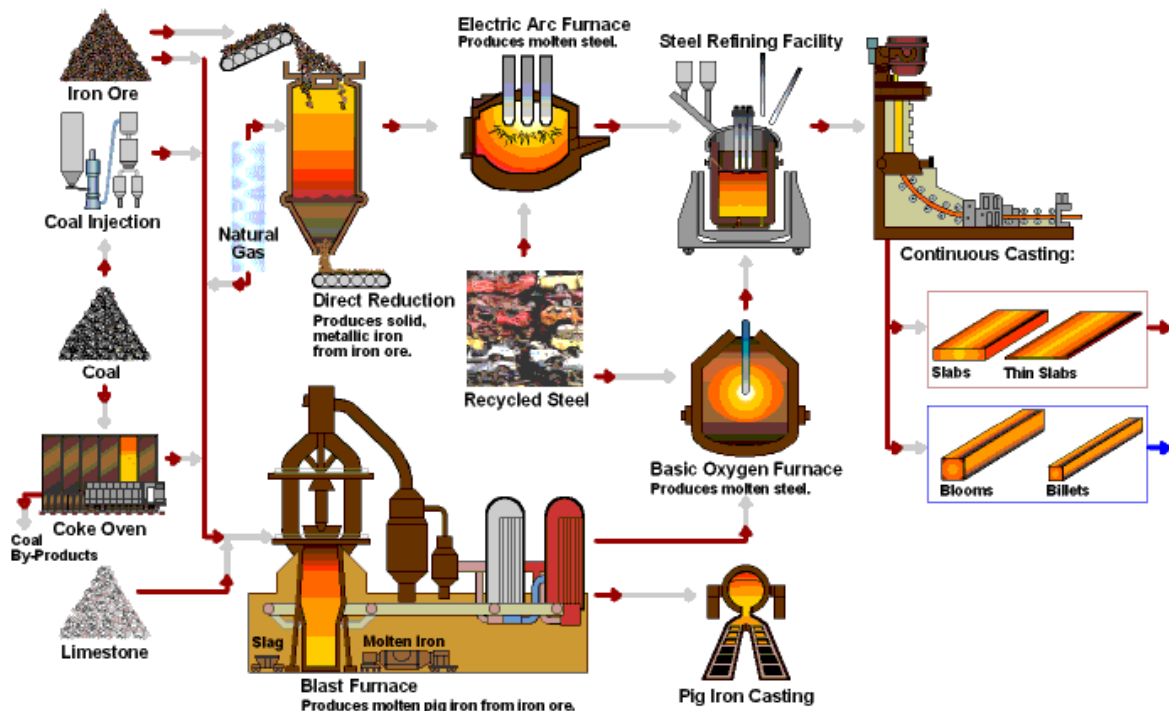
⁵ ปิยทัต ไทยาภิรมย์, การผลิตเหล็กดิบและเหล็กกล้า

⁶ การจัดการสิ่งแวดล้อมแบบเทคโนโลยีสะอาดของอุตสาหกรรมถลุงเหล็กและผลิตเหล็กกล้า, ธงชัย อินทรางกูร, สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (2011)

ทั้งนี้ การหลอมเหล็กในประเทศไทยปัจจุบันนิยมใช้เตาหลอมไฟฟ้า (Electric Arc Furnace : EAF) เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเตาหลอมชนิดนี้มีเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพ สามารถให้อุณหภูมิที่สูงพอเหมาะ การควบคุมอุณหภูมิทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว ซึ่งประหยัดพลังงานกว่าเตา BOF และที่สำคัญมลพิษที่เกิดขึ้นแล้วถือว่ามีปริมาณไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับเตาหลอมประเภทอื่น

2) การปรับปรุงคุณภาพของน้ำเหล็กตามที่ต้องการ

นำน้ำเหล็กเข้าสู่กระบวนการหล่อเป็นเหล็กแท่งชนิดต่างๆ ได้แก่ เหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom, Beam) และเหล็กแท่งแบน (Slab) (หรือเรียกว่า Semi-finished products) ตามที่ต้องการ

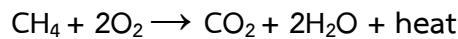
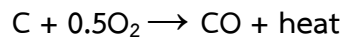


ภาพที่ 1-6 กระบวนการผลิตเหล็กขั้นกลาง
ที่มา: American Iron and Steel Institute, 2013

ตารางที่ 1-4 การซึบและประเมิณแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นกลาง

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> เหล็กถลุง (Pig iron) เหล็กพูน (Sponge iron) เศษเหล็ก 	<ul style="list-style-type: none"> หลอมเหล็ก และปรับปรุงคุณภาพของน้ำเหล็ก 	<ul style="list-style-type: none"> น้ำมันเตา ไฟฟ้า 	1 2	<ul style="list-style-type: none"> น้ำเหล็ก
<ul style="list-style-type: none"> น้ำเหล็ก อ็อกซิเจน น้ำหล่อเย็น 	<ul style="list-style-type: none"> หล่อเหล็ก และตัดเหล็ก 	<ul style="list-style-type: none"> น้ำมันเตา ไฟฟ้า 	1 2	<ul style="list-style-type: none"> เหล็กแท่งเล็ก เหล็กแท่งใหญ่ เหล็กแท่งแบน น้ำเสียจากระบบหล่อเย็น เศษเหล็ก และอื่นๆ

ในกระบวนการหลอมและหล่อเหล็ก นอกจากจะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าแล้ว ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการทางเคมี ดังนี้



จากกิจกรรม แหล่งการปล่อยคาร์บอน (เชื้อเพลิง/พลังงานที่ใช้) และกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้น ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งต้องนำไปคำนวณตามวิธีการที่แสดงในตารางที่ 1-5

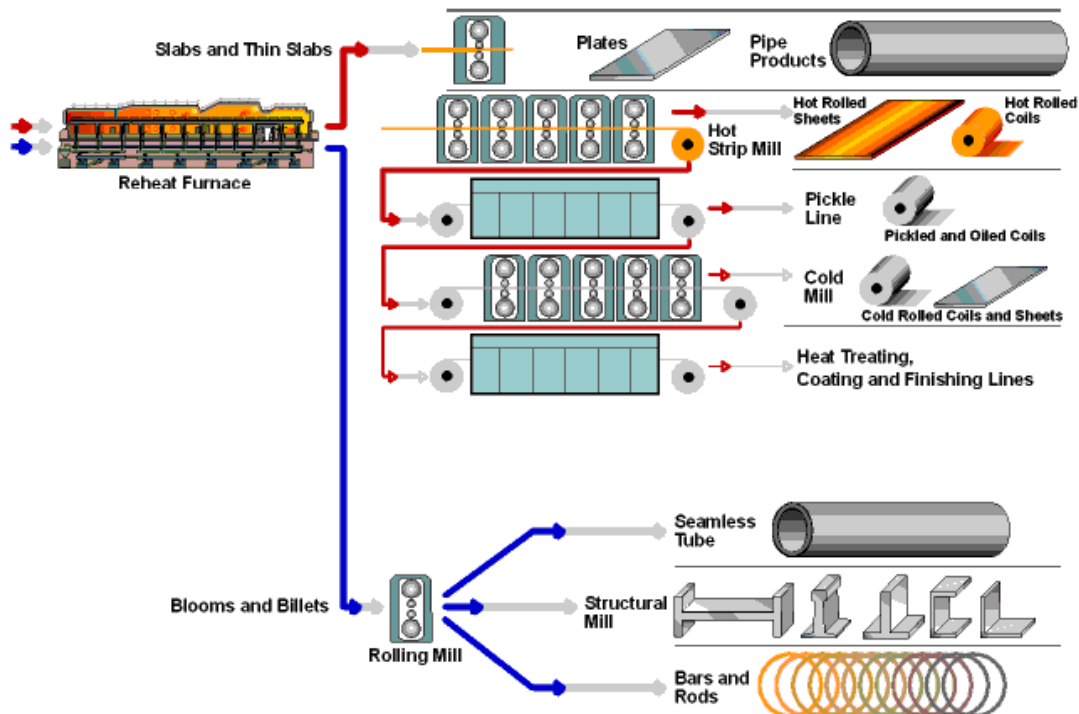
ตารางที่ 1-5 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเหล็กขั้นกลาง และวิธีการคำนวณ

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	<ul style="list-style-type: none"> การรับ/ส่งวัตถุดิบและสินค้าโดยรถบรรทุก 	Lt. , km.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานโดยเครน, โฟคลิฟท์ 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การหลอมเหล็ก โดยเตาหลอม 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
		-	ใช้วิธีการตุลมวลสารหรือตุลสมการเคมี
	<ul style="list-style-type: none"> การหล่อเหล็ก โดยเครื่องหล่อ 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การตัดเหล็ก โดยเครื่องตัดเหล็ก 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> การใช้ไฟฟ้าในโรงงาน เช่น เตาหลอม เครื่องมือ/อุปกรณ์ ระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น การใช้ไฟฟ้าในสำนักงานและบริเวณรอบโรงงาน 	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x ค่าפקเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.3 การผลิตเหล็กขั้นปลาย (Finish Steel Process)

การผลิตเหล็กขั้นปลาย เป็นการนำเหล็กกล้า ได้แก่ เหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom, Beam) และเหล็กแท่งแบน (Slab) (หรือเรียกว่า Semi-finished products) มาผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การรีดร้อน การรีดเย็น การชุบเคลือบผิว การผลิตท่อเหล็ก การตีขึ้นรูป และการหล่อเหล็ก เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตในขั้นนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ (1) เหล็กทรงยาว (Long Product) ได้แก่ เหล็กเส้น เหล็กหลอด เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน และ (2) เหล็กทรงแบน (Flat Product) ได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น เป็นต้น ที่จะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบของการผลิตอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น โดยกระบวนการผลิตเหล็กขั้นปลาย ดังภาพที่ 1-7



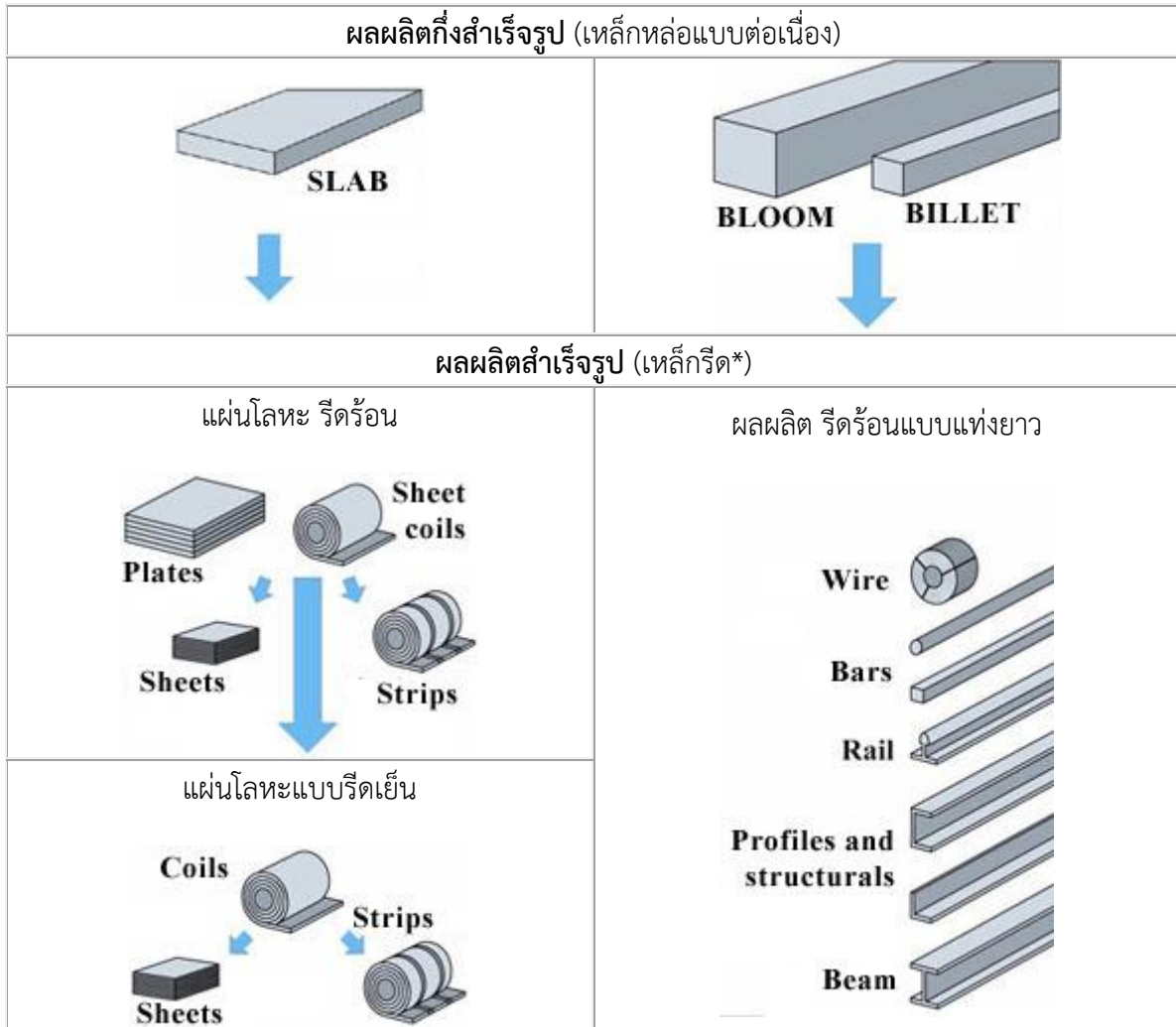
ภาพที่ 1-7 กระบวนการผลิตเหล็กขั้นปลาย
ที่มา: American Iron and Steel Institute

ขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น

- การแปรรูป โดยการนำเหล็กกล้า ได้แก่ เหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom, Beam) หรือเหล็กแท่งแบน (Slab) เข้าสู่กระบวนการแปรรูป แบ่งได้เป็น 2 วิธีการ คือ การแปรรูปร้อน (Hot Working) และการแปรรูปเย็น (Cold Working) รายละเอียดดังตารางที่ 1-6 และตัวอย่างผลผลิตที่ได้จากการแปรรูปเหล็กกล้า ดังภาพที่ 1-8

ตารางที่ 1- 6 วิธีการแปรรูปสำหรับเหล็กชั้นปลายน้ำ

การแปรรูปร้อน	การแปรรูปเย็น
1. การตีขึ้นรูป (Forging)	1. การดัดงอ (Bending)
2. การรีดร้อน (Hot Rolling)	2. การรีดเย็น (Cold Rolling)
3. การดึงและกดขึ้นรูป (Drawing & Cupping)	3. การอัดรีด (Extruding)
4. การเชื่อมต่อท่อ (Pipe Welding)	4. การบีดงอ (Squeezing)
5. การแทงขึ้นรูป (Piercing)	5. การรีดขึ้นรูป (Shear Spinning)
6. การเคลื่อนไหลขึ้นรูป (Extruding)	6. การตัดยืด (Stretching)
7. การหมุนขึ้นรูป (Spinning)	7. การงอตรง (Straight Bending)
	8. การตีขึ้นรูป (Shot Peening)
	9. การขึ้นรูปพิมพ์ลึก (Deep Drawing)
	10. การกระแทกขึ้นรูป (Forging)
	11. การแทงขึ้นรูป (Hobbing)



ภาพที่ 1-8 ผลผลิตจากการแปรรูปเหล็กกล้า

- การเคลือบผิว (Coating) เพื่อความสวยงามและป้องกันการเกิดสนิม
- การอบชุบความร้อน (Heat Treatment) หรือการใช้กรรมวิธีทางความร้อน โดยเป็นการใช้ความร้อนกระทำต่อเหล็กเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติของเหล็กและโครงสร้างภายในของเหล็ก ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การอบอ่อน (Annealing) การอบปกติ (Normalizing) การชุบแข็ง (Hardening) การอบคืนตัว (Martempering) และการชุบผิวแข็ง (Surface Hardening)

ตารางที่ 1-7 การซึบและประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นปลาย

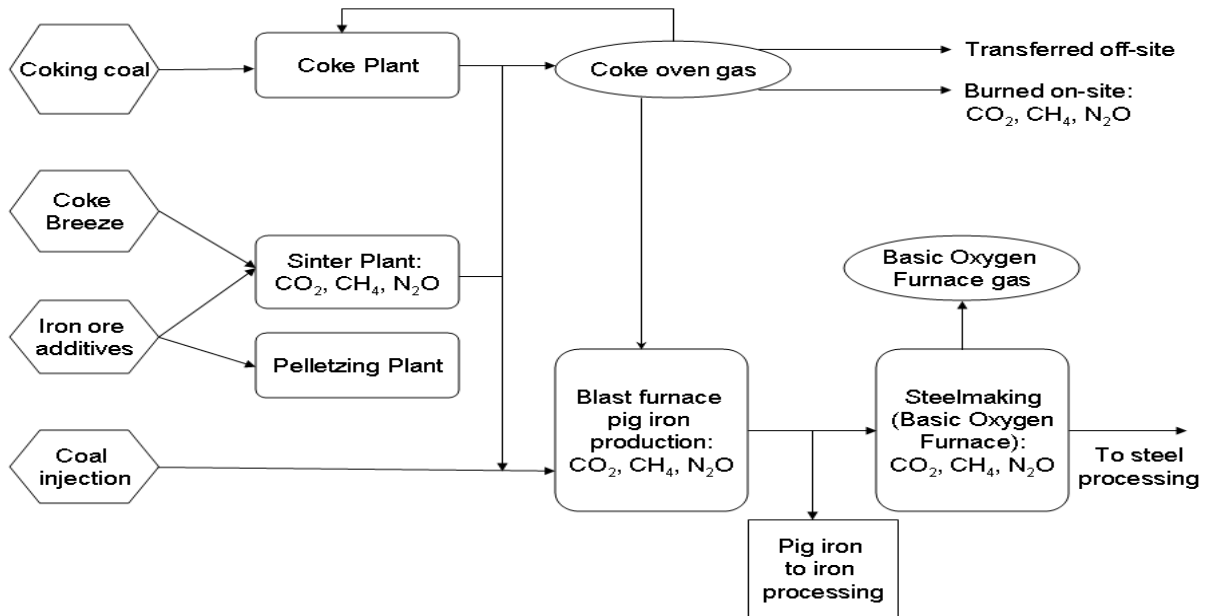
วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> เหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom, Beam) เหล็กแท่งแบน (Slab) น้ำหล่อเย็น ก๊าซอะเซทีลีน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 	<ul style="list-style-type: none"> การแปรรูป การเคลือบผิว การอบชุบความร้อน 	<ul style="list-style-type: none"> น้ำมันเตา ไฟฟ้า 	<p>1</p> <p>2</p>	<ul style="list-style-type: none"> เหล็กเส้น เหล็กถวด เหล็กโครงสร้างรูปพรรณหน้าตัดรูปต่างๆ เหล็กแผ่นรีดร้อน-รีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบโลหะชนิดต่างๆ เศษเหล็ก น้ำเสีย

จากกิจกรรม และแหล่งการปล่อยคาร์บอน (เชื้อเพลิง/พลังงานที่ใช้) ที่เกิดขึ้น ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งต้องนำไปคำนวณตามวิธีการที่แสดงในตารางที่ 1-8

ตารางที่ 1-8 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเหล็กขั้นปลาย และวิธีการคำนวณ

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	• การรับ/ส่งวัตถุดิบและสินค้าโดยรถบรรทุก	Lt. , km.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การแปรรูป	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การเคลือบผิว	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การอบชุบความร้อน	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
Scope 2	• การใช้ไฟฟ้าในโรงงาน เช่น เครื่องมือ/อุปกรณ์ ระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	• การใช้ไฟฟ้าในสำนักงานและบริเวณรอบโรงงาน		

ในภาพรวม อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า มีกระบวนการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้นและเหล็กชั้นกลาง โดยในแต่ละกระบวนการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่ต่างกันไป ซึ่งจากภาพที่ 1-9 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้นหรือการถลุงเหล็ก และการผลิตเหล็กชั้นกลาง หรือการผลิตเหล็กกล้า ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก 3 ประเภท ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)



ภาพที่ 1-9 สรุปแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้นและเหล็กชั้นกลาง

ที่มา: Calculating Greenhouse Gas Emissions from Iron and Steel Production, A component tool of the Greenhouse Gas Protocol Initiative, January 2008 โดย The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)

อุตสาหกรรมปิโตรเคมี (PETROCHEMICAL INDUSTRY)

1. บทนำ

วัตถุดิบตั้งต้นสำคัญของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (Feedstocks for Petrochemical Industry) ล้วนได้มาจากผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเลียมซึ่งได้แก่ น้ำมันดิบ โดยน้ำมันดิบจะถูกนำไปผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อย่อยสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยองค์ประกอบหลักของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วย ไฮโดรเจนร้อยละ 11 – 15 คาร์บอนร้อยละ 83 – 87 และสารปนเปื้อนอื่นๆ ได้แก่ ออกซิเจนร้อยละ 5 กำมะถันร้อยละ 6 ไนโตรเจนร้อยละ 0.5 และโลหะหนักร้อยละ 0.1 ซึ่งร้อยละขององค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้ แตกต่างกันไปตามแหล่งน้ำมันดิบที่พบ จากนั้น ส่วนประกอบของปิโตรเลียมทั้งหมดจะถูกกลั่นออกเป็นกลุ่ม (Groups) หรือออกเป็นส่วน (Fractions) ต่างๆ โดยกระบวนการกลั่น (Distillation) ที่ยุ่งยากและซับซ้อน น้ำมันดิบจะถูกแยกออกเป็นส่วนต่างๆ และกำจัดสิ่งเจือปน (Impurities) ชนิดต่างๆ ออก เช่น กำมะถัน

กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ: น้ำมันดิบต้องถูกนำมาผ่านกระบวนการกลั่น เพื่อให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ทั้งนี้ กระบวนการกลั่นในโรงกลั่นประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญได้แก่

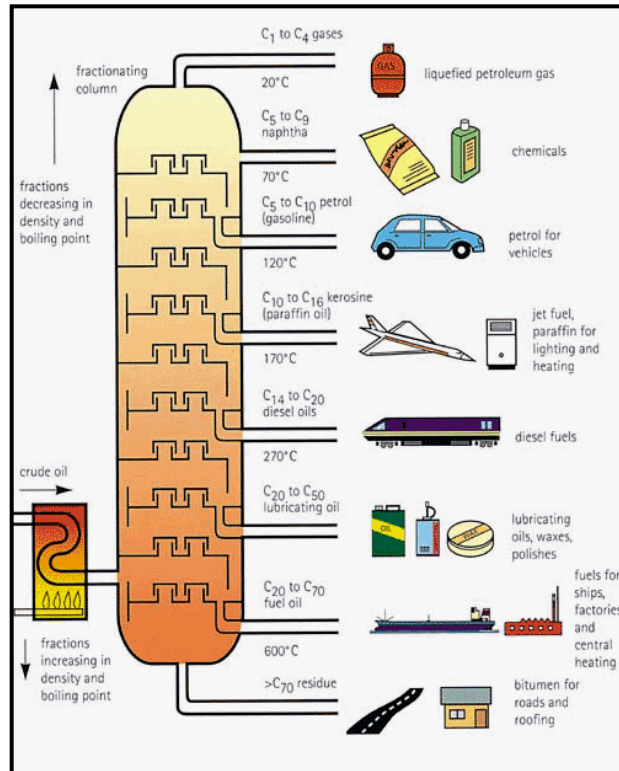
- **หน่วยกลั่นแยก:** เป็นการกลั่นแยกส่วนน้ำมันชนิดต่างๆ ออกจากกันโดยใช้หลักการของอุณหภูมิจุดเดือด (Boiling point)
- **หน่วยปฏิริยาเคมี:** ภายในหน่วยนี้จะเป็นขั้นตอนของการเกิดปฏิริยาเคมีและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุล
- **หน่วยปรับปรุงคุณภาพ:** เป็นการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นให้เป็นไปตามมาตรฐานและการนำไปใช้ประโยชน์ รวมถึงเป็นการนำเอาสารปนเปื้อนออกไป

ตัวอย่างวิธีการกลั่น อาทิ

1. **การกลั่นแบบลำดับส่วน (Fraction Distillation):** เป็นการกลั่นน้ำมันแบบพื้นฐาน ซึ่งสามารถแยกน้ำมันดิบออกเป็นส่วน (Fractions) ต่างๆ โดยใช้หลักการของจุดเดือด (Boiling point) และจุดควบแน่น (Condensation point) ที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 2-1

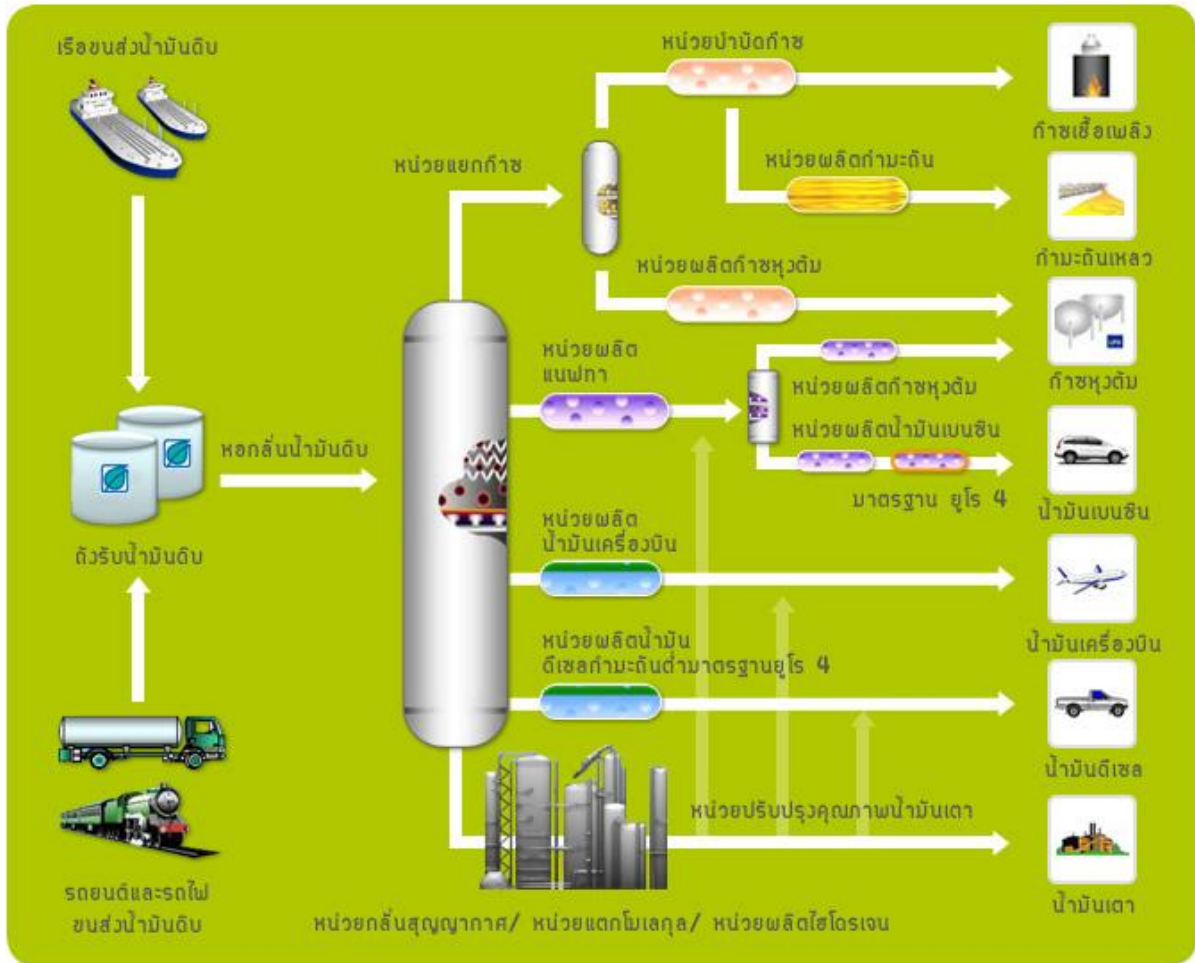
หอกกลั่นลำดับส่วน (Fractionating tower) รูปร่างเป็นทรงกระบอก สูงประมาณ 30 เมตร ภายในแบ่งเป็นห้องๆ ไอน้ำมันดิบร้อนถูกส่งเข้าไป และเคลื่อนตัวขึ้นไปสู่ส่วนบนสุดของหอกกลั่น ขณะที่เคลื่อนตัวไอน้ำมันจะเย็นตัวลงและควบแน่นไปเรื่อยๆ และกลั่นตัวได้เป็นของเหลว รายละเอียดดังนี้

- 1.1 น้ำมันส่วนที่เบากว่า (Lighter fractions) เช่น น้ำมันเบนซิน และพาราฟิน ซึ่งมีค่าอุณหภูมิของการควบแน่นต่ำ จะกลายเป็นของเหลวที่ห้องชั้นบนสุด
- 1.2 น้ำมันส่วนกลาง (Medium fractions) เช่น ดีเซล น้ำมันแก๊ส (Gas oils) และน้ำมันเตา(Fuel oils) บางส่วนจะควบแน่นและกลั่นตัวที่ระดับต่างๆ ของตอนกลางของหอกลั่น
- 1.3 น้ำมันหนัก (Heavy fractions) เช่น น้ำมันเตา และสารตกค้างพวกแอสฟัลต์ จะกลั่นตัวที่ส่วนล่างสุดของหอกลั่น ซึ่งมีอุณหภูมิสูงและจะถูกระบายออกไปจากส่วนฐานของหอกลั่น



ภาพที่ 2-1 การกลั่นลำดับส่วน (Fraction Distillation)

2. การกลั่นด้วยเทคโนโลยีไฮโดรแครกกิ่ง (Hydro Cracking): เพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณการกลั่นและบริหารจัดการค่าการกลั่น (ที่มา: <http://www.bangchak.co.th>, 17-04-2556) ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 การกลั่นด้วยเทคโนโลยีไฮโดรแครกกิ่ง (Hydro Cracking)

สำหรับประเทศไทย ในปัจจุบันมีโรงกลั่นน้ำมันทั้งหมดจำนวน 7 แห่ง ประกอบด้วย

- (1) บริษัท ปตท. อะโรมาติกส์และการกลั่น จำกัด (มหาชน) กำลังการผลิต 280,000 บาร์เรลต่อวัน
- (2) บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) กำลังการผลิต 275,000 บาร์เรลต่อวัน
- (3) บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) กำลังการผลิต 215,000 บาร์เรลต่อวัน
- (4) บริษัท เอ็กซอนโมบิล จำกัด (มหาชน) กำลังการผลิต 170,000 บาร์เรลต่อวัน
- (5) บริษัท สตาร์ ปิโตรเลียม รีไฟน์นิ่ง จำกัด กำลังการผลิต 150,000 บาร์เรลต่อวัน
- (6) บริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) กำลังการผลิต 120,000 บาร์เรลต่อวัน
- (7) บริษัท ระยองเพียวริฟายเออร์ จำกัด (มหาชน) กำลังการผลิต 17,000 บาร์เรลต่อวัน

รวมกำลังการผลิตทั้งหมด 1.227 ล้านบาร์เรลต่อวัน

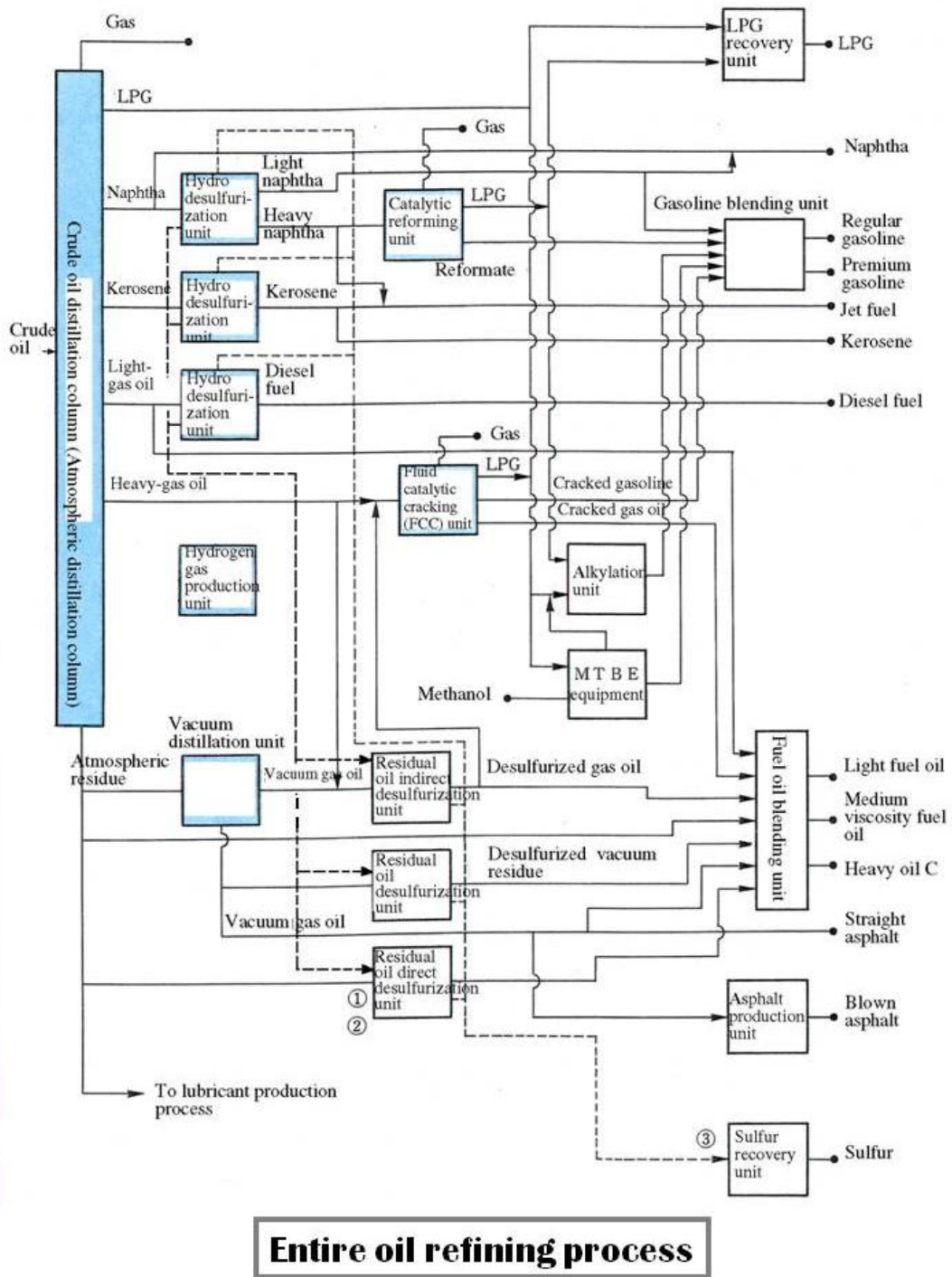
(ที่มา: เอกสาร “โรงกลั่นหรรษา (Fun Oil Refinery)” บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน))

และการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมสามารถแบ่งได้ตามการใช้ประโยชน์หลักๆ ได้ดังต่อไปนี้

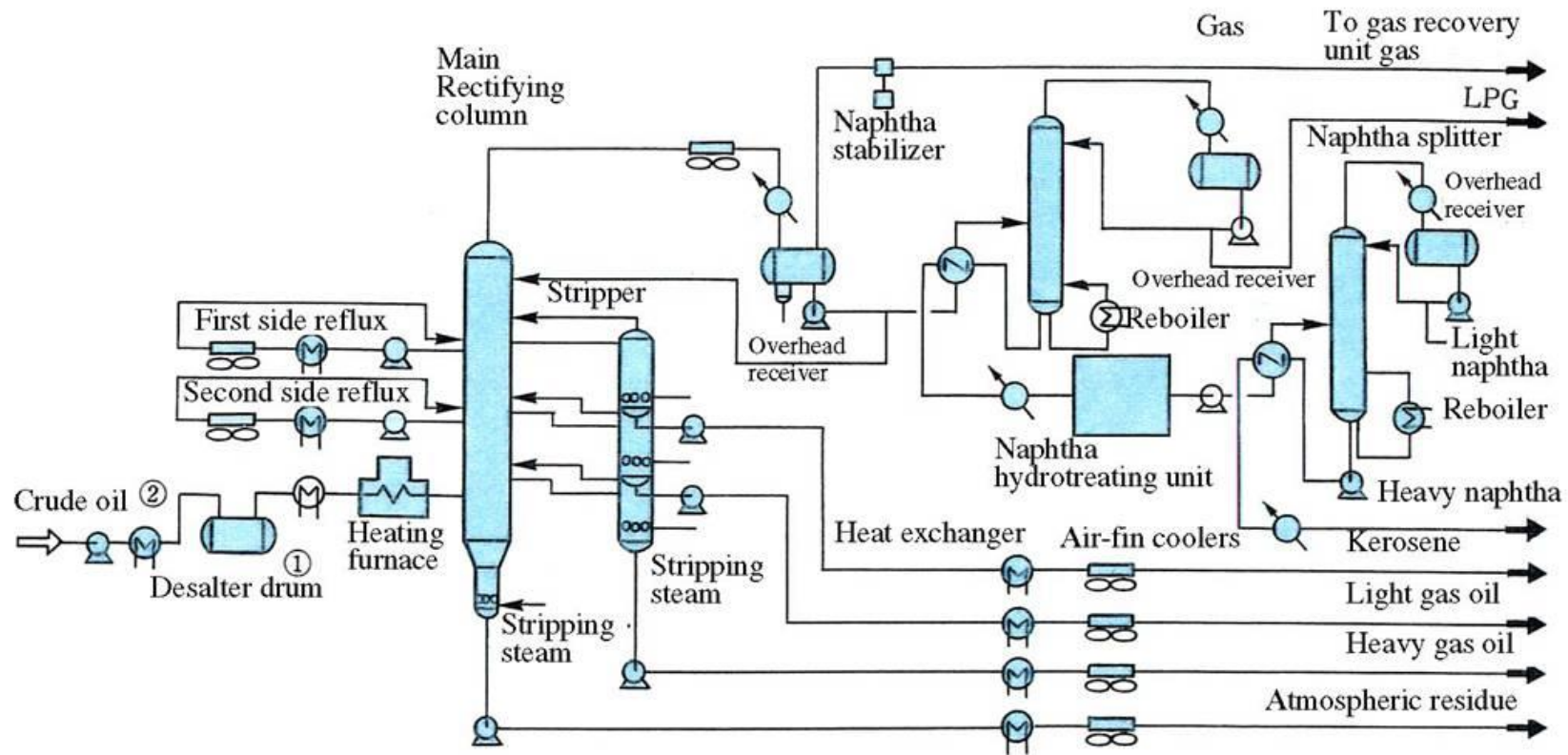
- การใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการขับเคลื่อนยานยนต์ เช่น ก๊าซธรรมชาติเหลว (Natural Gas Liquids: NGL) น้ำมันเบนซิน (Gasoline) น้ำมันดีเซล (Diesel) น้ำมันเครื่องบิน (Aviation Turbine Fuels หรือ Jet Fuels) เป็นต้น
- การใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้แหล่งความร้อน รวมถึงการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เช่น ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) น้ำมันเตา (Fuel oil) เป็นต้น
- การใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้น (Feedstocks) สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สรุปการใช้ประโยชน์วัตถุดิบตั้งต้นสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเลียม (ที่มา: www.eppo.go.th)

วัตถุดิบตั้งต้น	การใช้ประโยชน์
ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG)	ใช้สำหรับการหุงต้มภายในครัวเรือน และใช้กับรถยนต์ รวมทั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ในโรงงาน
น้ำมันเบนซิน (Gasoline)	รถยนต์ รถจักรยานยนต์ (ส่วนใหญ่)
น้ำมันดีเซล (Diesel)	รถเมล์ รถไฟ รถบรรทุก รถกระบะ (ส่วนใหญ่)
น้ำมันเตา (Fuel oil)	ใช้สำหรับเตาเผาหรือต้มน้ำในหม้อไอน้ำ หรือเอามาปั่นไฟหรือใช้กับเรือ
ยางมะตอย (Asphalt)	ใช้ทำถนน หรือใช้เคลือบท่อเคลือบโลหะเพื่อป้องกันสนิม



ภาพที่ 2-3 Entire oil refining process



Crude oil atmospheric distillation process

ภาพที่ 2-4 Crude oil atmospheric distillation process

และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมต่างๆ เหล่านี้จะถูกส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นลำดับถัดไป

ทั้งนี้ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่มีความหลากหลายของกิจกรรม/กระบวนการผลิต ทั้งในเชิงของประเภทผลิตภัณฑ์และรูปแบบการใช้ประโยชน์ รวมถึงการขนส่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากอุตสาหกรรมลำดับก่อนหน้าไปยังอุตสาหกรรมที่อยู่ในลำดับถัดไป จากการรวบรวมข้อมูล พบว่า ปัจจุบันประเทศไทยมีจำนวนโรงงานและการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2-2 จำนวนโรงงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย

ตารางที่ 2-2 จำนวนโรงงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์	จำนวนโรงงาน ทั้งประเทศ (โรง)	ผลิตภัณฑ์	จำนวนโรงงาน ทั้งประเทศ (โรง)	ผลิตภัณฑ์	จำนวนโรงงาน ทั้งประเทศ (โรง)
Methane	ไม่มีข้อมูล	EG	1	HDPE	4
Ethylene	5	EO	1	LDPE/EVA	3
Propylene	7	VCM	2	LLDPE	4
Mixed C4	3	PO	1	PVC	3
Toluene	5	Epichlorohrdrin	2	PP	3
Benzene	5	ACN	1	UPR	6
Xylene	5	MMA	2	Epoxy Resin	1
		Styrene	2	Acrylic Fibre	1
		Cumene	2	BR	2
		Cyclohexane	1	SBR	1
		PTA	3	PMMA	1
		PA	1	SBL	1
		Acetone	1	ABS/SAN	2
		BPA	2	Aliphatic hydrocarbon Resin	1
		Phenol	1	PS/EPS	4
		Caprolactum	1	Polycarbonate	2
				Phenolic Resin	1
				Nylon	8
				Polyester	10
				Plasticizer	5
				Alkyd Resin	6

ที่มา: 2011 Thailand Petrochemical Complex Flow สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (February 2012)

2. ภาพรวมของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เมื่อพิจารณาจากระบวนการผลิตและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สามารถจำแนกอุตสาหกรรมปิโตรเคมีออกเป็น 3 ลำดับชั้น ดังรายละเอียดดังนี้

2.1 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (Upstream Petrochemical Industry) อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นอุตสาหกรรมการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีลำดับแรกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในขั้นกลางและขั้นปลายต่อไป

ทั้งนี้ ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นประกอบด้วยผลิตภัณฑ์หลัก 7 ผลิตภัณฑ์ (The seven sisters) ซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 กลุ่มตามโครงสร้างพื้นฐานของโมเลกุล ได้แก่

2.1.1 กลุ่มอัลเคน (Alkane Group): มีเทน (Methane)

2.1.2 กลุ่มโอเลฟินส์ (Olefins Group): เอทิลีน (Ethylene) โพรพิลีน (Propylene) และสารประกอบคาร์บอน 4 ตัว (Mixed C4)

2.1.3 กลุ่มอะโรมาติกส์ (Aromatics Group): เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) และไซลีน (Xylene)

2.2 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง (Intermediate Petrochemical Industry): อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตเพื่อป้อนให้กับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ได้ตามสายการผลิตของปิโตรเคมีขั้นต้น ดังต่อไปนี้

2.2.1 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากกลุ่มอัลเคน (Alkane Intermediates) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากมีเทนขั้นต้น เช่น เมทานอล (Methanol) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) แอมโมเนีย (Ammonia) ฟอสจีน (Phosgene) เป็นต้น

2.2.2 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากกลุ่มโอเลฟินส์ (Olefins Intermediates) ได้แก่

2.2.2.1 ผลิตภัณฑ์จากเอทิลีน เช่น เอทิลีนไดคลอไรด์ (Ethylene Dichloride: EDC) ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ (Vinyl Chloride Monomer: VCM) เอทิลีนออกไซด์ (Ethylene Oxide: EO) และเอทิลีนไกลคอล (Ethylene Glycol: EG)

2.2.2.2 ผลิตภัณฑ์จากโพรพิลีน เช่น ออกโซแอลกอฮอล์ (Oxo Alcohol) และอะครีโลไนทริล (Acrylonitrile)

2.2.3 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากกลุ่มอะโรมาติกส์ (Aromatics Intermediates) ได้แก่

2.2.3.1 ผลิตภัณฑ์จากเบนซีน เช่น เอทิลเบนซีน (Ethyl Benzene: EB) สไตรีนมอนอเมอร์ (Styrene Monomer: SM) ไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane) คาโพรแลกแทม (Caprolactam) เป็นต้น

2.2.3.2 ผลิตภัณฑ์จากพาราไซลีน

2.3 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย (Downstream Petrochemical Industry) อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นหรือขั้นกลางเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่อยู่ในลำดับถัดไป

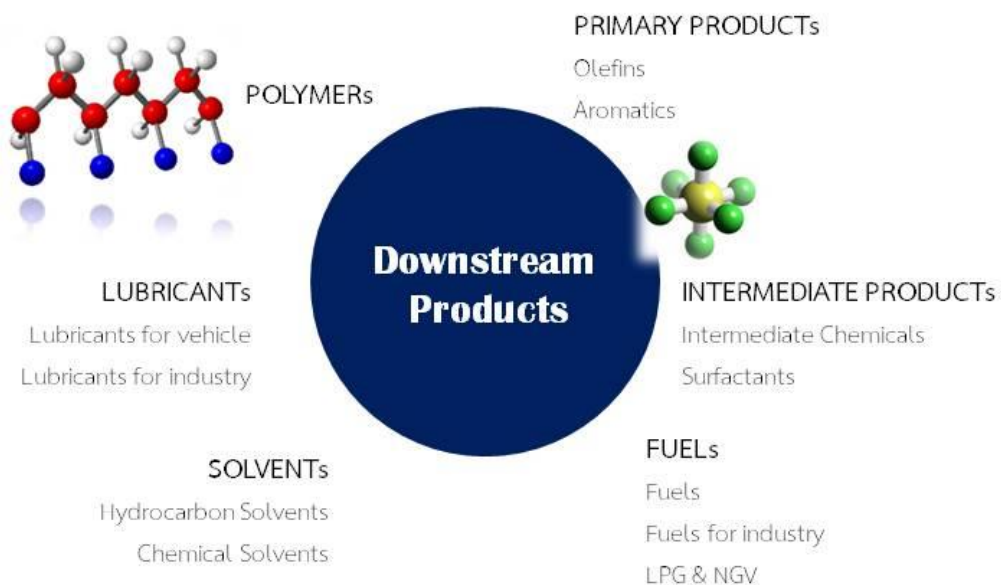
ทั้งนี้ กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายสามารถจำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 2-5 และมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 กลุ่มผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plastic) ประกอบด้วย: พลาสติกประเภททั่วไป (Commodity Plastic) พลาสติกเชิงวิศวกรรม (Engineering Plastic) และพลาสติกคุณสมบัติพิเศษ (High Performance Plastic)

2.3.2 กลุ่มผลิตภัณฑ์เส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic Fibre)

2.3.3 กลุ่มผลิตภัณฑ์ยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber and Elastomer)

2.3.4 กลุ่มผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวและผลิตภัณฑ์กาว (Synthetic Coating and Adhesive Material)



ภาพที่ 2-5 ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย (Downstream Products) (ดัดแปลงจาก https://pttweb4.pttplc.com/Displaycatalog_Prd)

3. รูปแบบการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย อุตสาหกรรมปิโตรเคมีถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการใช้พลังงานสูง โดยมีการใช้พลังงานที่อยู่ในรูปแบบเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuels) เช่น ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น หรือรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม (Petroleum Refinery Products) เช่น แนฟทา (Naphtha) เป็นต้น และปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ เหล่านี้ มีผลกระทบและแสดงถึงสัดส่วนโดยตรงต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ประกอบกับแต่ละโรงงานพยายามที่จะปรับฐานกำลังการผลิตให้สูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา และการที่แต่ละโรงงานมีกำลังการผลิตที่สูงขึ้นย่อมมีการบริโภคพลังงานทั้งพลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ และเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากขึ้น เช่น กัน (ที่มา : 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006 IPCC Guidelines และรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน)

สัดส่วนการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย พบว่า พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ประกอบด้วย: พลังงานไฟฟ้า พลังงานไอน้ำ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว น้ำมันดีเซล แนฟทา (น้ำมันเบนซิน) น้ำมันเตา และอื่นๆ ดังตารางที่ 2-3

โดยสัดส่วนการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (ข้อมูลปี พ.ศ. 2549) แสดงดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 สัดส่วนการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ชนิดของพลังงาน	สัดส่วนการใช้พลังงาน (ร้อยละ)
ก๊าซธรรมชาติ	42
พลังงานไอน้ำ	38
พลังงานไฟฟ้า	6
น้ำมันเตา	1.7
น้ำมันดีเซล	0.6
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	0.6
อื่นๆ (เช่น Process Off-Gas, Fuel Gas ฯลฯ)	11.1
รวม	100

ทั้งนี้ ปริมาณการใช้พลังงานที่สำคัญอันดับแรกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี คือ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักในกระบวนการผลิตในเตาเผา (Direct Heat) และรองลงมา คือ พลังงานไอน้ำ ใช้ในการให้ความร้อนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี และชนิดของพลังงานอื่นๆ นั้น มีปริมาณการใช้ที่ไม่สูงนัก ซึ่งปริมาณการใช้พลังงานดังกล่าวประเมินจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเป็นหลัก

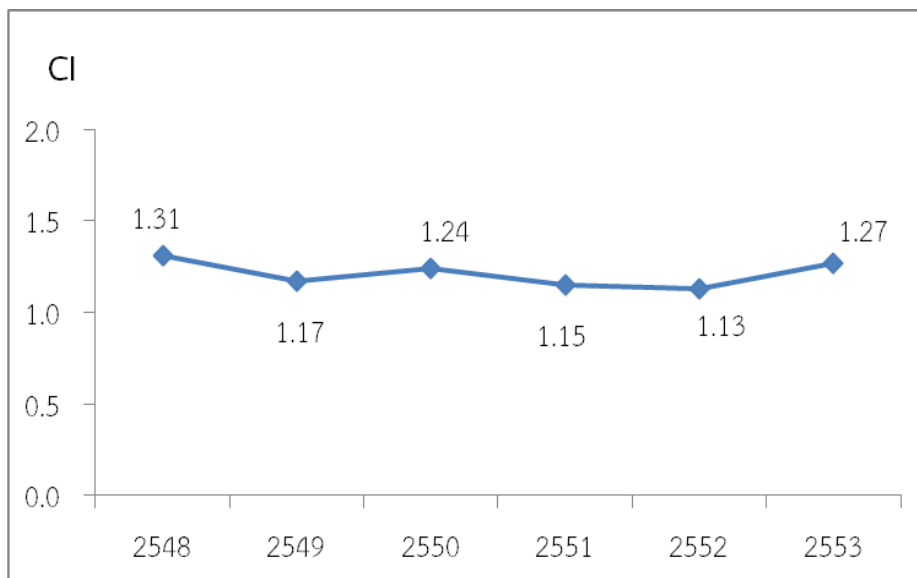
และข้อมูลจากรายงานการศึกษาเรื่องระบบ MRV ภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ความท้าทายการดำเนินงานในอนาคต โดยคณะผู้วิจัยจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยร่วมกับนักวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2555) และผลการศึกษาโครงการวิจัยการประเมินก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ภายใต้การสนับสนุนของ สกว. (2553) พบว่า ตัวอย่างการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต Olefins (ดังแสดงในภาพที่ 2-6) โดยอ้างอิงการคำนวณจากสมการการหาค่าดัชนีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ Carbon Intensity (CI) คือ

$$\text{Carbon Intensity (CI)} = \text{CO}_2 \text{ Eq.} / \text{Product Output}$$

เมื่อ: Carbon Intensity (CI) คือ ค่าความเข้มข้นคาร์บอน (ton CO₂ Eq./ ton Product)

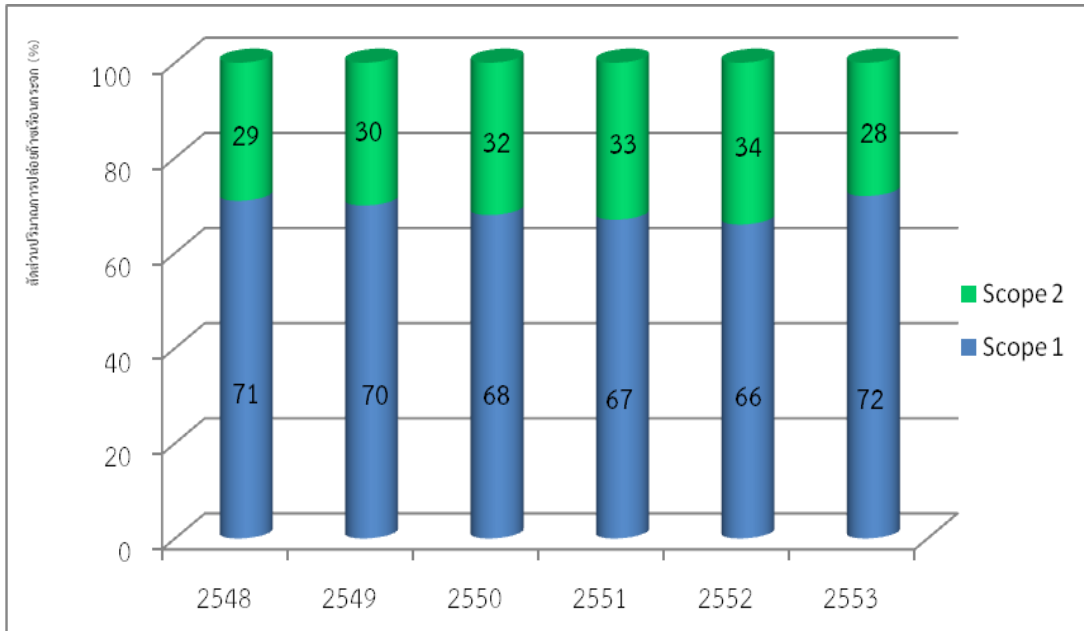
CO₂ Eq. คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ Eq.)

Product Output คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ (ton Product)



ภาพที่ 2-6 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการผลิต Olefins

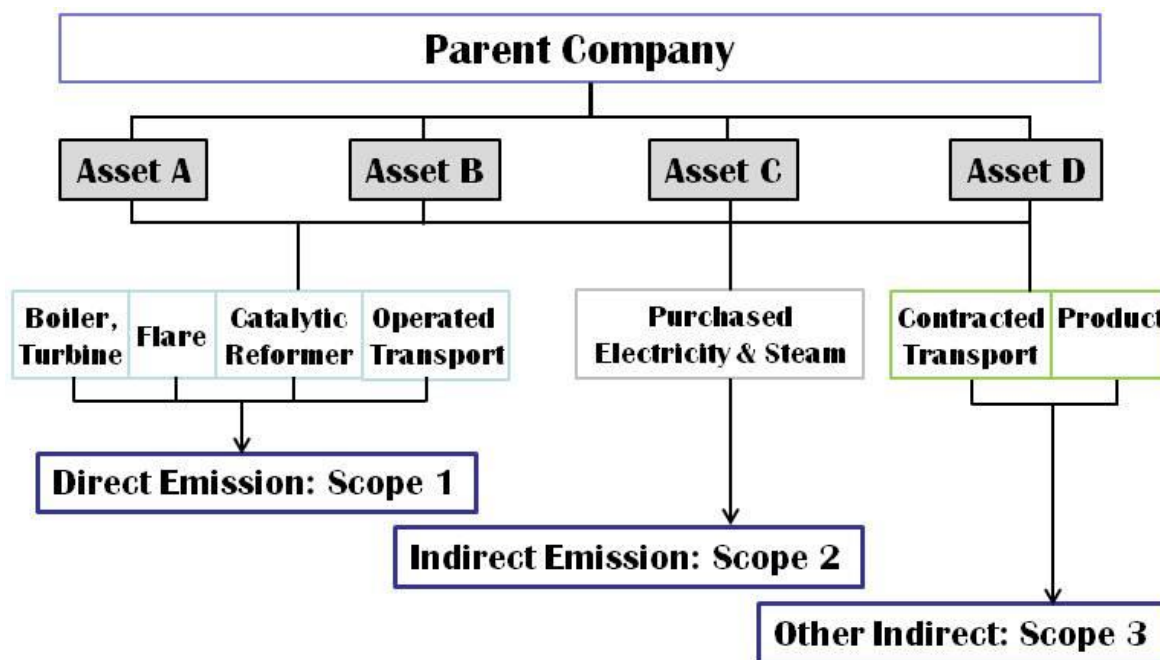
และจากการศึกษาสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขต (Scope) ของแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของกระบวนการผลิต Olefins ดังแสดงในภาพที่ 2-7 พบว่า ขอบเขตสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากกระบวนการผลิตหลัก (Scope 1) โดยคิดเป็นสัดส่วนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 69 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด



ภาพที่ 2-7 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (%) จำแนกตามขอบเขต (Scope) ของแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของกระบวนการผลิต Olefins

4. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

4.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กรสำหรับการรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Setting the boundaries for GHG emissions reporting) ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อธิบายได้ดังภาพที่ 2-8 ความสัมพันธ์ระหว่างขอบเขตและกระบวนการควบคุมขององค์กร (The relationship between organizational and operational boundaries)



ภาพที่ 2-8 ความสัมพันธ์ระหว่างขอบเขตและกระบวนการควบคุมขององค์กร
(The relationship between organizational and operational boundaries)

ทั้งนี้ การรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งที่สำคัญ (Potential greenhouse gas emission sources) สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ

- Combustion emission sources: Stationary combustion sources และ Mobile combustion sources
- Vented emission sources
- Fugitive emission sources

และรายละเอียดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งที่สำคัญของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี แสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 การรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งที่สำคัญ (Potential greenhouse gas emission sources) ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

Scope	ขั้นตอน/กิจกรรม	รายละเอียด	ก๊าซเรือนกระจก		
			CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Scope 1	Combustion sources: Stationary devices	Boiler/steam generators	X	X	X
		Heaters	X	X	X
		Fire pumps	X	X	X
		Internal combustion (IC) engine generators	X	X	X
		Pumps	X	X	X
		Reciprocating compressor drivers	X	X	X
		Turbine electric generator	X	X	X
		Turbine/centrifugal compressor drivers	X	X	X
		Flares	X	X	X
		Catalyst and thermal oxidizers	X		
		Incinerators	X	X	X
	Coke calcining kilns	X	X	X	
	Combustion sources: Mobile sources	Company vehicles	X	X	X
Marine/railroad/road tankers		X	X	X	

ตารางที่ 2-4 การรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งที่สำคัญ (Potential greenhouse gas emission sources) ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (ต่อ)

Scope	ขั้นตอน/กิจกรรม	รายละเอียด	ก๊าซเรือนกระจก		
			CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Scope 1	Vented sources – Process vents	Catalyst regeneration	X		
		Steam methane reforming (hydrogen plants)	X		
		Chemical production	X	X	X
	Vented sources – Other venting	Service station storage tanks			X
		Loading racks			X
		Pneumatic devices			
	Vented sources – Maintenance/Turnarounds	Compressor starts			
		Equipment/process blowdowns			
		Heater/boiler tube decoking			
	Vented sources – Non-routine activities	Emergency shut down (ESD)			
		Pressure relief valves (PRVs)			
		Fire suppression			

ตารางที่ 2-4 การรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งที่สำคัญ (Potential greenhouse gas emission sources) ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (ต่อ)












Scope	ขั้นตอน/กิจกรรม	รายละเอียด	ก๊าซเรือนกระจก		
			CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Scope 1	Fugitive sources	Fuel gas system leaks			X
		Other process equipment leaks			
		Sludge/solids handling			
		Wastewater collection and treating	X		X
		Air conditioning/refrigeration			
Scope 2	Indirect sources	Electricity import/usage	X	X	X
		Process heat/steam imports	X	X	X

สำหรับข้อมูลสำคัญและการวัดค่า Parameter ต่างๆ ที่องค์กรจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเป็นประจำทุกเดือน สรุปได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้











ตัวอย่าง Checklist ของการเก็บข้อมูลและการวัดค่า Parameter ต่างๆ สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

Petrochemical Production Monitoring Checklist Reporting of Greenhouse Gases

FEEDSTOCK:

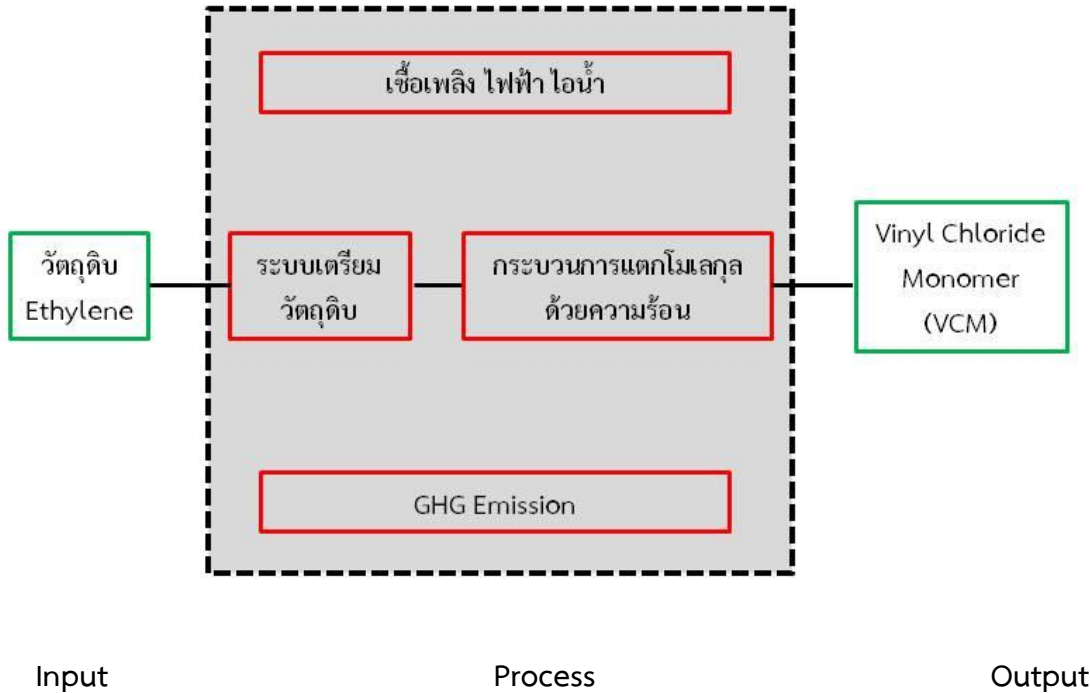
-  Volume of each gaseous feedstock (standard cubic feet [scf])
-  Either of the following:
 -  Carbon content of each gaseous feedstock (kilograms [kg] carbon [C] per kg of feedstock) and molecular weight of each gaseous feedstock (kg/kg-mole), or
 -  Concentrations of each carbon-containing compound in each gaseous feedstock (kg-mole of feedstock)
-  Volume or mass of each liquid feedstock (gallons or kg)
-  Either of the following:
 -  Carbon content of each liquid feedstock (kg C per gallon or kg of feedstock), or
 -  Concentrations of each carbon-containing compound in each liquid feedstock (kg-mole/gallon)
-  Mass of each solid feedstocks (kg)
-  Carbon content of each solid feedstocks (kg C per kg of feedstock)
-  Annual quantity of each type of petrochemical produced from each process unit (metric tonnes)

PRODUCT:

-  Volume of each gaseous product (scf)
-  Either of the following:
 -  Carbon content of each gaseous product, including streams containing CO₂ recovered for sale or use in another process (kg C per kg of product) and molecular weight of gaseous product (kg/kg-mole), or
 -  Concentrations of each carbon-containing compound in each gaseous product (kg-mole of component per kg-mole of product)
-  Volume or mass of each liquid product (gallons or kg)
-  Either of the following:
 -  Carbon content of each liquid product, including organic liquid wastes (kg C per gallon or kg of product), or
 -  Concentrations of each carbon-containing compound in each liquid product (kg-mole/gallon)
-  Mass of each solid product (kg)
-  Carbon content of each solid product (kg C per kg of product)

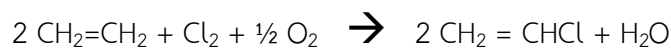
และเนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยมีจำนวนน้อยราย และแต่ละรายมีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ในคู่มือฯ ฉบับนี้ จึงขอยกตัวอย่างกระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer (VCM) ดังภาพที่ 2-9 เพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อวิธีการประเมินการปล่อยคาร์บอนและสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินสำหรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้ต่อไป

ตัวอย่าง การประเมินคาร์บอนของกระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer (VCM)



ภาพที่ 2-9 ขอบเขตของระบบการผลิต Vinyl Chloride Monomer (VCM)

สมการการเกิดปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer: วัตถุดิบตั้งต้นหลัก คือ Ethylene และ Chlorine ร่วมด้วย Oxygen ได้เป็น 1,2-Dichloroethane โดยปฏิกิริยาเกิดที่อุณหภูมิสูง จากนั้น 1,2-Dichloroethane ซึ่งเป็นสารที่ไม่เสถียรจะเกิดปฏิกิริยาแตกตัว (Decompose) กลายเป็น Vinyl chloride ดังสมการ



ค่า Emission Factor สำหรับกระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer แสดงค่าดังตารางที่ 2-5 โดยจำแนกตามกระบวนการผลิตที่ใช้ (Default process):

(ที่ ม ๑ : IPCC 2006, Volume 3: Industrial Processes and Product Use, TABLE 3.11 PETROCHEMICAL PRODUCTION TIER 1 DEFAULT FEEDSTOCKS AND PROCESSES)

ตารางที่ 2-5 ค่า Emission Factor สำหรับกระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer จำแนกตามกระบวนการผลิตที่ใช้

Process Configuration	tonne CO ₂ / tone VCM produced
Direct Chlorination Process	
Noncombustion process vent	Negligible emission
Combustion emissions	0.286
Total CO₂ emission factor	0.286
Oxychlorination Process	
Noncombustion process vent	0.0166
Combustion emissions	0.286
Total CO₂ emission factor	0.302
Balanced process (Default Process)	
Noncombustion process vent	0.0083
Combustion emissions	0.286
Total CO₂ emission factor	0.294

และค่า Feedstock consumption factor สำหรับกระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer มีค่าเท่ากับ 0.47 tonne ethylene / tone VCM produced

(ที่ ม ๑ : IPCC 2006, Volume 3: Industrial Processes and Product Use, TABLE 3.11 PETROCHEMICAL PRODUCTION TIER 1 DEFAULT FEEDSTOCKS AND PROCESSES)

ตารางที่ 2-6 กระบวนการผลิต Vinyl Chloride Monomer (VCM)

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> Ethylene 	<ul style="list-style-type: none"> ปฏิกิริยาเกิดภายในเตาปฏิกรณ์ (Reactor): ระบบเตรียมวัตถุดิบ และกระบวนการแตกโมเลกุลด้วยความร้อน 	<ul style="list-style-type: none"> Process Energy: เชื้อเพลิง ไฟฟ้า และไอน้ำ หมายเหตุ: Natural gas or Fuel used for the flare pilot และ Flare sweep gas 	1, 2	VCM โดย GHGs = CO ₂ CH ₄ และ N ₂ O

4.2 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก: อ้างอิง 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories

Scope 1: การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) จากเชื้อเพลิง

Scope 2: การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) จากไฟฟ้าและไอน้ำ

สมการคำนวณ:

$$\text{GHG}_{\text{Emission}} (\text{CO}_2 \text{ eq.}) = (\text{Activity data}) \times (\text{EF}) \times (\text{GWP})$$

เมื่อ: GHG_{Emission} (CO₂ eq.)

คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ton CO₂ eq.)

Activity Data

คือ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ไฟฟ้า หรือไอน้ำของกระบวนการผลิต

EF (Emission Factor)

คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิง ไฟฟ้า หรือไอน้ำ

GWP

คือ ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (CO₂ = 1, CH₄ = 25, N₂O = 298)

4.3 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหอคเผา (Flare Emissions)

(ที่มา: Compendium of Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry, Section 4 - Combustion Emissions Estimation Methods, August 2009)

4.3.1 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (E_{CO_2}) จากหอคเผา

(1) กรณีทราบปริมาตรของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Volume of hydrocarbon) ที่ตำแหน่งปลายปล่องของหอคเผา (Flare outlet)

สมการคำนวณ:

$$E_{CO_2} = \left(HC \times CF_{HC} \times \frac{FE}{1-FE} \times \frac{44}{12} \right) \times M_{CO_2}$$

เมื่อ: E_{CO_2}	คือ CO_2 mass emission rate
HC	คือ flare hydrocarbon mass emission rate (from the flare)
CF_{HC}	คือ carbon weight fraction in hydrocarbon
FE	คือ flare destruction efficiency
44/12	คือ C to CO_2 conversion factor
M_{CO_2}	คือ mass of CO_2 in flare stream based on CO_2 composition of the stream

(2) กรณีไม่ทราบข้อมูลการปล่อย (Measured emissions data) ปริมาณการปล่อย CO_2 จากหอคเผาให้คำนวณโดยใช้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ 98% สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิง Flare gas carbon เปลี่ยนเป็น CO_2

สมการคำนวณ:

$$E_{CO_2} = \text{Volume flared} \times \text{Molar volume conversion} \times \text{MW } CO_2 \times \text{mass conversion} \times \left[\sum \left(\frac{\text{mol Hydrocarbon}}{\text{Mole gas}} \times \frac{A \text{ mole C}}{\text{mole Hydrocarbon}} \right) + \frac{B \text{ mole } CO_2}{\text{mole C combusted}} \right]$$

$\times \frac{0.98 \text{ mole } CO_2 \text{ formed}}{\text{mole C combusted}}$

เมื่อ: Molar volume	คือ	conversion from molar volume to mass (379.3 scf/lbmole or conversion 23.685 m ³ /kgmole)
MW CO ₂	คือ	CO ₂ molecular weight
Mass conversion	คือ	tonnes/2204.62 lb or tonne/1000 kg
A	คือ	the number of moles of carbon for the particular hydrocarbon
B	คือ	the moles of CO ₂ present in the flared gas stream

4.3.2 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (E_{CH₄}) จากหอเผา

สมการคำนวณ:

$$E_{CH_4} = V \times CH_4 \text{ Mole fraction} \times \% \text{ residual } CH_4 \times \frac{1}{\text{molar volume conversion}} \times MW_{CH_4}$$

เมื่อ: E _{CH₄}	คือ	emission of CH ₄ (lb)
V	คือ	volume flared (scf)
% residual CH ₄	คือ	noncombusted fraction of flare stream (default = 0.5% or 2%)
Molar volume	คือ	conversion from molar volume to mass, 379.3 scf/lbmole or conversion 23.685 m ³ /kgmole)
MW CH ₄	คือ	CH ₄ molecular weight

4.3.3 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (E_{N₂O}) จากหอเผา

มีข้อมูลน้อยมากๆ สำหรับการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากหอเผาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และนอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์มีค่าน้อยมาก

สมการคำนวณ:

$$E_{N_2O} = V \times EF_{N_2O}$$

เมื่อ: E _{N₂O}	คือ	emission of N ₂ O
V	คือ	volume produced or refined 9m ³ , scf or bb)
EF _{N₂O}	คือ	N ₂ O emission factor

ตัวอย่าง การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหอเผา (Combustion Emission from a Gas Flare) ในกรณีที่มีรู้ปริมาตรของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากการเผา (Known Flared Volume)

ข้อมูล (Input data): การผลิตในประเทศกำลังพัฒนาสามารถผลิตก๊าซธรรมชาติได้ 3 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน (3 million scf/day) โดยแต่ละปีใช้ก๊าซจำนวน 20 ล้านลูกบาศก์ฟุตเพื่อเผาไหม้ในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตนี้ องค์ประกอบของก๊าซเผาไหม้ (Flare gas) ประกอบด้วย:

CO ₂	12 mole%
N ₂	2.1 mole%
CH ₄	80 mole%
C ₂ H ₆	4.2 mole%
C ₃ H ₈	1.3 mole%
C ₄ H ₁₀	0.4 mole%

และปริมาตรของการเผาไหม้ในกระบวนการผลิต (Pilot stream combusted) ถูกรวมอยู่ในปริมาตรก๊าซที่ใช้เพื่อการเผาไหม้ที่หอเผา (Field gas flared)

สมมติฐานการคำนวณ: ไม่มีข้อมูลรายงานผลการทดสอบหรือข้อมูลจากผู้ส่งมอบก๊าซ ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกคำนวณโดยใช้ Alternative approaches โดยค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้เท่ากับ 98% สำหรับการปล่อย CO₂ และ 2% สำหรับ CH₄ (Uncombusted CH₄)

วิธีการคำนวณ:

การปล่อยก๊าซมีเทน (E_{CH_4})

$$E_{CH_4} = \frac{20 \times 10^6 \text{ scf gas}}{\text{yr}} \times \frac{0.80 \text{ scf } CH_4}{\text{scf gas}} \times \frac{0.02 \text{ scf noncombusted } CH_4}{\text{scf } CH_4 \text{ total}} \times \frac{\text{lbmole } CH_4}{379.3 \text{ scf } CH_4} \times \frac{16 \text{ lb } CH_4}{\text{lbmole } CH_4} \times \frac{\text{tonne}}{2204.62 \text{ lb}}$$

$$E_{CH_4} = 6.1 \text{ tonnes } CH_4/\text{yr}$$

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (E_{CO_2})

$$E_{CO_2} = \frac{20 \times 10^6 \text{ scf gas}}{\text{yr}} \times \frac{\text{lbmole gas}}{379.3 \text{ scf gas}} \times \left[\left(\frac{0.80 \text{ lbmole } CH_4}{\text{lbmole gas}} \times \frac{1 \text{ lbmole C}}{\text{lbmole } CH_4} + \frac{0.042 \text{ lbmole } C_2H_6}{\text{lbmole gas}} \times \frac{2 \text{ lbmole C}}{\text{lbmole } C_2H_6} + \frac{0.013 \text{ lbmole } C_3H_8}{\text{lbmole gas}} \times \frac{3 \text{ lbmole C}}{\text{lbmole } C_3H_8} + \frac{0.004 \text{ lbmole } C_4H_{10}}{\text{lbmole gas}} \times \frac{4 \text{ lbmole C}}{\text{lbmole } C_4H_{10}} \right) \times \frac{0.98 \text{ lbmole } CO_2 \text{ formed}}{\text{lbmole C combusted}} + \frac{0.12 \text{ lbmole } CO_2}{\text{lbmole gas}} \right] \times \frac{44 \text{ lb } CO_2}{\text{lbmole } CO_2} \times \frac{\text{tonne}}{2204.62 \text{ lb}}$$

$$E_{CO_2} = 1,095 \text{ tonnes } CO_2/\text{yr}$$

ตัวอย่าง การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหอเผา (Combustion Emission from a Gas Flare) ในกรณีที่รู้สารประกอบที่ถูกปล่อยออกจากหอเผา (Known Flare Emission)

ข้อมูล (Input data): หอเผาก๊าซมีการประมาณการค่า VOC ที่ถูกปล่อยในระหว่างปีที่จัดทำรายงานเท่ากับ 2.21 ตัน และการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้ที่หอเผา มีรายละเอียดดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้ที่หอเผา

สารประกอบก๊าซเชื้อเพลิง (Compound: C _{Mixture})	Weight (%)
Methane	2.73
Ethane	0.85
Propane	1.35
Butanes	0.99
Pentanes	0.83
C6+	2.16
Carbon Dioxide	90.43
Inerts (as N ₂)	0.66
VOC Weight % = 5.33	
Hydrocarbon Weight % = 8.91	

และค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหอเผาเท่ากับ 98%

วิธีการคำนวณ:

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (E_{CO₂}): เริ่มต้นจากการคำนวณปริมาณคาร์บอน (Carbon content) ที่มีอยู่ในสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ในที่นี้ขอแสดงตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนในสารประกอบอีเทน (Ethane: C₂H₆)

$$\text{Wt\%C}_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{12 \text{ lb C}}{1 \text{ lbmole C}} \times \frac{2 \text{ lbmoles C}}{1 \text{ lbmole C}_2\text{H}_6} \times \frac{1 \text{ lbmole C}_2\text{H}_6}{30.07 \text{ lb C}_2\text{H}_6} = 0.80 \text{ lb C / lb C}_2\text{H}_6$$

$$\text{Wt\%C}_{\text{C}_2\text{H}_6} = 80\% \text{ C}$$

โดยสมการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนในสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิง ($C_{Mixture}$) แต่ละชนิด คือ

$$Wt\%C_j = \frac{\frac{12 \text{ lb C}}{\text{lbmole C}} \times \frac{X \text{ lbmole C}}{\text{lbmole } C_j}}{MW_{C_j} \left(\frac{\text{lb}}{\text{lbmole}} \right)} \times 100\%$$

และเมื่อกำหนดสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงทุกชนิด พบว่า ค่า Adjusted Wt% และ Carbon content (Wt% C) ของสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงแต่ละชนิดแสดงค่าดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 ค่า Adjusted Wt% และ Carbon content (Wt% C) ของสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

สารประกอบก๊าซเชื้อเพลิง (Compound: $C_{Mixture}$)	Adjusted Wt%	Carbon content (Wt% C)
Methane	30.64	74.8
Ethane	9.54	79.8
Propane	15.15	81.6
Butanes	11.11	82.6
Pentanes	9.32	83.2
C6+	24.24	83.5
Carbon Dioxide	0	27.3
Inerts (as N_2)	0	0.0
Fuel Mixture	100	80.08

สมการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนในสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิง ($C_{Mixture}$) ทั้งหมด คือ

$$Wt\%C_{Mixture} = \frac{1}{100} \times \sum_{i=1}^{\# \text{ components}} (Wt\%_i \times Wt\%C_i)$$

ปริมาณคาร์บอนในสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิง ($C_{Mixture}$) ทั้งหมด เท่ากับ

$$Wt\%C_{Mixture} = \frac{1}{100} \times \left[(30.64 \times 74.8) + (9.54 \times 79.8) + (15.15 \times 81.6) + (11.11 \times 82.6) \right. \\ \left. + (9.32 \times 83.2) + (24.24 \times 83.5) + (0 \times 27.3) + (0 \times 0) \right]$$

$$Wt\%C_{Mixture} = 80.08 \text{ Wt\%C (alternately presented as 0.8008 lb C/lb fuel)}$$

ปริมาณการปล่อยคาร์บอนของสารประกอบ VOC เท่ากับ

$$E_{HC} = \frac{2.21 \text{ tons VOC}}{\text{yr}} \times \frac{100 \text{ lb gas}}{5.33 \text{ lbVOC}} \times \frac{8.91 \text{ lb hydrocarbon}}{100 \text{ lb gas}}$$

$$E_{HC} = 3.69 \text{ tons hydrocarbon from the flare/yr}$$

$$M_{CO_2} = \frac{2.21 \text{ ton VOC}}{\text{yr}} \times \frac{100 \text{ lb gas}}{5.33 \text{ lbVOC}} \times \frac{90.43 \text{ lb CO}_2}{100 \text{ lb gas}}$$

$$M_{CO_2} = 37.50 \text{ tons CO}_2/\text{yr}$$

ดังนั้น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (E_{CO_2}) ของสารประกอบ VOC เท่ากับ

$$E_{CO_2} = \left[\left(\frac{3.69 \text{ tons hydrocarbon}}{\text{yr}} \times \frac{0.8008 \text{ ton C}}{\text{ton hydrocarbon}} \times \frac{0.98}{1-0.98} \times \frac{44 \text{ ton CO}_2}{12 \text{ ton C}} \right) \right. \\ \left. + \frac{37.50 \text{ tons CO}_2}{\text{yr}} \right] \times \frac{\text{tonne}}{1.10231 \text{ ton}}$$

$$E_{CO_2} = 515.7 \text{ tonnes CO}_2/\text{yr}$$

การปล่อยก๊าซมีเทน (E_{CH_4})

$$E_{CH_4} = (\text{Mass Flared}) \times (\text{CH}_4 \text{ Weight fraction}) \times (\% \text{ residual CH}_4)$$

$$E_{CH_4} = \frac{3.69 \text{ ton hydrocarbon}}{\text{yr}} \times \frac{1}{1-0.98} \times \frac{100 \text{ tons gas}}{8.91 \text{ ton hydrocarbon}} \times \frac{2.73 \text{ ton CH}_4}{100 \text{ tons gas}} \times (1-0.98) \times \frac{\text{tonne}}{1.10231 \text{ ton}}$$

$$E_{CH_4} = 1.03 \text{ tonnes CH}_4/\text{yr}$$

การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (E_{N_2O})

$$MW_{\text{Mixture}} = 100 \div \left[\begin{aligned} &(30.64 \div 16.04) + (9.54 \div 30.07) + (15.15 \div 44.10) + (11.11 \div 58.12) \\ &+ (9.32 \div 72.15) + (24.24 \div 86.18) + (0 \div 44.01) + (0 \div 28.01) \end{aligned} \right]$$

$$MW_{\text{Mixture}} = 31.52 \text{ lb/lbmole}$$

ในที่นี้ขอแสดงตัวอย่างการคำนวณของสารประกอบอีเทน (Ethane: C_2H_6)

$$\text{Mole}\%_{C_2H_6} = \frac{\frac{9.54 \text{ lb } C_2H_6}{100 \text{ lb gas}} \times \frac{31.52 \text{ lb gas}}{\text{lbmole gas}}}{\frac{30.07 \text{ lb } C_2H_6}{\text{lbmole } C_2H_6}} = 10.00 \text{ lbmole } C_2H_6 / 100 \text{ lbmole gas}$$

$$\text{Mole}\%_{C_2H_6} = 10.00\%$$

และเมื่อคำนวณสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงทุกชนิด พบว่า ค่าน้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight: MW) ค่า Adjusted Mol% และ Heating Value (Btu/scf) ของสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงแต่ละชนิดแสดงค่าดังตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2-9 ค่าน้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight: MW) ค่า Adjusted Mol% และ Heating Value (Btu/scf) ของสารประกอบก๊าซเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

สารประกอบก๊าซเชื้อเพลิง (Compound: C _{Mixture})	MW	Adjusted Mol%	Heating Value (Btu/scf)
Methane	16.04	60.21	1009.7
Ethane	30.07	10.00	1768.8
Propane	44.10	10.83	2517.5
Butanes	58.12	6.03	3262.1
Pentanes	72.15	4.07	2009.6
C6+	86.18	8.87	4756.2
Carbon Dioxide	44.01	0	0
Inerts (as N ₂)	28.01	0	0
Fuel Mixture	31.52	100	1838.9

$$HHV_{Mixture} = \left[\left(\frac{60.21}{100} \times 1009.7 \right) + \left(\frac{10.00}{100} \times 1768.8 \right) + \left(\frac{10.83}{100} \times 2517.5 \right) + \left(\frac{6.03}{100} \times 3261.1 \right) \right] \\ + \left(\frac{4.07}{100} \times 4009.6 \right) + \left(\frac{8.87}{100} \times 4756.2 \right) + (0 \times 0) + (0 \times 0)$$

$$HHV_{Mixture} = 1838.9 \text{ Btu/scf}$$

$$E_{N_2O} = (\text{Volume Hydrocarbon Flared}) \times (\text{Heating Value}) \times (N_2O \text{ emission factor})$$

$$E_{N_2O} = \frac{3.69 \text{ ton hydrocarbon}}{\text{yr}} \times \frac{2,000 \text{ lb}}{\text{ton}} \times \frac{\text{lbmole hydrocarbon}}{31.52 \text{ lb hydrocarbon}} \times \frac{379.3 \text{ scf}}{\text{lbmole}} \times \frac{1}{1-0.98} \times \frac{1838.9 \text{ Btu}}{\text{scf}} \times \frac{9.50 \times 10^{-8} \text{ tonnes } N_2O}{10^6 \text{ Btu}}$$

$$E_{N_2O} = 7.76 \times 10^{-4} \text{ tonnes } N_2O/\text{yr}$$

อุตสาหกรรมยานยนต์

1. บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์ จัดเป็นอุตสาหกรรมในระดับต้นที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งในด้านเศรษฐกิจ การจ้างงาน การสร้างมูลค่าเพิ่ม การพัฒนาด้านเทคโนโลยียานยนต์ ตลอดจนการพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุนอื่น ๆ และธุรกิจที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก โดยประเทศไทยมีนโยบายในการพัฒนาอุตสาหกรรมนี้มาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 จากเป้าหมายในอดีตที่พัฒนาส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยในช่วงเริ่มต้นเพื่อลดการนำเข้า มาสู่ในช่วงกลางระหว่าง พ.ศ. 2520-2540 ด้วยการส่งเสริมการลงทุน สร้างมูลค่าเพิ่มในประเทศ และพัฒนาความสามารถในการผลิตเพื่อส่งออก โดยประเทศไทยเริ่มมีนโยบายเปิดเสรีทางการค้า และเข้าเป็นสมาชิกองค์การการค้าโลก (World Trade Organization - WTO) และร่วมลงนามข้อตกลงเขตการค้าเสรีอาเซียน (ASEAN Free Trade Area - AFTA) จนถึงปัจจุบันได้เข้าสู่ยุคการค้าเสรีอย่างเต็มตัว

อุตสาหกรรมยานยนต์นับเป็นอุตสาหกรรมหลักสำคัญของอุตสาหกรรมหนึ่งของไทย สามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ โดยมีสัดส่วนในมูลค่าผลิตภัณฑ์ในประเทศด้านอุตสาหกรรมการผลิต ประมาณร้อยละ 10 มีการจ้างซึ่งเป็นแรงงานระดับฝีมือขึ้นไปโดยตรงมากกว่า 5 แสนคนในปี พ.ศ.2555 ยังไม่นับรวมมูลค่าที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากอุตสาหกรรมเกี่ยวข้อง อาทิเช่น อุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมบริการใน ส่วนที่เกี่ยวกับการเงิน การประกันภัย และบริการหลังการขาย นอกจากนี้ ยังสามารถก้าวขึ้นสู่การเป็นผู้นำในภูมิภาคและระดับโลกด้วยการมีปริมาณการผลิตรถยนต์มากเป็นอันดับหนึ่งในอาเซียน และเป็นลำดับที่ 15 ของประเทศผู้ผลิตรถยนต์ของโลกในปี พ.ศ.2554 รวมถึงการเป็นฐานการผลิตรถจักรยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ในภูมิภาคเช่นกัน

ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- 1.1 First-Tier เป็นกลุ่ม Direct OEM Supplier เป็นกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ป้อนให้โรงงานประกอบรถยนต์ โดยตรง ชิ้นส่วนที่ผลิตมีคุณภาพสูง เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดโดยผู้ผลิตรถยนต์
- 1.2 Second-Tier และ Third-Tier เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนประเภท REM (Replacement Equipment Manufacturer) เป็นกลุ่มที่จัดหาวัตถุดิบให้กับผู้ผลิต First-Tier หรือเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนที่จำหน่ายในตลาดอะไหล่ทดแทน หรือผู้ผลิตที่สนับสนุนด้านการผลิต ส่วนใหญ่เป็น SMEs ไทย ซึ่งผู้ผลิตในกลุ่มนี้อาจถูกจัดให้อยู่ใน First-Tier ได้บางผลิตภัณฑ์

2. ภาพรวมของอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน สามารถแบ่งกิจกรรมได้ 3 อุตสาหกรรม คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมกลางน้ำ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้ดังนี้

2.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำ ได้แก่ การวิจัยและพัฒนา การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการผลิตชิ้นส่วนขั้นพื้นฐาน

สำหรับการวิจัยและพัฒนา และการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น กิจกรรมนี้จะเกิดขึ้นที่บริษัทแม่ที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยีที่ผู้ทำการวิจัยและพัฒนา ตลอดจนออกแบบยานยนต์ โดยไทยไม่ค่อยมีบทบาทในขั้นตอนนี้ แต่มีแนวโน้มที่ไทยจะเข้าไปมีส่วนในด้านการวิจัยและพัฒนา เนื่องจากบริษัทประกอบรถยนต์และบริษัทผลิตชิ้นส่วน เริ่มมีการตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาขึ้นในไทย

ในส่วนของ การผลิตชิ้นส่วนขั้นพื้นฐาน ไทยไม่มีแหล่งวัตถุดิบขั้นพื้นฐานในประเทศ เช่น เหล็ก หนังกิ่งทองสำหรับทำพรม เม็ดพลาสติก ทำให้ไทยต้องนำเข้าวัตถุดิบขั้นพื้นฐานเป็นส่วนใหญ่ โดยวัตถุดิบขั้นพื้นฐานที่ไทยสามารถผลิตได้เองมีอยู่ชนิดเดียวคือ ยาง

ผู้ผลิตวัตถุดิบขั้นพื้นฐานนี้เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนขั้นที่ 3 (Third-tier) โดยเป็นผู้ประกอบการชาวไทยที่มีขนาดเล็กและขนาดกลางเป็นหลัก โดยลักษณะการดำเนินงานจะเป็นการนำเข้าวัตถุดิบขั้นพื้นฐานจากต่างประเทศมาแปรรูปเป็นชิ้นส่วนพื้นฐานหรือชิ้นส่วนขนาดเล็กทั่วไปสำหรับการประกอบยานยนต์ และส่งต่อไปให้กับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมกลางน้ำ เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบผลิตชิ้นส่วน หรือส่วนประกอบที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความซับซ้อนมากขึ้นต่อไป

กิจกรรมสนับสนุนของอุตสาหกรรมต้นน้ำ ได้แก่ อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมกระจก อุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรมเครื่องหนัง อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมเครื่องมือเครื่องจักร และอุตสาหกรรมโลจิสติกส์

2.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำ ได้แก่ การผลิตชิ้นส่วนย่อยหรือระบบย่อย การผลิตชิ้นส่วนระบบหลักเพื่อป้อนโรงงานประกอบรถยนต์ และการประกอบรถยนต์

อุตสาหกรรมกลางน้ำเป็นการนำชิ้นส่วนขั้นพื้นฐานมาประกอบเป็นชิ้นส่วนย่อย หรือระบบย่อยของชิ้นส่วนยานยนต์ (ชิ้นส่วนขั้นที่ 1 (First-tier)) หรือเป็นระบบหลักของชิ้นส่วนยานยนต์ (ชิ้นส่วนขั้นที่ 2 (Second-tier)) โดยถ้าเป็นชิ้นส่วนที่ไม่ได้อาศัยเทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต จะเป็นชิ้นส่วนที่ผลิตได้ในไทย แต่ถ้าเป็นชิ้นส่วนที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนหรือเป็นชิ้นส่วนที่ต้องใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นระบบควบคุม จะเป็นชิ้นส่วนที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

การผลิตชิ้นส่วนของอุตสาหกรรมกลางน้ำนี้ ลักษณะและมาตรฐานจะถูกกำหนดโดยบริษัทประกอบรถยนต์ ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการไทยไม่มีบทบาทมากนัก เพราะข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและความเชื่อมั่นในการผลิตสินค้าให้ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ผู้ประกอบการที่เป็นชิ้นส่วนยานยนต์ขั้นที่ 1 (First-tier) และขั้นที่ 2 (Second-tier) ส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการจากบริษัทข้ามชาติหรือเป็นบริษัทข้ามชาติที่มีการร่วมทุนกับคนไทย จะมีบริษัทที่คนไทยเป็นเจ้าของเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จุดที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมกลางน้ำนี้ คือ ในบางชิ้นส่วน บริษัทแม่ที่เป็นบริษัทข้ามชาติ จะเปิดโอกาสให้บริษัทผู้ผลิตในประเทศเป็นผู้ร่วมออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนตามลักษณะและคุณสมบัติที่บริษัทแม่เป็นผู้กำหนด โดยบริษัทประกอบรถยนต์จะเลือกซื้อชิ้นส่วนจากผู้ผลิตที่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด และมีความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนตามคุณสมบัติที่กำหนดให้

สำหรับการประกอบรถยนต์นั้น เป็นการอาศัยชิ้นส่วนชั้นที่ 1 (First-tier) และ 2 (Second-tier) จากอุตสาหกรรมกลางน้ำมาประกอบเป็นรถยนต์ เพื่อจำหน่ายในประเทศและเพื่อการส่งออก ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมกลางน้ำที่เป็นผู้ประกอบรถยนต์นั้นเป็นบริษัทข้ามชาติทั้งสิ้น

กิจกรรมสนับสนุนสำหรับอุตสาหกรรมกลางน้ำ ได้แก่ อุตสาหกรรมเครื่องมือเครื่องจักร อุตสาหกรรมโลจิสติกส์ เป็นต้น

2.3 อุตสาหกรรมปลายน้ำ

อุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้แก่ การจำหน่ายรถยนต์ที่ประกอบเสร็จแล้วให้กับผู้บริโภคผ่านทางตัวแทนจำหน่าย และการบริการหลังการขายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การซ่อมบำรุง อะไหล่ เป็นต้น โดยกิจกรรมสนับสนุนของอุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้แก่ อุตสาหกรรมประกันภัย สถาบันการเงิน การซ่อมบำรุง อะไหล่ เป็นต้น

ที่มา :

- แผนแม่บทอุตสาหกรรมยานยนต์ ปี พ.ศ. 2555 – 2559
- www.bryancaveconsulting.com

ตารางที่ 3-1 สรุปภาพรวมของอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน

เกิดขึ้นในไทย และต่างประเทศ	เกิดขึ้นในไทย					เกิดขึ้นในไทย และต่างประเทศ	
	← อุตสาหกรรมต้นน้ำ →		← อุตสาหกรรมกลางน้ำ →			← อุตสาหกรรมปลายน้ำ →	
การวิจัยและ พัฒนา การ ออกแบบ ผลิตภัณฑ์	การผลิตชิ้นส่วน ขั้นพื้นฐาน	การผลิตชิ้น ส่วนย่อยหรือ ระบบย่อย	การผลิตชิ้นส่วน ระบบหลักเพื่อ ป้อนโรงงาน ประกอบรถยนต์	การประกอบ รถยนต์	การกระจาย สินค้าใน ประเทศและการ ส่งออก	การค้าปลีก	บริการหลังการ ขาย
บริษัทผู้ประกอบ รถยนต์	ผู้ผลิตในระดับ Third-tier กิจกรรมสนับสนุน - วัตถุดิบพื้นฐาน เช่น เหล็ก กระจก ยาง พลาสติก เครื่องหนัง ปีโตรเคมี - เครื่องมือเครื่องจักร - โลจิสติกส์	ผู้ผลิตในระดับ Second-tier กิจกรรมสนับสนุน - เครื่องมือเครื่องจักร - โลจิสติกส์	ผู้ผลิตในระดับ First-tier กิจกรรมสนับสนุน - เครื่องมือเครื่องจักร - โลจิสติกส์	บริษัทผู้ประกอบ รถยนต์ กิจกรรมสนับสนุน - เครื่องมือเครื่องจักร - โลจิสติกส์	บริษัทผู้ประกอบ รถยนต์/ตัวแทน จำหน่าย กิจกรรมสนับสนุน - การส่งออก - การประกันภัย - โลจิสติกส์	บริษัทผู้ประกอบ รถยนต์/ตัวแทน จำหน่าย กิจกรรมสนับสนุน - สถาบันการเงิน	ศูนย์บริการ/ซ่อม กิจกรรมสนับสนุน - ประกันภัย - สถาบันการเงิน - อุปกรณ์ประตียนต์ - อะไหล่และชิ้นส่วน - ซ่อมบำรุง

ที่มา : สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา (2553)

ขอบข่ายอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน

- แบ่งตาม ISIC (International Standard Industrial Classification) :
ครอบคลุมในหมวด D ประเภท 34 การผลิตยานยนต์ รถพ่วง และรถกึ่งพ่วง
- แบ่งตามบัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 :
ครอบคลุมประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 51 ลำดับที่ 77 (1) (2) ลำดับที่ 78 (1) (2) ลำดับที่ 80 และลำดับที่ 95 (1) (2) (3) (4) ดังแสดงในตารางที่ 3-2

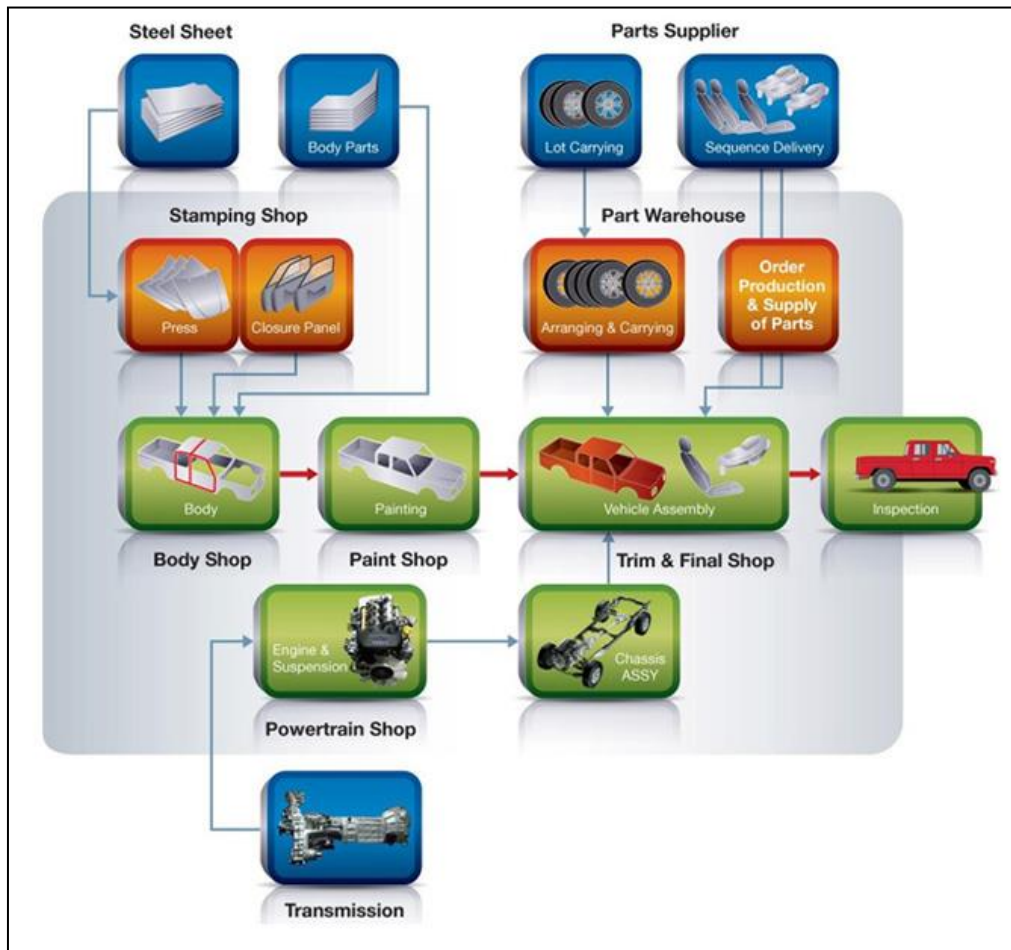
ตารางที่ 3-2 ประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 51 ลำดับที่ 77 (1) (2) ลำดับที่ 78 (1) (2) ลำดับที่ 80 และลำดับที่ 95 (1) (2) (3) (4)

ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน
51	โรงงานผลิต ซ่อม หล่อ หรือหล่อดอกยางนอกหรือยางในสำหรับยานพาหนะ ที่เคลื่อนที่ด้วยเครื่องกล คนหรือสัตว์
77	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์ หรือรถพ่วง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดังต่อไปนี้
	(1) การสร้าง ประกอบ ดัดแปลง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพรถยนต์ หรือ รถพ่วง
	(2) การทำชิ้นส่วนพิเศษ หรืออุปกรณ์สำหรับรถยนต์ หรือรถพ่วง
78	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับจักรยานยนต์ จักรยานสามล้อ หรือจักรยานสองล้อ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้
	(1) การสร้าง ประกอบ ดัดแปลง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพจักรยานยนต์ จักรยานสามล้อ หรือจักรยานสองล้อ
	(2) การทำชิ้นส่วนพิเศษ หรืออุปกรณ์สำหรับจักรยานยนต์ จักรยานสามล้อ หรือจักรยานสองล้อ
80	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมล้อเลื่อนที่ขับเคลื่อนด้วยแรงคน หรือสัตว์ ซึ่งมีใช้จักรยานและรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว
95	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ รถพ่วง จักรยานสามล้อ จักรยานสองล้อ หรือส่วนประกอบของยานดังกล่าว อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดังต่อไปนี้
	(1) การซ่อมแซมยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์หรือส่วนประกอบของยานดังกล่าว
	(2) การซ่อมแซมรถพ่วง จักรยานสามล้อ จักรยานสองล้อ หรือส่วนประกอบของยานดังกล่าว
	(3) การพ่นสีกันสนิม ยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์
	(4) การล้างหรืออัดฉีดยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์

3. ตัวอย่างกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน

3.1 กระบวนการผลิตรถยนต์

กระบวนการผลิตรถยนต์ ประกอบไปด้วย การขึ้นรูปตัวถังรถยนต์ การประกอบตัวถังรถยนต์ การพ่นสี การประกอบเครื่องยนต์ ไปจนถึงการประกอบชิ้นสุดท้าย รวมทั้งการตรวจสอบคุณภาพ การบรรจุ และการขนส่ง ดังแสดงในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 กระบวนการผลิตรถยนต์

3.2 การขึ้นรูปตัวถังรถยนต์ (Stamping Shop)

ดำเนินการผลิตชิ้นส่วนตัวถังรถยนต์ที่ทำจากโลหะ โดยใช้เครื่องปั๊มขึ้นรูป ซึ่งปั๊มขึ้นส่วนออกมาทีละชิ้น กระบวนการผลิตจะประกอบไปด้วยสายการผลิตแบบอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ 2 สายการผลิต (Line A และ Line B) ใช้ Robot 12 จุด จึงทำให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นมีคุณภาพที่เป็นเลิศ กระบวนการนี้ใช้ระบบ Production Line Control (PLC) ซึ่งเป็นแม่แบบของระบบควบคุมสายการผลิตอื่นๆ ในโรงงาน

3.3 การประกอบตัวถังรถยนต์ (Body Shop)

หน้าที่หลักคือ ประกอบตัวถังรถยนต์และรถกระบะ ด้วยชิ้นส่วนที่ส่งมาจากแผนกขึ้นรูปตัวถังของบริษัทฯ เอง และจากผู้ประกอบการภายนอก เนื่องจากขั้นตอนในการประกอบตัวถังรถยนต์ มีความละเอียดและซับซ้อนในการเชื่อมจุดต่างๆ มาก จึงต้องมีเครื่องเชื่อมมากกว่า 200 เครื่อง พร้อมหุ่นยนต์ในการเชื่อมจุดต่างๆ มากกว่า 3,000 จุดต่อคัน

3.4 การทาสี (Paint Shop)

ทำการพ่นสีตัวถังรถยนต์และตัวกระบะที่ส่งมาจากแผนกประกอบตัวถังรถยนต์ภายในโรงงาน มีการควบคุมด้วยระบบ CCS ในการชุบสี E-coating ด้วยไฟฟ้าและเทคนิคการปิดรอยตะเข็บของตัวถังรถยนต์ เพื่อช่วยป้องกันสนิม และน้ำได้อย่างดีเยี่ยม สำหรับแผนกสี บริษัทญี่ปุ่นได้รับการพัฒนาระบบการเคลือบ 3 ชั้นแบบเปียกและจากนั้นได้นำมาใช้สำหรับที่แผนกสี โดยมี 3 เป้าหมายหลัก คือ

- 1) ลดการปริมาณของสารระเหย
- 2) ลดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 3) เป็นการผลิตที่ต่อเนื่อง

วิธีการทาสี (Paint Shop)

- 1) ใช้สีที่มีปริมาณสารระเหยที่น้อยกว่า
- 2) ใช้สีน้อยลง
- 3) ยกเลิกกระบวนการพ่นสีรองพื้นและเตาอบสี
- 4) เป็นการรวมกระบวนการพ่นสีรองพื้นและสีจริง เข้าเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน
- 5) มีฝุ่นน้อยลง
- 6) สามารถพิสูจน์ได้จริง

การพัฒนาเทคโนโลยีการทาสี (Paint Shop) ที่สำคัญ

- 1) ใช้สีที่มีเทคโนโลยีและคุณภาพสูง
- 2) ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง
- 3) ใช้เทคโนโลยีที่มีฝุ่นน้อย
- 4) ใช้เทคโนโลยีที่สามารถตรวจสอบได้จริง

3.5 การประกอบเครื่องยนต์ (Powertrain Shop)

ประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตหลักๆ 4 กระบวนการ

- 1) สายป้อนชิ้นส่วนสู่สายการผลิต ทำการป้อนชิ้นส่วนการผลิตต่างๆ ให้กับสายการผลิตเครื่องยนต์ และสายการผลิตของแผนกประกอบชิ้นสุดท้าย
- 2) สายการผลิตย่อยภายในเครื่องยนต์

- 3) สายการผลิตเครื่องยนต์ขั้นสุดท้าย สายการผลิตทั้งสองสาย (2 และ 3) ทำหน้าที่ประกอบเครื่องยนต์ ก่อนที่จะนำไปทดสอบสมรรถนะ ที่กระบวนการ Firing Test
- 4) สายประกอบระบบรองรับช่วงล่าง ทำหน้าที่ประกอบระบบรองรับ และขับเคลื่อนช่วงล่าง เพื่อนำไปประกอบกับเครื่องยนต์ในแผนกประกอบขั้นสุดท้าย

3.6 การประกอบขั้นสุดท้าย (Trim & Final Shop)

มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) การประกอบชิ้นส่วนภายในห้องผู้โดยสาร
- 2) การประกอบช่วงล่าง (แชสซี)
- 3) การประกอบเครื่องยนต์เข้ากับแชสซีและหัวเก๋งเข้ากับแชสซี
- 4) การประกอบขั้นสุดท้าย
- 5) ส่วนจัดเตรียมชิ้นส่วนเพื่อการผลิต

อ้างอิงจาก :

- http://www.autoalliance.co.th/about_process.php
- <http://www.compomax.co.th/industries/automotive-manufacturing/>

ตารางที่ 3-3 กระบวนการผลิตรถยนต์

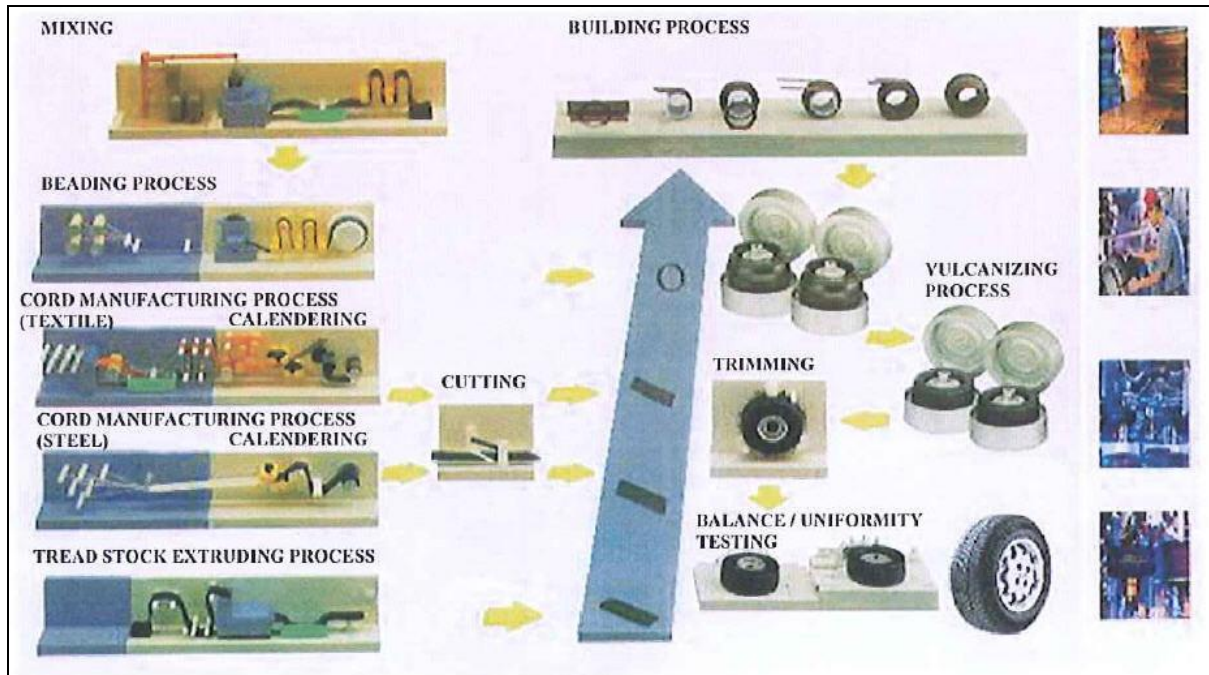
วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> ตัวถัง แชสชีส์และช่วงล่าง เครื่องยนต์และระบบส่งกำลัง อุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ภายใน 	<ul style="list-style-type: none"> การขึ้นรูปตัวถังรถยนต์ (Stamping Shop) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> ตัวถังรถยนต์ และเครื่องยนต์
	<ul style="list-style-type: none"> การประกอบตัวถังรถยนต์ (Body Shop) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	Scope 2	
	<ul style="list-style-type: none"> การทำสี (Paint Shop) 	<ul style="list-style-type: none"> ดีเซล, NGV 	Scope 1	
	<ul style="list-style-type: none"> การประกอบเครื่องยนต์ (Powertrain Shop) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	Scope 2	
	<ul style="list-style-type: none"> การประกอบชิ้นสุดท้าย (Trim & Final Shop) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	Scope 2	

ตารางที่ 3-4 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	<ul style="list-style-type: none"> การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานโดยรถโฟล์คลิฟท์ 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน 	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า X 0.5812

4. ตัวอย่างกระบวนการผลิตยางรถยนต์

การผลิตยางรถยนต์ เริ่มตั้งแต่การผสมยางจากวัตถุดิบต่างๆ จากนั้นนำยางมาทำการฉาบยางและนวดยางผ่านเครื่องดันยาง จากนั้นทำการตัดผ้าใบ ทำขอบลวด ขึ้นรูปยาง อบยางนอก และสุดท้ายนำยางมาตรวจสอบคุณภาพ แสดงในภาพที่ 3-2 และตารางที่ 3-5



ภาพที่ 3-2 กระบวนการผลิตยางรถยนต์

ตารางที่ 3-5 ขั้นตอนการผลิตยางรถยนต์

ขั้นตอน	กระบวนการ	ขั้นตอนการทำงาน
1	ผสมยาง (Mixing section)	ทำการผสมวัตถุดิบต่างๆ ได้แก่ ยาง สารเคมี คาร์บอน น้ำมัน ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมยาง หลังจากนั้นทำการรีดยางให้เป็นแผ่นแล้วนำไปม้วนเก็บในผ้าไลเนอร์เพื่อป้องกันการติดกัน จากนั้นนำไปเก็บเพื่อนำไปใช้ในแผนกต่อไป
2	ฉาบยาง (Calendering section)	นำวัสดุประเภทผ้าใบหรือเส้นลวดมาวางเรียงกัน จากนั้นนำยางมาทำการฉาบให้เกิดการหุ้มผ้าใบหรือเส้นลวดทั้งสองด้านแล้วนำไปม้วนเก็บในผ้าไลเนอร์เพื่อนำไปใช้ในแผนกต่อไป
3	ดันยาง (Extruding section)	นำยางที่ผ่านการผสมแล้วมาวอร์มเพื่อให้เกิดการอ่อนตัว จากนั้นนำเข้าหัวตันซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกและมีสกรูเป็นตัวดันยาง จากนั้นยางจะดันผ่านหัวตันซึ่งจะมีรูปร่างต่างๆ ตามลักษณะของหัวตัน เช่น หน้ายางหรือแก้มยางตามแบบที่ต้องการ
4	ตัดผ้าใบ (Cutting section)	นำวัสดุประเภทผ้าใบหรือเส้นลวดที่ผ่านการฉาบเป็น Coated cord หรือ Steel cord มาทำการตัดให้ได้ความกว้างและมุมที่กำหนด จากนั้นนำมาต่อกันหรือฉาบยางเพิ่มแล้วนำไปม้วนเก็บในผ้าไลเนอร์ เพื่อเตรียมนำไปประกอบต่อไป

ขั้นตอน	กระบวนการ	ขั้นตอนการทำงาน
5	ทำขอบลวด (Bead section)	นำวัสดุประเภทเส้นลวดมาทำการจัดให้เป็นแนวแล้วนำยางเคลือบลงไปบนเส้นลวด จากนั้นนำมาทำวงให้ได้ขนาดตามที่กำหนด
6	ขึ้นรูปยาง (Building section)	นำวัสดุต่างๆ จากกระบวนการผลิตข้างต้นมาประกอบขึ้นรูปยาง
7	อบยางนอก (Curing section)	นำยางที่ได้จากการขึ้นรูปยางมาอบที่เครื่องอบยางตามอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด เมื่อเสร็จแล้วผ่านเข้าเครื่องคองสภาพเพื่อให้ยางคงรูป เมื่อยางเย็นตัวลงแล้วจะรักษาอย่างให้มีรูปร่างและขนาดตามมาตรฐาน
8	ตรวจสอบคุณภาพ (Tire finishing section)	ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยใช้คนและเครื่องจักร (รวมทั้งการใช้เครื่อง X-Ray) เพื่อตรวจหาข้อบกพร่องของยางรถยนต์ จากนั้นตรวจสอบค่าความสมดุลของยางก่อนส่งเข้าเก็บในโกดังเพื่อรอจำหน่าย

แหล่งข้อมูล : บริษัท ไทยบริดจสโตน จำกัด

ตารางที่ 3-6 กระบวนการผลิตยางรถยนต์

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> ยางธรรมชาติ (Natural Rubber) ยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) ผ้าใบ (Textiles) เส้นลวด (Steel) 	<ul style="list-style-type: none"> ผสมยาง (Mixing section) ฉาบยาง (Calendering section) ดันยาง (Extruding section) ตัดผ้าใบ (Cutting section) ทำขอบลวด (Bead section) ขึ้นรูปยาง (Building section) อบยางนอก (Curing section) ตรวจสอบคุณภาพ (Tire finishing section) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า, ไออน้ำ, NGV ไฟฟ้า, ไออน้ำ, NGV ไฟฟ้า, ไออน้ำ ไฟฟ้า, ไออน้ำ ไฟฟ้า, ไออน้ำ ไฟฟ้า, ไออน้ำ ไฟฟ้า, ไออน้ำ ไฟฟ้า, ไออน้ำ 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 1,2 Scope 1,2 Scope 1,2 Scope 1,2 Scope 1,2 Scope 1,2 Scope 1,2 Scope 1,2 	<ul style="list-style-type: none"> ยางรถยนต์

ตารางที่ 3-7 สรุปการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	<ul style="list-style-type: none"> การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานโดยรถโฟล์คลิฟท์ 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน 	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า X 0.5812

อุตสาหกรรมกระดาษ

1. บทนำ

อุตสาหกรรมกระดาษเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องมาจากอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ โดยเป็นการใช้เยื่อกระดาษมาผลิตเป็นกระดาษชนิดต่าง ๆ และเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจซึ่งสามารถทดแทนการนำเข้าได้อย่างมาก

แต่อย่างไรก็ตาม การผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ เป็นกระบวนการที่สิ้นเปลืองพลังงาน และก่อมลภาวะสูงมาก เพราะต้องอาศัยกรรมวิธีหลายขั้นตอน ทั้งกรรมวิธีเชิงกลและทางเคมี แต่ละขั้นตอนต้องใช้พลังงานมาก ควบคู่กับการใช้สารเคมีที่มีความเป็นมลพิษสูง และยังต้องใช้น้ำปริมาณมหาศาล สำหรับเป็นตัวกลางของกระบวนการทางเคมีต่าง ๆ ด้วย ซึ่งจากข้อมูลผลการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน พบว่า อุตสาหกรรมกระดาษ เป็น 1 ใน 5 อุตสาหกรรมหลักที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุด หรือประมาณร้อยละ 8 จากปริมาณการใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมทั้งหมด ในปี 2552

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมกระดาษก็มีส่วนที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก และเข้าข่ายอุตสาหกรรมที่ต้องเร่งปรับตัวเพื่อร่วมกันลดและป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรง

ขอบข่ายอุตสาหกรรมกระดาษ

- แบ่งตาม ISIC :

ครอบคลุมในหมวด D ประเภท 21 การผลิตกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ

- แบ่งตามบัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 :

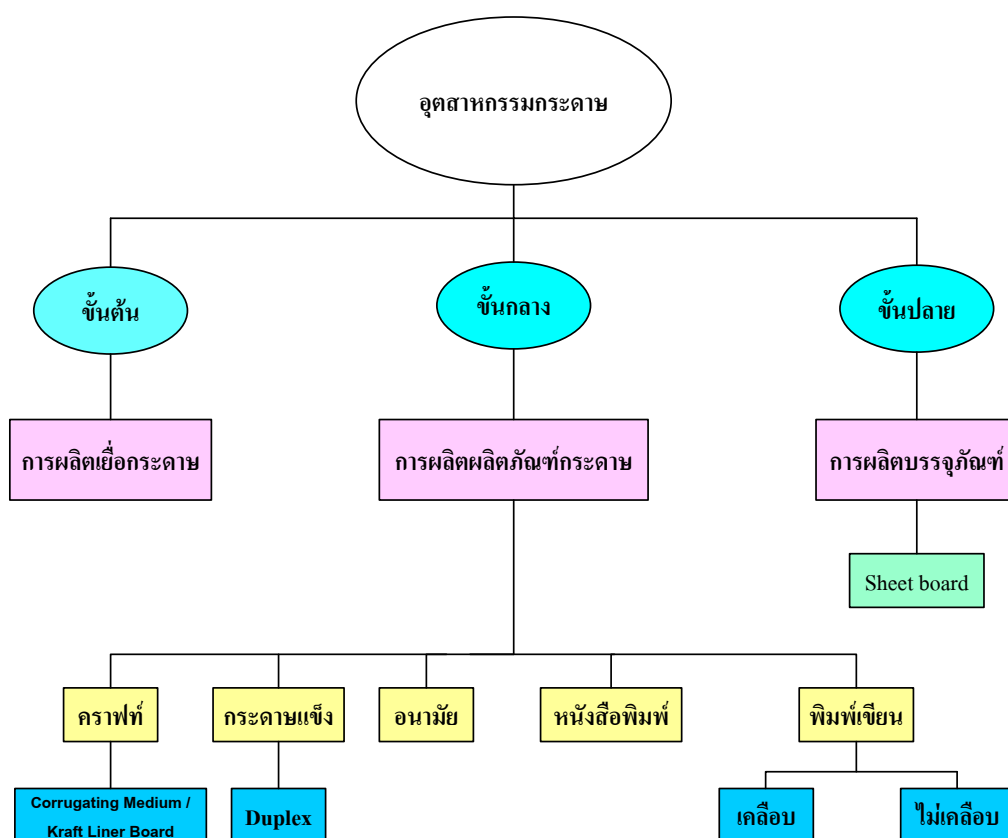
ครอบคลุมประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 38 (1) (2) ลำดับที่ 39 และลำดับที่ 40 (1) (2) ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 38, 39 และ 40

ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน
38	โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้
	(1) การทำเยื่อจากไม้ หรือวัสดุอื่น
	(2) การทำกระดาษ กระดาษแข็ง หรือกระดาษที่ใช้ในการก่อสร้างชนิดที่ทำจากเส้นใย (Fibre) หรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์ (Fibreboard)
39	โรงงานผลิตภาชนะบรรจุจากกระดาษทุกชนิดหรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์ (Fibreboard)
40	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเยื่อ กระดาษ หรือกระดาษแข็งอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้
	(1) การฉาบ ชัดมัน หรือทากาวกระดาษ หรือกระดาษแข็ง หรือการอัดกระดาษหรือกระดาษแข็งหลายชั้นเข้าด้วยกัน
	(2) การทำผลิตภัณฑ์ซึ่งมีใช้ภาชนะบรรจุจากเยื่อ กระดาษ หรือกระดาษแข็ง

2. ภาพรวมของอุตสาหกรรมกระดาษ

โครงสร้างการผลิตในอุตสาหกรรมกระดาษ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิต คือ (1) อุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น จะเกี่ยวข้องกับการผลิตเยื่อกระดาษ (เยื่อบริสุทธิ์) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ ของอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง โดยอุตสาหกรรมขั้นต้นนี้จะครอบคลุมถึงการปลูกป่าเอกชนเพื่อนำไม้มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษด้วย (2) อุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง ครอบคลุมการผลิตกระดาษในรูปแบบต่างๆ เช่น กระดาษกราฟท์ กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษอนามัย กระดาษหนังสือพิมพ์ เป็นต้น (3) อุตสาหกรรมกระดาษขั้นปลาย ซึ่งอุตสาหกรรมขั้นต้นนี้จะนำเอาผลผลิตจากอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง ซึ่งได้แก่กระดาษกราฟท์ กระดาษ Duplex มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทกล่องและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับกระดาษได้ โดยการจำแนกและจัดกลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษ ดังภาพที่ 4-1



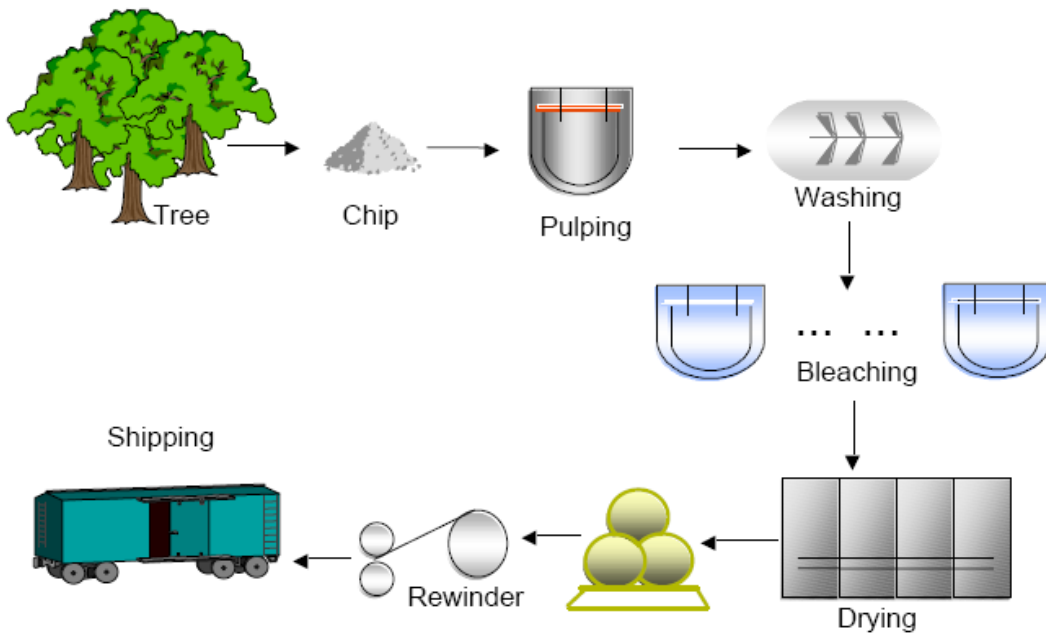
ภาพที่ 4-1 การจำแนกและจัดกลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษ

● อุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น

อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเป็นอุตสาหกรรมที่มีการลงทุนสูงเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมกระดาษ เยื่อกระดาษจัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับนำไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษประเภทต่างๆ วัตถุดิบหลักที่สำคัญซึ่งนำมาใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ ได้แก่ ไม้ ซึ่งในประเทศไทยไม้ที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส นอกจากนี้ยังมีการนำวัสดุประเภทอื่น เช่น ชานอ้อย มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อ

กระดาษด้วยเช่นกัน การผลิตเยื่อกระดาษจะประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ ดังภาพที่ 4-2 และมีรายละเอียด ดังนี้

- ▶ การผลิตชิ้นวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบมาลอกเปลือก ฝ่าหรือเลื่อยให้มีขนาดเล็ก นำเข้าเครื่องสับให้เป็นชิ้นเล็ก ตามขนาดที่ต้องการ
- ▶ การต้มและการแยกเส้นใยโดยใช้ต่าง เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบชิ้นเล็กไปยังถังต้มเยื่อเพื่อแยกลิกนินออกจากเส้นใย โดยใช้สารเคมีไปทำปฏิกิริยากับลิกนิน ภายใต้การควบคุมสภาวะของอุณหภูมิ ความดัน และเวลา สารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อจะนำมาใช้ใหม่ หลังจากได้รับการฟื้นฟูสภาพแล้ว
- ▶ การแยกเยื่อ วัตถุดิบที่ผ่านการต้มแล้ว ในรูปของเยื่อกระดาษ และของเหลว จะส่งเข้าถังเป่าลมเพื่อแยกเยื่อออก
- ▶ การล้างเยื่อ นำเยื่อที่แยกได้ผ่านตะแกรงหยาบ ผ่านเครื่องกรองระบบสุญญากาศ แล้วล้างด้วยน้ำร้อนเพื่อดึงส่วนที่เป็นน้ำดำออก
- ▶ การแยกสิ่งสกปรก แยกโดยวิธีร้อนเยื่อผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ กัน แล้วแยกให้สะอาดอีกครั้ง โดยผ่านเครื่องเหวี่ยง
- ▶ การฟอกสี เยื่อกระดาษในขั้นตอนนี้ยังมีสีอยู่เนื่องจากไม่สามารถย่อยลิกนินได้หมด สีเหล่านี้จะมีตั้งแต่สีน้ำตาลเข้มจนถึงสีครีม ไม่สามารถใช้ผลิตกระดาษขาวได้ ความต้องการเยื่อกระดาษที่มีความขาวมาก ก็ต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการฟอกเยื่อให้มากยิ่งขึ้น การฟอกสีจะเริ่มต้นด้วยการฟอกด้วยคลอรีน ผ่านถังที่มีโซดาไฟ ปรับปรุงสีเยื่อด้วยแคลเซียมไฮเปอร์คลอไรด์ แล้วตามด้วยการฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์
- ▶ การทำความสะอาดเยื่อ ภายหลังจากฟอกสีเพื่อให้ได้เยื่อกระดาษที่มีคุณภาพดี มีเนื้อละเอียดขึ้น โดยใช้เครื่องเหวี่ยงทำความสะอาด
- ▶ การทำให้แห้ง เยื่อที่สะอาดแล้วจะถูกส่งไปบีบน้ำออกในชุดลูกกดแล้วนำเข้าสู่ชุดลูกอบ ซึ่งมีไอน้ำไหลผ่านอยู่ภายในลูกกด ไล่น้ำให้ระเหยออกจนได้ความชื้น 10% ตามที่ต้องการ
- ▶ ระบบนำสารเคมีกลับคืน เป็นระบบที่นำสารเคมีที่เหลืออยู่หลังจากต้มเยื่อแล้วกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของโรงงานและลดปัญหามลภาวะ



ภาพที่ 4-2 ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษ

☞ การใช้พลังงานในการผลิตเยื่อกระดาษ

สำหรับการใช้พลังงานในการผลิตเยื่อกระดาษนั้นจะมีขั้นตอนที่มีการใช้พลังงานอยู่ 4 ขั้นตอนที่สำคัญคือ

- **ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ**

ในขั้นนี้จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องปอกเปลือก (Debarker) เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper) ระบบสายพานลำเลียง (Conveyor) และในอุปกรณ์สำหรับคัดขนาดชิ้นไม้

- **ขั้นตอนการทำเยื่อ**

พลังงานที่ใช้สำหรับการผลิตเยื่อเคมีด้วยกระบวนการคราฟท์นั้น จะขึ้นกับชนิดของหม้อต้ม การควบคุมกระบวนการผลิต และระบบ Heat Recovery การใช้หม้อต้มแบบต่อเนื่องจะใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าแบบต้มทีละถัง แต่จะมีการใช้ไอน้ำในปริมาณที่น้อยกว่า สำหรับการ ใช้พลังงานในการผลิตเยื่อโดยกระบวนการซัลไฟต์ จะมีลักษณะที่ไม่แตกต่างจากการผลิตเยื่อ โดยใช้กระบวนการคราฟท์มากนัก สำหรับการผลิตเยื่อโดยกระบวนการทางกลนั้น จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ซึ่งความต้องการใช้ไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเยื่อที่ต้องการ

- **ขั้นตอนการฟอกเยื่อ (Bleaching)**

การฟอกเยื่อ คือ การทำให้เยื่อมีสีขาวเหมาะกับการใช้กระดาษเพื่อการสื่อสารต่างๆ แบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีฟอกเยื่อขจัดลิกนินออก (Removing Lignin) และวิธีฟอกเยื่อเพื่อเปลี่ยนสีของลิกนินให้อยู่ในรูปไม่มีสี (Bleaching Lignin) โดยการฟอกเยื่อจะใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับลิกนินแล้วกำจัดลิกนินออก การฟอกแบบนี้มีหลายขั้นตอน โดยทั่วไปมี 3-6 ขั้นตอน การใช้

พลังงานในส่วนการฟอกเยื่อ จะขึ้นกับขั้นตอนที่ใช้ รวมถึงจำนวนครั้งและชนิดของการฟอกเยื่อ โดยขั้นตอนการฟอกมีชื่อเรียกตามสารเคมีที่ใช้ฟอก และขั้นตอนการฟอกจะเรียงลำดับตามอักษรที่ใช้เรียก เช่น การฟอกแบบ CEH, CEDEP, CEOP หรือ CEDED โดยมีสารเคมีที่ใช้ และสัญลักษณ์ รวมถึงการเรียกชื่อขั้นตอนการฟอก¹ ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 สารเคมีที่ใช้ และสัญลักษณ์ รวมถึงการเรียกชื่อขั้นตอนการฟอก

สารเคมี	สัญลักษณ์	เรียกชื่อขั้นตอนการฟอก
Chlorine	C	ชั้นคลอรีนชัน (chlorination stage)
Sodium hydroxide	E	ชั้นเอ็กซ์แทรกชัน (extraction)
Calcium hypochlorite	H	ชั้นไฮโปคลอไรต์ (hypochlorite stage)
Chlorine dioxide	D	ชั้นคลอรีนไดออกไซด์ (chlorine dioxide stage)
Hydrogen peroxide	P	ชั้นเปอร์ออกไซด์ (peroxide stage)
Oxygen	O	ชั้นออกซิเจน (oxygen stage)
Ozone	Z	ชั้นโอโซน (ozone stage)
Acid	A	ชั้นแอซิด (acid stage)

พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่จะใช้พลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำเพื่อให้เยื่อเกิดความขาว และช่วยขจัดลิกนินให้ออกไปจากเส้นใย สำหรับพลังงานไฟฟ้านั้นจะถูกใช้ในอุปกรณ์ประเภทระบบปั๊ม ระบบการผสม และใช้ในอุปกรณ์ทางกลอื่นๆ

- **ขั้นตอนการนำสารเคมีกลับคืน (Chemical Recovery)**

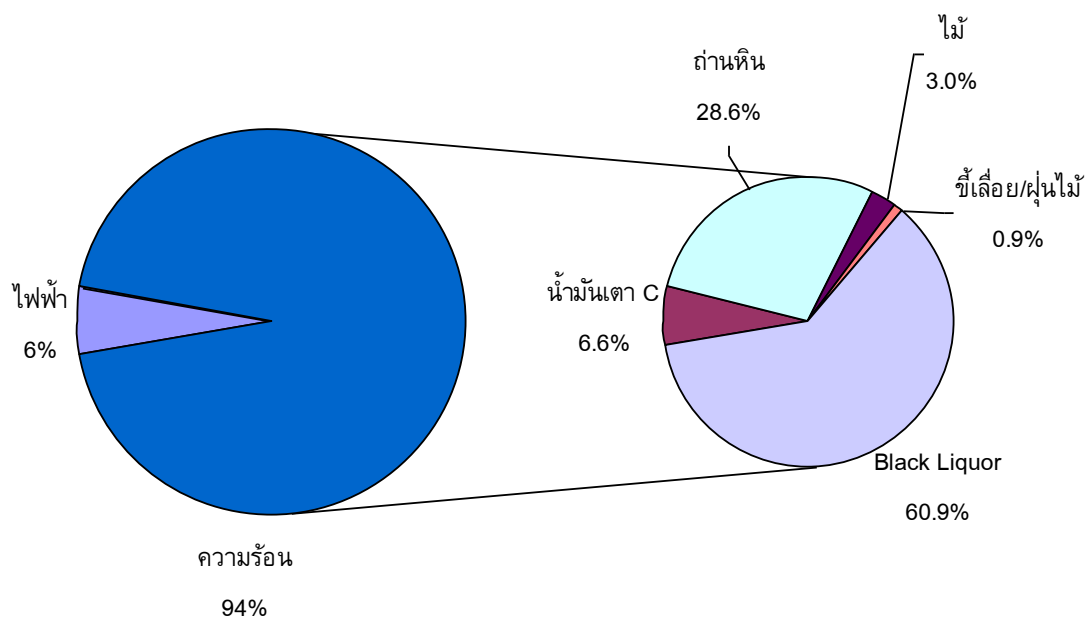
ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ได้แก่ Evaporation, Recovery Boiler, Recausticizing, Calcining ซึ่งจะมีการใช้พลังงานทั้งพลังงานไฟฟ้า และการใช้ไอน้ำเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะในขั้นตอนของการระเหย Black Liquor

เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทย จำนวน 4 แห่งที่ได้เข้าสำรวจ² พบว่า มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 18,897,154 GJ/ปี (447.33 ktoe/ปี) แยกเป็นพลังงานไฟฟ้า 313,858 MWh/ปี (1,129,888 GJ/ปี) คิดเป็น 6% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก (Energy Indirect Emission) จากกิจกรรมในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องปอกเปลือก (Debarker) เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper) ระบบสายพานลำเลียง (Conveyor) และในอุปกรณ์สำหรับคัดขนาดชิ้นไม้ นอกจากนี้ยังเกิดจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในโรงงาน อาคารสำนักงาน และการใช้

¹ ที่มา: โครงการฉลากเขียว สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

² ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554

เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน ส่วนพลังงานความร้อนใช้ราว 17,767,267 GJ/ปี คิดเป็น 94% ของพลังงานรวม ซึ่งพลังงานความร้อนนี้ได้มาจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่น Black Liquor ถ่านหิน น้ำมันเตา เป็นต้น ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) จากกิจกรรมที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันและถ่านหินในการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำในกระบวนการต้มเยื่อ การฟอกเยื่อ และการนำสารเคมีกลับคืน และการใช้เชื้อเพลิง LPG สำหรับการอบแห้ง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้รถยกสำหรับการขนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ รวมทั้งรถขนส่งและรถอื่นๆ ที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของโรงงาน ดังภาพที่ 4-3

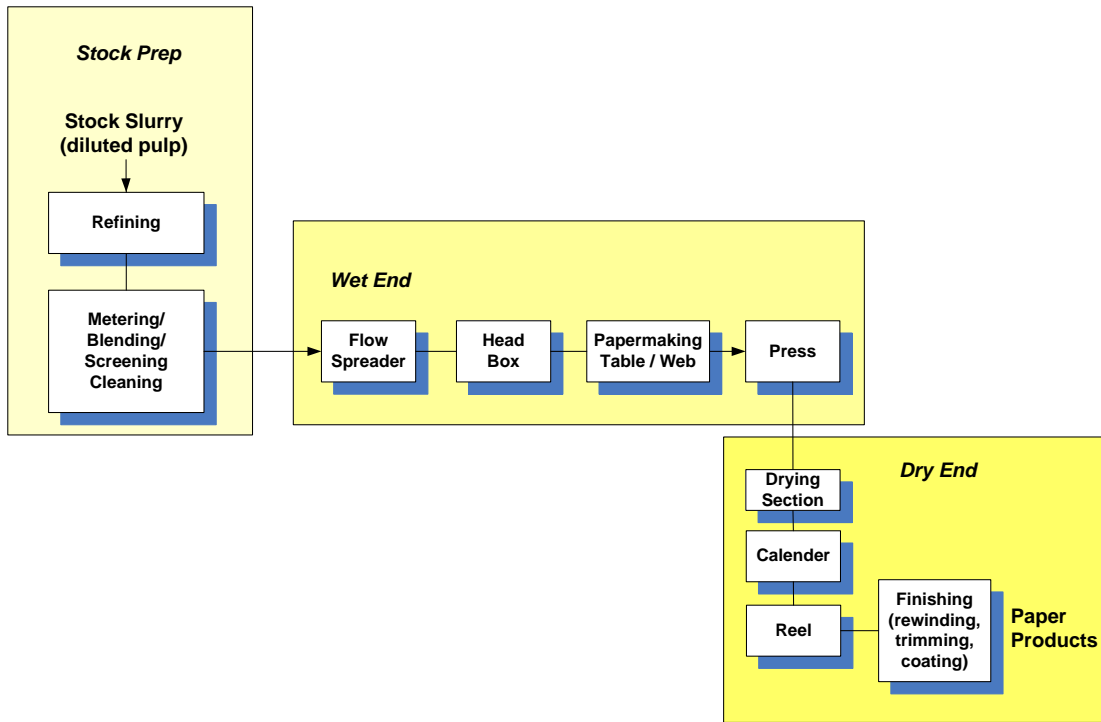


ภาพที่ 4-3 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตเยื่อกระดาษ

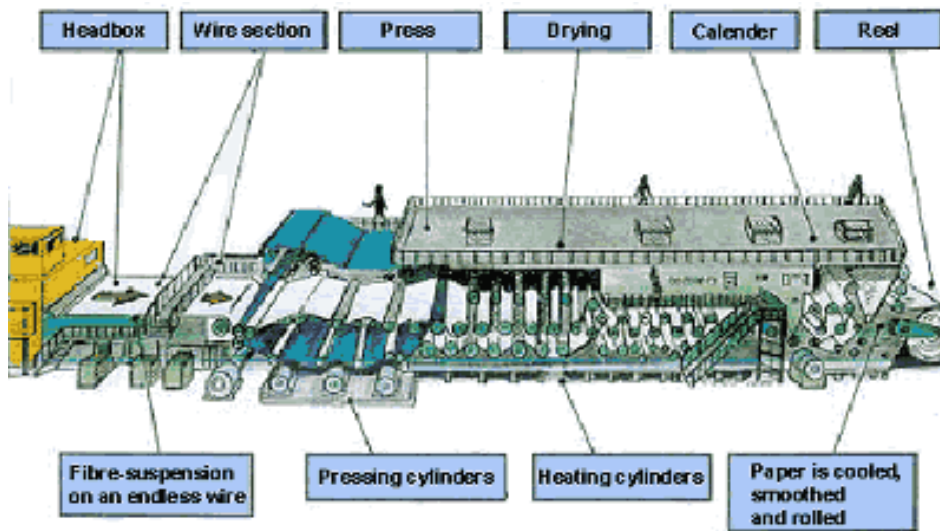
● อุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลาง

อุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลาง เป็นอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมกระดาษชั้นต้น โดยในชั้นกลางนี้ จะเป็นการนำเยื่อกระดาษมาใช้ในการผลิตเป็นกระดาษประเภทต่างๆ โดยจะนำมาผสมกับเยื่อที่ได้จากกระดาษรีไซเคิล และเยื่อใยยาวที่ส่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเยื่อใยยาวได้ อุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลางจะประกอบด้วยการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ เช่น กระดาษคราฟท์ กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษอนามัย กระดาษหนังสือพิมพ์ และกระดาษแข็ง เป็นต้น

กระบวนการหรือขั้นตอนในการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ ในอุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลางนั้น จะมีความคล้ายคลึงกันอย่างมาก โดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงคือ ขั้นตอนการเตรียมเยื่อ (Stock Preparation) และขั้นตอนการผลิตกระดาษ (Papermaking) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เรียกว่า “ช่วงเปียก” (Wet End) ซึ่งจะครอบคลุมตั้งแต่ Machine Chest ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการเก็บน้ำเยื่อ จนถึงส่วนที่ทำการกดรีดน้ำ (Pressing) และส่วนของ “ช่วงแห้ง” (Dry End) ซึ่งประกอบด้วยส่วนการทำให้กระดาษแห้ง (Drying) ส่วนการขัดมันกระดาษ (Calendering) และส่วนการอบแห้งกระดาษ และตกแต่งผลิตภัณฑ์ (Reel and Finishing or Converting) ดังภาพที่ 4-4 และ 4-5



ภาพที่ 4-4 ขั้นตอนในการผลิตกระดาษ (1)



ภาพที่ 4-5 ขั้นตอนในการผลิตกระดาษ (2)

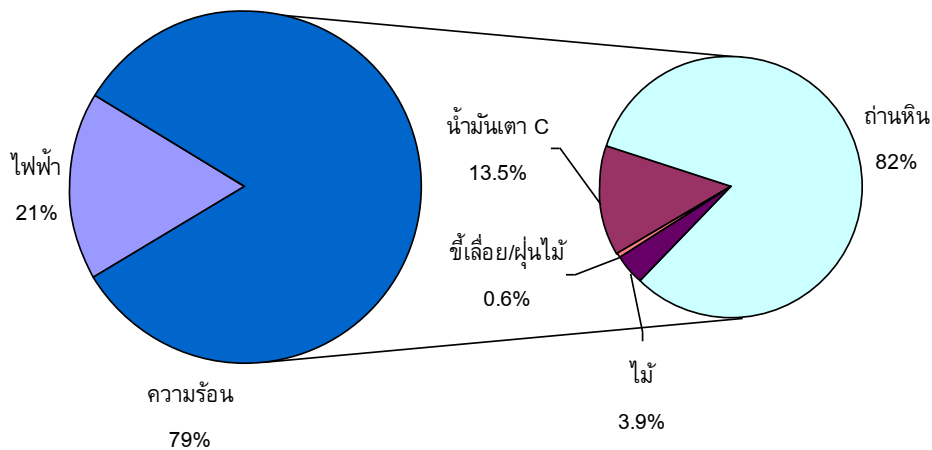
● **กระดาษคราฟท์ (Kraft Paper)**

การผลิตกระดาษคราฟท์จะมีการใช้ทั้งเยื่อกระดาษรีไซเคิล และเยื่อใหม่ (Virgin Pulp) เยื่อที่ใช้จะเป็นเยื่อไม่ผ่านการฟอกซึ่งจะมีสีน้ำตาล เยื่อจะถูกป้อนเข้าถังตีเยื่อ (Pulper) เครื่องแยกสิ่งเจือปน และสิ่งสกปรกออก เยื่อที่แยกสิ่งเจือปนออกแล้วจะผ่านไปยังเครื่องบดเยื่อ (Refiner) ซึ่งจะนำไปบดให้เยื่อแตกเป็นเส้นใย เพิ่มความแข็งแรงให้เยื่อ จากนั้นจะถูกส่งไปพักไว้ยังถังเก็บ เพื่อเตรียมป้อนเข้าเครื่องทำกระดาษ โดยผ่านทางถังจ่ายเยื่อ (Headbox) ซึ่งน้ำเยื่อจะถูกจ่ายลงบนตะแกรงลวดเดินแผ่น (Wire Section) เพื่อให้หน้าเยื่อวางตัวและขึ้นรูปเป็นแผ่น โดยมีเยื่อใหม่อยู่ชั้นบนสุดของเนื้อกระดาษ ชั้นกลาง และชั้นล่างเป็นเยื่อเก่าที่มาจากกระดาษรีไซเคิล 100% เมื่อผ่านชุดทำแผ่น กระดาษจะมีความชื้นสูง จึงต้องทำการรีดน้ำออก (Pressing) ในส่วนนี้น้ำจะถูกรีดออกไปประมาณ 50% ส่วนของน้ำที่เหลือจะถูกกำจัดออกไปโดยการอบแห้ง (Drying) หลังจากนั้นกระดาษจะผ่านไปยังเครื่องขัดผิว (Calendering) ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตกระดาษ กระดาษที่ได้จะถูกส่งไปกรอเป็นม้วน และถูกตัดแบ่งให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ลักษณะของกระดาษคราฟท์ส่วนใหญ่จะมีเนื้อหยาบ สีน้ำตาลตามสีของเยื่อไม้ที่นำมาทำเยื่อแล้วใช้ผลิตกระดาษ แต่บางชนิดก็มีสีขาว เพราะใช้เยื่อฟอกขาวหรืออาจมีสีอื่นๆ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและความต้องการของตลาด กระดาษคราฟท์เป็นกระดาษที่มีความเหนียวและแข็งแรงกว่ากระดาษธรรมดา สามารถป้องกันแรงอัด และการตีบแหว่งจากการกระทบกระแทกจากภายนอกได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติในการต้านทานการเปียกน้ำ ต้านทานการเปรอะน้ำมัน ต้านทานการเสียดสี มีน้ำหนักกระดาษ มีความหนา และมีความเรียบสม่ำเสมอ สามารถติดกาวได้ดีและเหมาะสำหรับการพิมพ์

☞ **การใช้พลังงานในการผลิตกระดาษคราฟท์**

จากการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานผลิตกระดาษคราฟท์จำนวน 6 แห่ง³ พบว่ามีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 13,466,883 GJ/ปี (318.79 ktoe/ปี) แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 768,788 MWh/ปี (2,767,638 GJ/ปี) คิดเป็น 21% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก (Energy Indirect Emission) เพื่อเดินเครื่องจักรในกิจกรรมการขึ้นรูป (Forming) และการอัดเพื่อลดความหนาและทำให้ผิวเรียบ (Calendar) นอกจากนี้ยังเกิดจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในโรงงาน อาคารสำนักงาน และการใช้เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน และพลังงานความร้อน 10,699,246 GJ/ปี คิดเป็น 79% ของพลังงานรวม ซึ่งพลังงานความร้อนนี้ได้มาจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมันเตา และไม้ เป็นต้น ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) จากกิจกรรมที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันและถ่านหินในการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำในกระบวนการ และการใช้เชื้อเพลิง LPG สำหรับการรีดน้ำ (Pressing) การอบกระดาษ (Drying) การใช้ถ่านหินลิกไนต์ในเครื่อง Boiler และการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่อง Boiler นอกจากนี้ยังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้รถของผู้บริหาร รถยกสำหรับการขนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ และรถขนส่ง โดยสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้า และความร้อน รวมถึงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทแสดงดังภาพที่ 4-6

³ ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554



ภาพที่ 4-6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษคราฟท์

- **กระดาษ Duplex**

กระดาษ Duplex เป็นกระดาษที่ใช้สำหรับนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ ที่มีการพิมพ์ด้านนอกอย่างสวยงาม เช่น กล่องสบู่ กล่องยาสีฟัน กล่องเครื่องสำอาง กล่องเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น โครงสร้างกระดาษ Duplex นั้นประกอบด้วยชั้นของเยื่อประเภทต่างๆ 4 ประเภท คือ เยื่อบริสุทธิ์ฟอกขาว เยื่อจากเศษกระดาษหนังสือพิมพ์สะอาดทั้งที่พิมพ์และไม่พิมพ์ เยื่อจากกระดาษกล่องและหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้ว และเยื่อจากกระดาษกล่องชนิดพิเศษที่ใช้แล้ว ปิดด้านหน้ากระดาษด้วยการเคลือบขาวขัดเรียบ ผลิตจากเครื่องจักรแบบตะแกรงกลม (Cylinder Mould) กระดาษ Duplex จะมีความทรงรูปสูง ความต้านทานแรงดันทะลุสูง ความแกร่ง ความเรียบ ไม่ซับหลัง ไม่ยืดหด ไม่นิ่ม ไม่มีขุย และมีสมบัติการพิมพ์ดี ซึ่งลักษณะโครงสร้างของกระดาษ Duplex ดังภาพที่ 4-7 ส่วนวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษ Duplex จะเป็นการนำกระดาษที่ใช้แล้วมาผ่านกระบวนการ Recycle เพื่อนำมาใช้ใหม่ ขั้นตอนในการผลิตกระดาษ Duplex เหมือนกับขั้นตอนการผลิตกระดาษทั่วไป คือ

- ▶ การเตรียมเยื่อ (Stock preparation) เนื่องจากกระดาษที่ผลิตมีโครงสร้างที่เป็นชั้นๆ โดยแต่ละชั้นจะใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกันออกไป ดังกระบวนการเตรียมวัตถุดิบแต่ละชนิดจึงต้องอาศัยระบบที่แยกอิสระจากกัน คือ ระบบการเตรียมเยื่อเคมีฟอกขาว ระบบการเตรียมเยื่อจากเศษกระดาษ
- ▶ การทำแผ่นกระดาษ (Papermaking) กระบวนการทำแผ่นกระดาษจะเป็นการนำเยื่อที่เตรียมไว้มาทำเป็นแผ่นกระดาษ โดยมีส่วนต่างๆ คือ ส่วนตะแกรงลดเดินแผ่น (Wire Section) ส่วนกดรีดน้ำ (Pressing Section) ส่วนอบแห้งกระดาษ (Drying Section) ส่วนลูกกลิ้งอบเย็น (Cooling Cylinder Part) และส่วนรีดผิวกระดาษ (Calendering Section)
- ▶ การเคลือบผิว (Surface Coating) เป็นการเคลือบผิวของกระดาษให้มีผิวเรียบมัน ขาวสว่าง เหมาะแก่การนำไปพิมพ์
- ▶ การแปรรูปและบรรจุหีบห่อ (Converting)

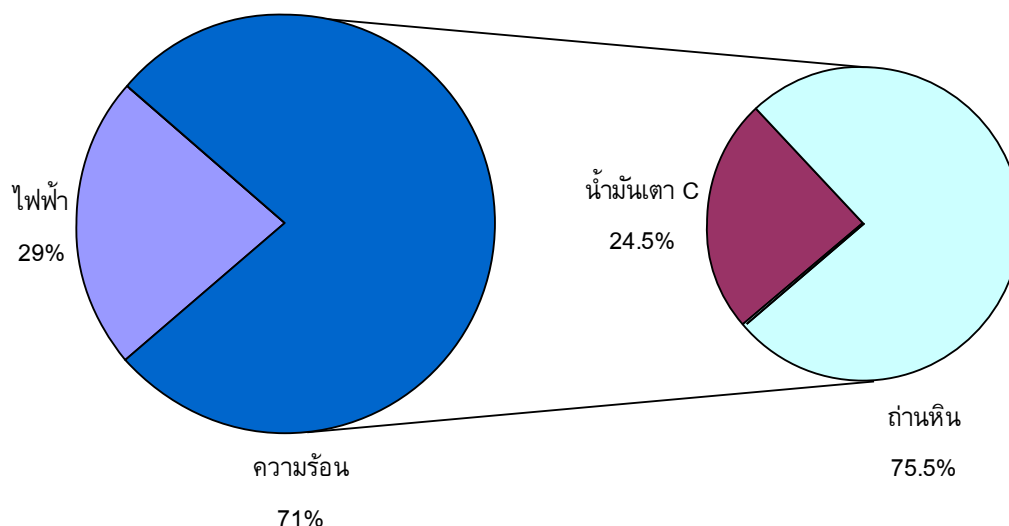
Top Coating :	Pigment
Pre Coating :	Pigment
Top Layer :	Virgin Pulp
Under Top Layer :	Secondary Pulp
Filler Layer :	Secondary Pulp
Bottom layer :	Secondary Pulp
Back Coating :	Polymer Film

ภาพที่ 4-7 ลักษณะโครงสร้างของกระดาษ Duplex

☞ การใช้พลังงานในการผลิตกระดาษ Duplex

จากการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานผลิตกระดาษ Duplex จำนวน 4 แห่ง⁴ พบว่ามีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 1,281,139 GJ/ปี (30.33 ktoe/ปี) แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 104,891 MWh/ปี (377,608 GJ/ปี) คิดเป็น 29% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก (Energy Indirect Emission) เพื่อเดินเครื่องจักรในกิจกรรมการเตรียมเยื่อ (Stock preparation) และการทำแผ่นกระดาษ (Papermaking) นอกจากนี้ยังเกิดจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในโรงงาน อาคารสำนักงาน และการใช้เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน และพลังงานความร้อน 903,531 GJ/ปี คิดเป็น 71% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) จากกิจกรรมที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันและถ่านหินในการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำในกระบวนการ และการใช้เชื้อเพลิง LPG สำหรับการเคลือบผิว (Surface Coating) การแปรรูปและบรรจุหีบห่อ (Converting) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้รถยนต์ของผู้บริหาร รถยกสำหรับการขนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ และรถขนส่ง เชื้อเพลิงที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตพลังงานความร้อนที่สำคัญ ได้แก่ ถ่านหินและน้ำมันเตา สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า และความร้อน รวมถึงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทแสดงดังภาพที่ 4-8

⁴ ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554



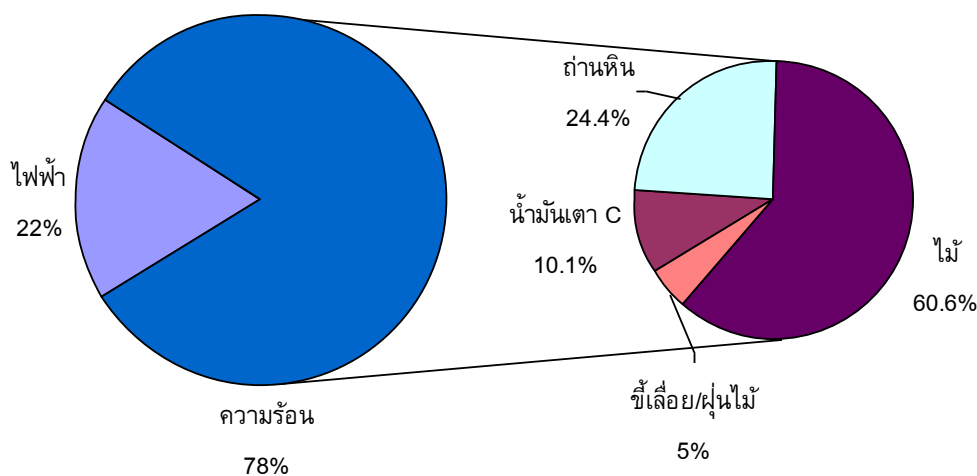
ภาพที่ 4-8 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษ Duplex

- **กระดาษพิมพ์เขียน (Printing & Writing Paper)**

ในการผลิตกระดาษพิมพ์เขียนนั้นจะใช้เยื่อที่ผ่านการฟอกขาวแล้ว ซึ่งจะถูกแปรสภาพเป็นน้ำเยื่อ ด้วยการเติมสารเคมีและน้ำก่อนจะตีให้แตกเป็นเส้นใย น้ำเยื่อจะถูกปล่อยผ่านหัวปล่อย แล้วค่อยๆ เคลื่อนไปสู่ตะแกรงลวดเดินแผ่น (Wire Section) เกิดลักษณะเป็นแผ่นกระดาษ ซึ่งจะถูกส่งไปยังส่วนกดรีดน้ำ (Press Section) เพื่อทำการกดรีดน้ำออก น้ำที่ยังเหลืออยู่ในกระดาษจะถูกกำจัดออกไปโดยการอบแห้งโดยใช้ลูกอบ (Dryer) ซึ่งกระดาษที่ผ่านการอบแห้งจะถูกส่งต่อไปฉาบผิวกระดาษ (Size-press Section) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผิวกระดาษ หลังจากนั้นกระดาษที่ผ่านการเคลือบแล้วจะถูกส่งไปอบแห้งอีกครั้ง กระดาษที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะถูกส่งไปยังส่วนการขัดผิว (Calendering Section) เพื่อให้กระดาษบางลง มีความเรียบมากขึ้น และมีความหนาสม่ำเสมอขึ้น กระดาษที่ผ่านการขัดผิวแล้ว จะได้เป็นกระดาษไม่เคลือบผิวม้วนใหญ่ (Uncoated Jumbo Reel) หากต้องการปรับปรุงคุณภาพของผิวกระดาษให้มีความเรียบเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการพิมพ์ และมีความแข็งแรงขึ้น ก็สามารถนำกระดาษดังกล่าวไปทำการเคลือบผิว โดยผ่านเข้าเครื่องเคลือบผิว (Coater) ซึ่งทำหน้าที่นำสารเคลือบผิวซึ่งมีโพลีเมอร์กับแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารเคมีหลัก และมีส่วนผสมของดินขาว หินปูน และลาเทกซ์อีกเล็กน้อย ไปเคลือบที่ผิวกระดาษ การเคลือบผิวอาจเป็นแบบ “เคลือบด้านเดียว” หรือ “เคลือบสองด้าน” ของกระดาษ และอาจจะ “เคลือบด้าน” หรือ “เคลือบมัน” ก็ได้ ทั้งนี้การเคลือบด้านหรือเคลือบมันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารเคลือบผิวที่ใช้ รวมถึงความมันวาวของกระดาษที่นำมาเคลือบผิว และวิธีการที่ใช้ในการเคลือบผิวเป็นสำคัญ ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลือบผิวกระดาษอาจเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องผลิตกระดาษ หรือแยกออกมาต่างหากก็ได้ กระดาษที่ผ่านการรีดผิว และ/หรือเคลือบผิวมาแล้วเป็นกระดาษที่มีความเรียบและความมันวาวในระดับหนึ่ง หากต้องการเพิ่มความมันวาวของกระดาษให้มากยิ่งขึ้น จะต้องนำกระดาษไปขัดผิวอีกครั้งหนึ่งโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า “Supercalender” ซึ่งจะสามารถเพิ่มความมันวาวของกระดาษให้มากยิ่งขึ้นตามจำนวนครั้งที่กระดาษได้รับการขัดผิว

☞ การใช้พลังงานในการผลิตกระดาษพิมพ์เขียน

จากการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานผลิตกระดาษพิมพ์เขียนจำนวน 6 แห่ง⁵ พบว่ามีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 4,553,762 GJ/ปี (107.80 ktoe/ปี) แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 282,318 MWh/ปี (1,016,344 GJ/ปี) คิดเป็น 22% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก (Energy Indirect Emission) เพื่อเดินเครื่องจักรในกิจกรรมการต้มน้ำเยื่อให้แตกเป็นเส้นใย และการขัดผิว (Calendering Section) นอกจากนี้ยังเกิดจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในโรงงาน อาคารสำนักงาน และการใช้เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน และพลังงานความร้อน 3,537,417 GJ/ปี คิดเป็น 78% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) จากกิจกรรมที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันและถ่านหินในการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำในกระบวนการ และการใช้เชื้อเพลิง LPG สำหรับการอบ (Drying) การฉาบผิวกระดาษ (Size-press Section) และการเคลือบผิว (Coating) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้รถยนต์ของผู้บริหาร รถยกสำหรับการขนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ และรถขนส่ง ซึ่งพลังงานความร้อนนี้ได้มาจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่น ไม้ ถ่านหินและน้ำมันเตา เป็นต้น โดยสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้า และความร้อน รวมถึงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทแสดงดังภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4-9 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษพิมพ์เขียน

⁵ ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554

- **กระดาษอนามัย (Sanitary Paper)**

กระดาษอนามัย (Sanitary Paper) เป็นชื่อรวมของกระดาษหลายชนิด เช่น กระดาษเช็ดหน้า (Facial Tissues) กระดาษเช็ดปาก (Table Napkins) และกระดาษชำระ (Toilet Tissues) รวมทั้งกระดาษเอนกประสงค์ ใช้เช็ดมือและใช้ในครัว ตามแต่ประเภทการใช้งานที่ผลิตขึ้นมา เพื่อให้มีความนุ่มและดูดซับของเหลวได้ดี เหมาะกับการใช้ทำความสะอาดร่างกาย หรือของใช้ต่างๆ ขั้นตอนการผลิตกระดาษอนามัยจะเหมือนกับการผลิตกระดาษทั่วไป โดยการผลิตกระดาษอนามัยนั้นส่วนใหญ่จะใช้เยื่อกระดาษรีไซเคิล โดยมีการผสมเยื่อบริสุทธิ์บ้างเพื่อเพิ่มคุณภาพของกระดาษให้ดีขึ้น ซึ่งเครื่องผลิตกระดาษอนามัย ดังภาพที่ 4-10 และขั้นตอนในการผลิตกระดาษอนามัยมีดังนี้

- ▶ ทำการแยกหมึกออกจากกระดาษรีไซเคิล แล้วจึงนำไปฟอกให้ขาวซึ่งมี 2 ส่วน คือ การฟอกเพื่อขจัดลิกนินออก และการฟอกเพื่อเปลี่ยนสีของลิกนินเพื่อให้ได้เยื่อสุดท้ายที่มีความขาวสว่าง (Brightness) ร้อยละ 80-95

- ▶ การเตรียมน้ำเยื่อ ทำเพื่อเพิ่มศักยภาพของเส้นใย โดยการบดเยื่อและปรับปรุงคุณสมบัติของกระดาษตามชนิดของกระดาษ เช่น เติมสารเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียกในกระดาษเช็ดหน้า หรือการเพิ่มเยื่อใหม่เพื่อเพิ่มความอ่อนนุ่ม การดูดซึมน้ำ เป็นต้น แล้วจึงควบคุมความชื้นของน้ำเยื่อ

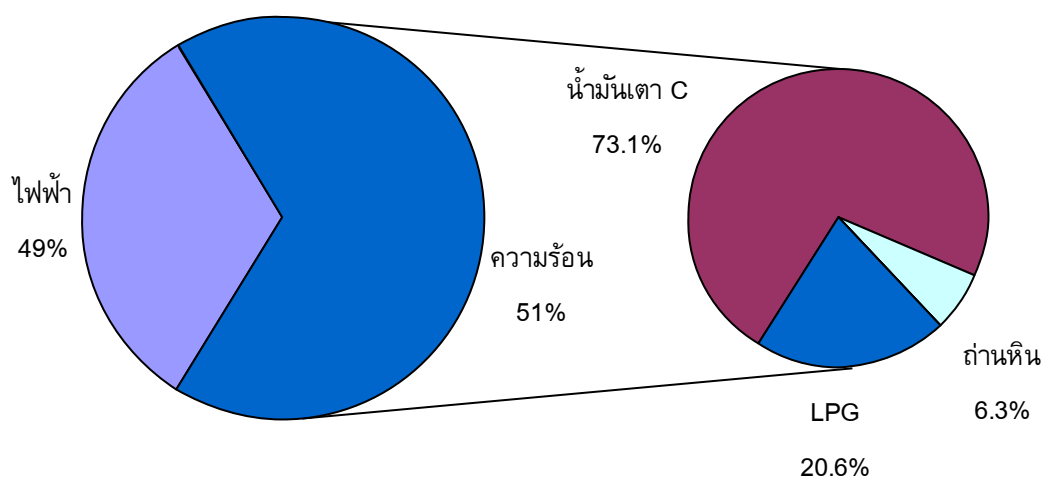
- ▶ การทำแผ่นกระดาษ เป็นการนำน้ำเยื่อที่เตรียมไว้มาขึ้นเป็นแผ่นกระดาษอนามัย โดยใช้เครื่องจักร ซึ่งทั่วไปจะเป็นแบบโพรดิเนียร์และแบบไซลินเดอร์ ซึ่งประกอบด้วยการแยกน้ำ การกดน้ำออกและการอบกระดาษให้เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 10 พร้อมสำหรับนำไปแปรรูปต่อไป



ภาพที่ 4-10 เครื่องผลิตกระดาษอนามัย

☞ การใช้พลังงานในการผลิตกระดาษอนามัย

จากการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานผลิตกระดาษอนามัย จำนวน 3 แห่ง⁶ พบว่ามีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 509,730 GJ (12.07 ktoe) แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 69,285 MWh/ปี (249,427 GJ/ปี) คิดเป็น 49% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก (Energy Indirect Emission) เพื่อเดินเครื่องจักรในกิจกรรมการแยกหมึกออกจากกระดาษรีไซเคิล การฟอก และการเตรียมน้ำเยื่อ นอกจากนี้ยังเกิดจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในโรงงาน อาคารสำนักงาน และการใช้เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน และพลังงานความร้อน 260,303 GJ/ปี คิดเป็น 51% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) จากกิจกรรมที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันและถ่านหินในการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำในกระบวนการ และการใช้เชื้อเพลิง LPG สำหรับการอบ (Drying) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้รถยนต์ของผู้บริหาร รถยกสำหรับการขนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ และรถขนส่ง เชื้อเพลิงที่สำคัญที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตพลังงานความร้อน ได้แก่ น้ำมันเตา และ LPG สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน รวมถึงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทแสดงดังภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษอนามัย

● กระดาษหนังสือพิมพ์ (Newsprint Paper)

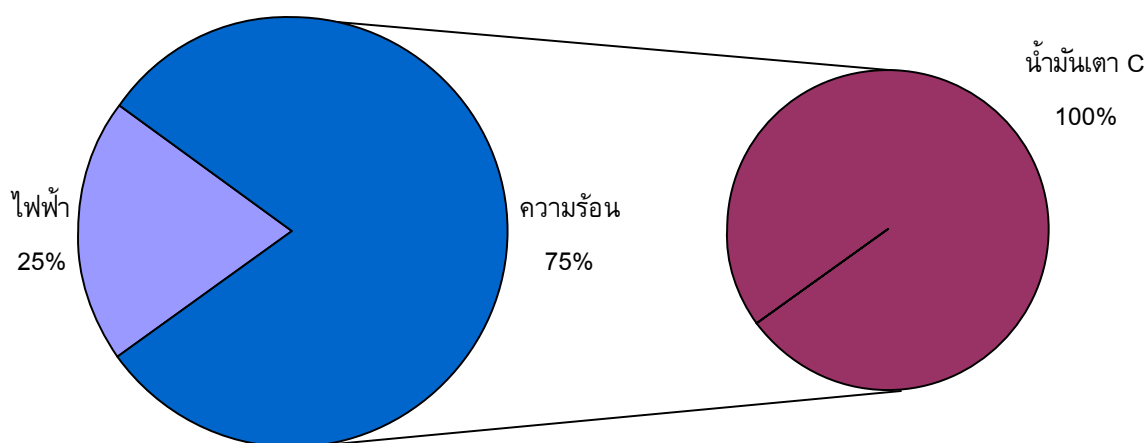
ในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ (Newsprint Paper) จะมีการใช้ทั้งเยื่อใยสั้น เยื่อใยยาว และเยื่อจากกระดาษรีไซเคิล โดยเยื่อใยสั้นมีการผลิตจากกรรมวิธีผลิตเยื่อแบบเชิงกล เยื่อที่ได้จะมีลักษณะค่อนข้างหยาบกระด้าง เส้นใยที่ได้ส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ มีการขาดและตัดเป็นท่อนๆ สำหรับเยื่อจากกระดาษรีไซเคิลนั้นจะใช้เยื่อที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์เก่า โดยมีการนำเยื่อใยยาวไปผสมกับเยื่อทั้งสองชนิดข้างต้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษ โดยมีการผสมเยื่อใยยาวเข้าไปในสัดส่วนประมาณ 10% การ

⁶ ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554

ผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์จะใช้เครื่องจักรผลิตกระดาษโฟร์ดีเนียร์แบบทวินไวร์ (Twin Wire) ซึ่งเครื่องผลิตกระดาษชนิดนี้จะมีตะแกรงลวดเดินแผ่นสองชั้น ซึ่งสามารถวิ่งได้เร็วกว่าเครื่องผลิตกระดาษโฟร์ดีเนียร์แบบปกติ เยื่อกระดาษที่ได้จะมีความสม่ำเสมอ และมีผิวที่เหมาะสมกับการพิมพ์ทั้งสองด้าน ซึ่งการปรับปรุงผิวกระดาษจะใช้วิธีการฉาบผิวบนเครื่องที่ใช้ฉาบผิว (Size Press) โดยใช้แปรงเป็นตัวฉาบ ในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์นั้นจะไม่มีการเติมสารกันซึม กระดาษหนังสือพิมพ์จะมีคุณสมบัติ คือ น้ำหนักมาตรฐานต่ำ ความทึบแสงสูง ดูดซึมหมึกได้ดี อายุการใช้งานสั้นและเปลี่ยนสิ่ง่าย กระดาษหนังสือพิมพ์จะมีคุณภาพต่างๆ กันหลายชนิดตามคุณภาพของเยื่อ และวิธีการผลิต บางชนิดมีสีคล้ำมาก บางชนิดมีสีค่อนข้างขาวและมีความเรียบต่างกัน

☞ การใช้พลังงานในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์

จากการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์จำนวน 1 แห่ง⁷ พบว่ามีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 1,011,239 GJ (23.94 ktoe) แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 113,793 MWh/ปี (409,655 GJ/ปี) คิดเป็น 25% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก (Energy Indirect Emission) เพื่อเดินเครื่องจักรในขั้นการนำหมึกออก การขึ้นรูป นอกจากนี้ยังเกิดจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในโรงงาน อาคารสำนักงาน และการใช้เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน และพลังงานความร้อน 601,584 GJ/ปี คิดเป็น 75% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) จากกิจกรรมที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันและถ่านหินในการเดินเครื่องจักรในขั้นตอนการตีเยื่อ โดยการนำกระดาษรีไซเคิลมาปั่นผสมกับน้ำและสารเคมี การกรดรีดน้ำ และการอบ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้รถยนต์ของผู้บริหาร รถยกสำหรับการขนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ และรถขนส่ง ซึ่งพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์นั้น ได้มาจากการใช้น้ำมันเตาทั้งหมด สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน รวมถึงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแสดงดังภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-12 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์

⁷ ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554

● อุตสาหกรรมกระดาษชั้นปลาย

อุตสาหกรรมกระดาษชั้นปลาย เป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมชั้นกลาง โดยการนำผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลาง ซึ่งได้แก่ กระดาษคราฟท์ มาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ (กล่อง) ของสินค้าประเภทต่างๆ เช่น กล่องใส่เครื่องใช้ไฟฟ้า กล่องใส่ผลไม้ เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมกระดาษชั้นปลายในประเทศไทยมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งผลิตแผ่นลูกฟูกและกล่อง หรือมีการผลิตกล่องเพียงอย่างเดียว ซึ่งจากข้อมูลของสมาคมผู้ผลิตกล่องและแผ่นกระดาษลูกฟูกไทยพบว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูกและผลิตกล่องด้วย มีจำนวนทั้งสิ้น 71 โรงงาน ในขณะที่โรงงานที่มีการผลิตกล่องเพียงอย่างเดียวมีจำนวน 96 โรงงาน โดยขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์ ดังภาพที่ 4-13

● การผลิตแผ่นลูกฟูก (Corrugating)

เป็นการนำเอากระดาษทำผิวกล่องและกระดาษทำลอนมาประกบกันโดยใช้เครื่องทำแผ่นลูกฟูก (Corrugating) เป็นแผ่นลูกฟูกชนิด 3 ชั้น (Single Wall) ลอน B ลอน C หรือแผ่นลูกฟูกชนิด 5 ชั้น ลอน BC เพื่อนำไปผลิตเป็นกล่องต่อไป เครื่องทำแผ่นลูกฟูกเป็นเครื่องที่มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ Single Facer และ Double Facer Section

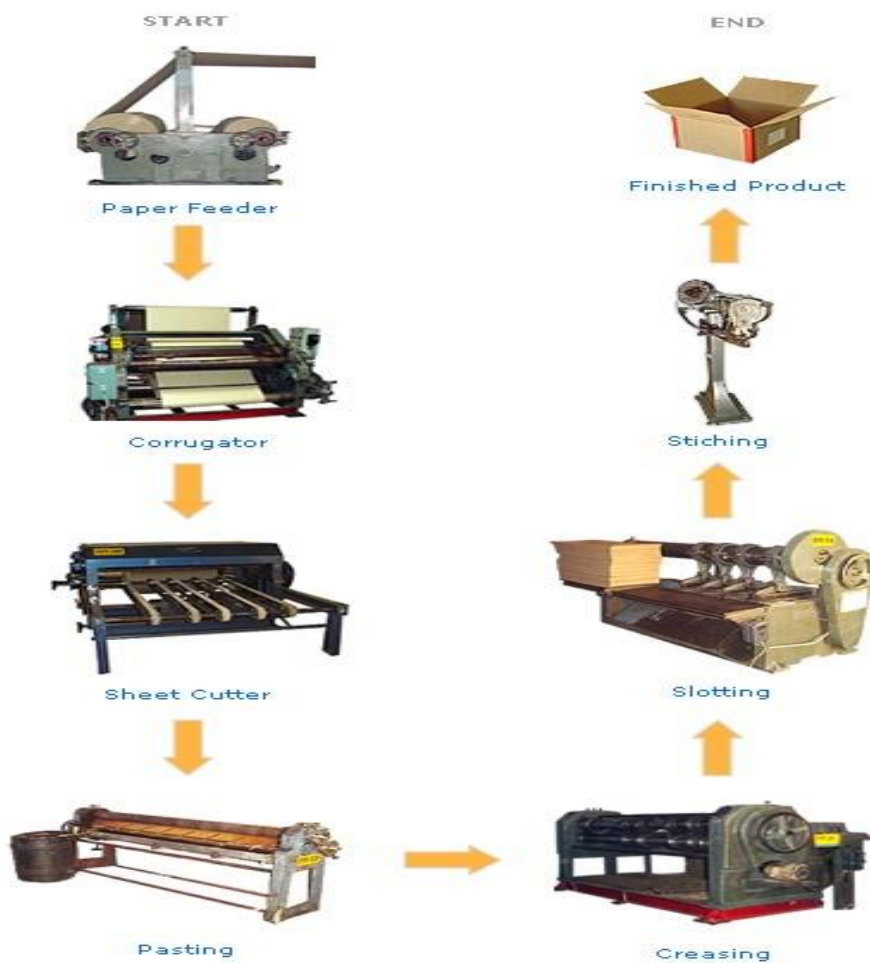
- *Single Facer Section* ประกอบด้วยชุดร้อยม้วนกระดาษหรือชุดยก (Mill Roll Stand) และชุดตัดต่อกระดาษ (Splicer) จำนวน 2 ชุด สำหรับใส่กระดาษผิวกล่องด้านใน (Inner Liner) โดยมีการรื้อยผ่านลูกร้อน (Preheater) เพื่อลดความชื้นของกระดาษและช่วยให้กาวยึดติดกระดาษได้เร็วขึ้น และอีกชุดหนึ่งจะใส่กระดาษทำลอน (Medium) และรื้อยผ่านชุด Preconditioner เพื่อช่วยในการเตรียมความพร้อมของกระดาษเวลาขึ้นรูปลอน โดยมีการพ่นไอน้ำเพื่อช่วยให้กระดาษอ่อนตัวและขึ้นลอนได้ดี จากนั้นกระดาษทำลอนจะผ่านเข้าไปยังเครื่องผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว (Single Face) ผ่านเข้าชุดทำลอน โดยมีลูกลอน 2 ลูกขบกัน (Corrugating Roll) เพื่อขึ้นรูปให้เป็นลอน โดยใช้ระบบลมดูดเป็นตัวช่วยยึดกระดาษไว้กับลูกลอน เพื่อให้ได้ขนาดลอนที่สม่ำเสมอ ชนิดของลูกลอนจะถูกกำหนดโดยตัวลูกลอนที่ติดตั้งอยู่ที่ Single Facer จากนั้นกระดาษที่ขดเป็นลอนแล้ว จะผ่านไปที่ลูกกาว (Glue Roll) เพื่อทา กาวที่เยอดลอนและประกบกับกระดาษผิวกล่องด้านใน (Inner Liner) ได้เป็นแผ่นลูกฟูกหน้าเดียว (Single Facer) จากนั้นจะถูกส่งไปบนสะพานลำเลียง (Bridge Conveyor) เพื่อรอส่งเข้าไปที่ชุด Double Facer ต่อไป ในเครื่องทำแผ่นลูกฟูกทั่วไปนั้นจะมีชุดทำลอน (Single Facer) อยู่ 2 ชุด เพื่อผลิตเป็นแผ่นลูกฟูกได้ทั้งชนิด 3 ชั้น และ 5 ชั้น

- *Double Facer Section* ประกอบด้วยชุดร้อยม้วนกระดาษหรือชุดยก (Mill Roll Stand) และตัดต่อกระดาษ (Splicer) 1 ชุด สำหรับกระดาษผิวกล่องด้านนอก (Outer Liner) กระดาษที่ผ่านมาจากเครื่องผลิตกระดาษลูกฟูกหน้าเดียว จะถูกดูดบนสะพาน (Suction Bridge) ช่วยดึงให้กระดาษตั้ง และผ่านลูกร้อน (Preheater) อีกครั้ง ก่อนที่จะเข้าเครื่องทา กาว (Glue Machine) ที่เยอดลอนเพื่อนำไปประกบกับกระดาษผิวกล่องด้านนอกเป็นแผ่นกระดาษลูกฟูก จากนั้นจะผ่านเข้าไปที่ชุดแผ่นความร้อน (Hot Plate) เพื่ออบให้กาวยึดและไล่ความชื้นออกจากกระดาษ จากนั้นจะผ่านไปยังชุดลดความร้อน (Cooling Zone) เพื่อลดอุณหภูมิของแผ่นกระดาษลูกฟูก แผ่นกระดาษลูกฟูกที่ออกมาจากจุดนี้ จะเป็นลักษณะต่อเนื่องมีแนวลอนลูกฟูกตั้งฉากกับแนวเครื่องจักร มีตัวตัดกระดาษ (Rotary Shear) คอยตัดเปลี่ยนรายการผลิตของแต่ละรายการ มีมีดผ่าแบ่ง (Slitter) และลูกทับ (Scorer) ทำหน้าที่ตัดขอบกระดาษตามความกว้าง และทำเส้นพับฝากล่อง จากนั้นมีมีดตัด (Cut Off Knife) จะตัดแผ่นลูกฟูกตามความยาวให้เป็นขนาดตามที่ต้องการ แผ่น

ลูกฟูกที่ทำการตัดแล้วจะถูกส่งเรียงซ้อนที่ชุดจัดเรียงกระดาษ (Stacker) เพื่อส่งขายในลักษณะของแผ่นลูกฟูก หรือนำไปเข้ากระบวนการผลิตเป็นกล่องต่อไป

- **การผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก**

การผลิตกล่องลูกฟูก (Converting) กระบวนการผลิตกล่อง สามารถแบ่งออกได้ตามชนิดของกล่องและการเชื่อมรอยต่อ (Manufacture's Joint) แผ่นลูกฟูกที่ออกจากเครื่องลูกฟูก ที่มีการทำเส้นพับผาที่ Slitter Scorer จะใส่ไปที่ Feed Unit ของเครื่องพิมพ์ โดยจะป้อนแผ่นลูกฟูกเข้าไปที่ละแผ่นเข้าไปยังส่วนพิมพ์ (Printing Section) เพื่อทำการพิมพ์บนกล่อง การพิมพ์จะมีจำนวนตู้สี และแม่พิมพ์ของแต่ละสีแยกออกจากกัน แผ่นลูกฟูกจะผ่านเข้าตู้สีแล้วทำการพิมพ์ที่ละสีจนครบตามต้องการ ระบบการพิมพ์ที่ใช้ส่วนมากจะเป็นแบบ Flexography โดยใช้หมึกแบบน้ำ (Water Based Ink)



ภาพที่ 4-13 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์

- **ประเภทของกล่อง**

โดยทั่วไปกล่องสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. **กล่องแบบลวดเย็บ**

ส่วนมากจะเป็นกล่องที่มีขนาดใหญ่ บรรจุสินค้าที่มีน้ำหนักมากหรือกล่องที่มีรอยต่อค่อนข้างยาว ทำการทากาวไม่สะดวก กระบวนการผลิตจะใช้เครื่อง Printer Slotter แล้วนำไปทำการตอกที่เครื่องตอก

2. **กล่องแบบติดกาว**

เป็นกล่องที่ผลิตได้รวดเร็ว และมีการใช้กับสินค้าทั่วไป กระบวนการผลิตจะใช้เครื่อง Flexo Folder Gluer ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่รวม Printer Slotter และ Folder Gluer เข้าด้วยกัน ในการผลิตกล่องชนิดนี้ แผ่นลูกฟูกจะมีการพิมพ์ทำเส้นพับ และเซาะร่องเช่นเดียวกับกระบวนการของ Printer Slotter จากนั้น Folder Gluer จะทำการทากาว และพับประกบรอยต่อด้านที่ 1 และ 4 เข้าด้วยกันเป็นกล่อง จากนั้นจะผ่านเครื่องนับจำนวนแล้วมัดเชือกตามจำนวนที่กำหนดไว้

3. **กล่องไดคัท**

เป็นกล่องที่มีรูปแบบแตกต่างจากกล่องประเภท Slot ใน 2 แบบแรก ขึ้นกับการออกแบบเพื่อความสวยงาม เช่น กล่องรูปเหลี่ยม หรือเพื่อความสะดวก ต่อการใช้งาน เช่น กล่องขัตุลือก กล่องหูหิ้ว การผลิตกล่องชนิดนี้ จะมีการทำเพลทตัด (Cutting Die) โดยวาดรูปแบบกล่องลงบนไม้อัด แล้วทำการเลื่อยและฝังใบมีดเป็นรูปแบบตามที่ต้องการ เพลทนี้จะถูกนำเข้าไปเครื่อง (แผ่นคลี่) กล่องบางประเภทจะมีการนำไปเชื่อมรอยต่อโดยการทากาวหรือเย็บลวดก่อนส่งให้ลูกค้า

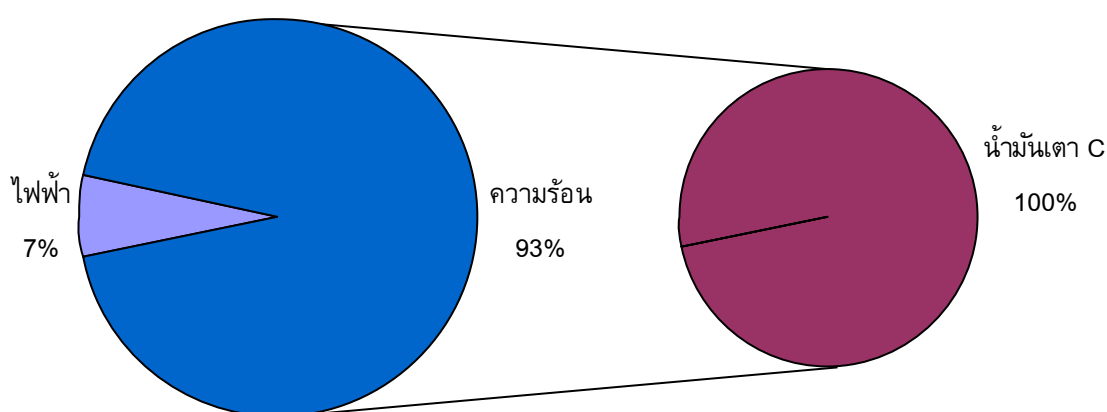
☞ การใช้พลังงานในการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก

สำหรับการใช้พลังงานในการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก มีการใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน โดยพลังงานไฟฟ้าจะถูกใช้ในการขับเคลื่อนระบบอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ ปัม สายพานลำเลียง เป็นต้น สำหรับพลังงานความร้อนนั้นจะใช้อยู่ในรูปของไอน้ำ ซึ่งถูกนำมาใช้ในลูกร้อน (Preheater) เพื่อลดความชื้นของกระดาษและช่วยให้กาวแห้งติดกระดาษได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังถูกนำมาใช้ในชุดแผ่นความร้อน (Hot Plate) เพื่ออบให้กาวแห้งและไล่ความชื้นออกจากกระดาษอีกครั้งด้วย

สำหรับการใช้พลังงานของโรงงานผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก ที่ได้มีการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลจำนวน 8 แห่ง⁸ พบว่ามีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 437,004 GJ/ปี (10.34 ktoe/ปี) แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 8,763 MWh/ปี (31,548 GJ/ปี) คิดเป็น 7% ของพลังงานรวม ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อไฟฟ้าจากภายนอก (Energy Indirect Emission) โดยใช้ในอุปกรณ์การผลิต เช่น มอเตอร์ ปัม สายพานลำเลียง ในกระบวนการม้วนกระดาษ การตัดกระดาษ และการทำลอนกระดาษ นอกจากนี้ยังเกิดจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างในโรงงาน อาคารสำนักงาน และการใช้

⁸ ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554

เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน และพลังงานความร้อน 405,456 GJ/ปี คิดเป็น 93% ของพลังงานรวม ซึ่งพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตแผ่นลูกฟูกนั้น ได้มาจากการใช้น้ำมันเตาทั้งหมด สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน รวมถึงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแสดงดังภาพ ซึ่งพลังงานความร้อนนี้ได้มาจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ซึ่งจัดอยู่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) จากกิจกรรมที่เกิดจากการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเตาสำหรับการอบแห้งโดยชุดแผ่นความร้อน (Hot Plate) เพื่ออบให้กาวแห้งและไล่ความชื้น การใช้ชุดลดความร้อน (Cooling Zone) เพื่อลดอุณหภูมิของแผ่นกระดาษ และการตัดกระดาษ รวมทั้งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) ซึ่งเกิดจากการใช้รถยกสำหรับการขนย้ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ รวมทั้งรถขนส่ง และรถอื่นๆ ที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของโรงงาน ดังภาพที่ 4-14

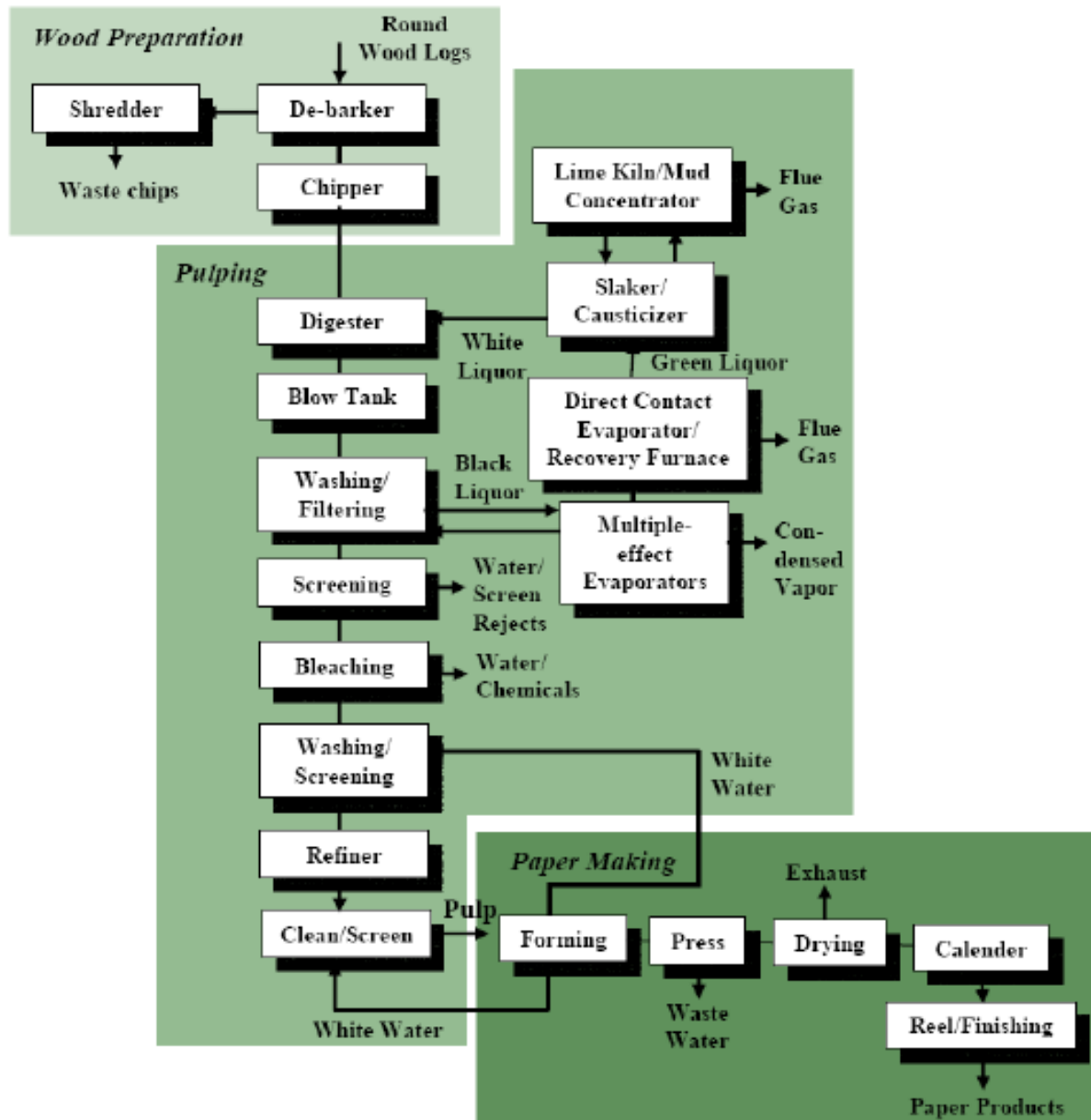


ภาพที่ 4-14 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก

3. กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมกระดาษ

เนื่องจากอุตสาหกรรมกระดาษแบ่งออกได้เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ ได้แก่ การผลิตเยื่อ อุตสาหกรรมกลางน้ำ ได้แก่ การผลิตกระดาษ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้แก่ การนำกระดาษมาผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ดังนั้นจึงขอนำเสนอตัวอย่างกระบวนการผลิตตั้งแต่การรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ที่ได้ของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท รวมถึงสรุปแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งแบ่งตามขอบข่าย (scope) ตามมาตรฐาน ISO 14064-1 ดังต่อไปนี้

- ตัวอย่างกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น-ขั้นกลาง
กระบวนการผลิตกระดาษ



ภาพที่ 4-15 กระบวนการผลิตกระดาษ
ที่มา : United States Environmental Protection Agency

แหล่งการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการผลิตกระดาษ แสดงไว้ในตารางที่ 4-3 และสรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตกระดาษ แสดงไว้ในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตกระดาษ

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> ไม้ (Wood) 	ขั้นการเตรียมไม้ (Wood Preparation) <ul style="list-style-type: none"> เข้าเครื่องตัด (Shredder) ปอกเปลือกไม้ (De-barker) สับชิ้นไม้ (Chipper) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า 	Scope 2 Scope 2 Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> เศษไม้ (Waste Chips)
<ul style="list-style-type: none"> ชิ้นไม้เล็กๆ (Wood Chips) ของเหลวขาว (White Liquor) ซึ่งมีส่วนผสมของ Sodium Hydroxide (NaOH) และหรือ Sodium Sulfide (Na₂S)⁹ 	การผลิตเยื่อ (Pulping) <ul style="list-style-type: none"> ต้มเยื่อ (Digester) เข้า Blow Tank เพื่อตั้งของเหลวออกโดยใช้แรงดัน 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า, LPG, NGV, น้ำมันเตา ไฟฟ้า 	Scope 1, 2 Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> เยื่อ (Pulp)

⁹ ใช้ในการผลิตกระดาษคราฟท์ (Kraft Pulping Process)

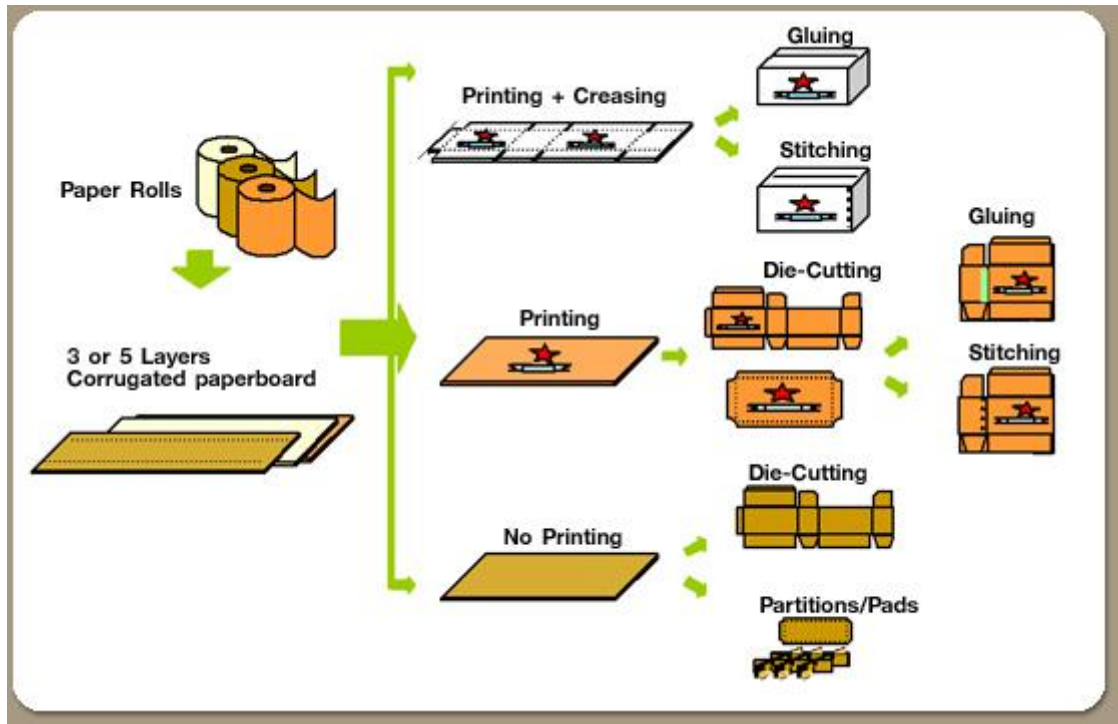
วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
	<ul style="list-style-type: none"> ล้าง/กรอง (Washing/Filtering) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	Scope 1, 2	<ul style="list-style-type: none"> ของเหลวดำ (Black Liquor) ซึ่งมีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบจำนวนมาก มีกลิ่นเหม็น มี Na_2S, NaOH, เปลือกไม้เป็นส่วนประกอบ ของเหลวดำนี้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการระเหย ต้ม และเข้าสู่กระบวนการทำด่างเพื่อแยก Na_2S และ NaOH ออกจากของเหลวดำ แล้วนำกลับไปใช้ใหม่ในการต้มเยื่อ ซึ่งเรียกว่าของเหลวขาว (White Liquor) กระบวนการนี้ทำให้เกิดก๊าซหรือของเสีย แบ่งเป็น 2 กรณี <ul style="list-style-type: none"> การผลิตเยื่อกระดาษคราฟท์ เกิดก๊าซ SO_2, NO_2, CO_2 การผลิตเยื่อกระดาษซัลไฟต์ (Sulfite) เกิด Sulfurous Acid (H_2SO_3), Bisulfite Ion (HSO_3^-), CO_2
<ul style="list-style-type: none"> น้ำ 	<ul style="list-style-type: none"> ล้างเยื่อ (Screening) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> น้ำเสีย

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)	
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2		
<ul style="list-style-type: none"> ● Bleaching Chemical (เช่น Chlorine, Chlorine dioxide, Hydrogen peroxide, Oxygen, Caustic (NaOH), Sodium hypochlorite) ● น้ำ ● น้ำ ● ไอน้ำ ● เยื่อ (Pulp) ● น้ำ ● Wet Additive (เช่น Resin, Wax, Clay, Silicas, Talc, Inorganic/organic Dyes, Inorganic chemical i.e. Calcium Sulfate, Zinc Sulfide, and Titanium Dioxide) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ฟอกเยื่อ (Bleaching) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> ● Chlorinated compound (เช่น Dioxin, Furans, Chloroform) ● น้ำเสีย ● เยื่อ (Pulp) ● CH₄ ● น้ำเสีย ● ควัน ● น้ำเสีย <p>ผลิตภัณฑ์กระดาษ</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ● ล้าง (Washing/Screening) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 2		
	<ul style="list-style-type: none"> ● ทำให้บริสุทธิ์ (Refiner) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 2		
	<ul style="list-style-type: none"> ● ทำความสะอาดเยื่อ (Clean/Screen) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 2		
	<ul style="list-style-type: none"> ● บำบัดน้ำเสีย 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 1, 2		
	การผลิตกระดาษ (Paper Making)				
	<ul style="list-style-type: none"> ● ขึ้นรูป (Forming) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 2		
	<ul style="list-style-type: none"> ● รีดน้ำ (Press) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 2		
	<ul style="list-style-type: none"> ● อบกระดาษ (Drying) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า, ไอน้ำ 	Scope 2		
	<ul style="list-style-type: none"> ● อัดเพื่อลดความหนาและทำให้ผิวเรียบ (Calender) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 2		
<ul style="list-style-type: none"> ● ม้วน/แต่งสำเร็จ (Reel/Finishing) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ไฟฟ้า 	Scope 2			

ตารางที่ 4-4 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตกระดาษ

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	● การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	● การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงาน โดยรถโฟล์คลิฟท์	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	● การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	● การบำบัดน้ำเสียซึ่งปล่อย CH ₄	m ³	m ³ X gas emission factor X gas GWP
	● การปลูกป่า		
	● การผลิตเคมีที่มีส่วนผสมของ Carbonate และกระบวนการเคมีของ Desulfurization		
	● การปล่อย CO ₂ จากการเผาไหม้ชีวมวล (Biomass Combustion)	m ³	m ³ X gas emission factor
	● การปล่อย CO ₂ จากการเผาปูนขาว (Lime Kiln)	m ³	m ³ X gas emission factor
Scope 2	● การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า X 0.5812
	● การใช้ไอน้ำในโรงงาน		

- ตัวอย่างกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมกระดาษชั้นปลาย
กระบวนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก



ภาพที่ 4-16 กระบวนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก¹⁰

แหล่งการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก แสดงไว้ในตารางที่ 4-5 และสรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตกล่องกระดาษลูกฟูกแสดงไว้ในตารางที่ 4-6

¹⁰ ที่มา : <http://www.uccbox.com/page-th/faqs-th.html>

ตารางที่ 4-5 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> กระดาษม้วน (Paper Rolls) งู กาว ลวดทองแดง, ลวดเงิน 	<ul style="list-style-type: none"> แปะซ้อนทับกระดาษ (3 or 5 Layers Corrugated Paperboard) ทับรอย และตัดกระดาษ (Printing and Creasing) ทากาว (Gluing) ประกบกล่อง (Stitching) พิมพ์สี (Printing) เซาะร่อง (Die-cutting) ทากาว (Gluing) ประกบกล่อง (Stitching) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า 		<ul style="list-style-type: none"> กล่องกระดาษลูกฟูก

ตารางที่ 4-6 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานกล่องกระดาษลูกฟูก

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	• การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุกขององค์กร	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานโดยรถโฟล์คคลิฟท์	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกขององค์กร	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
Scope 2	• การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า X 0.5812

อุตสาหกรรมสิ่งทอ

1. บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของไทยถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี 2552 ไทยมีรายได้จากการส่งออกสินค้าสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเป็นเงิน 6,498 ล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยมีตลาดส่งออกหลัก คือ สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป อาเซียน และญี่ปุ่น ซึ่งการที่ประเทศในกลุ่มลูกค้าหลักของไทยมีมาตรการและกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมออกมาเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของไทยประสบกับปัญหาการกีดกันทางการค้าที่มีใช้ภาษีด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้สีและสารเคมีค่อนข้างมากในกระบวนการผลิต มีสัดส่วนการใช้น้ำและพลังงานสูง ทำให้อุตสาหกรรมสิ่งทอส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมค่อนข้างมาก เช่น การผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของสหราชอาณาจักรในปี ค.ศ 2006 มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.1 ล้านตัน มีการปล่อยของเสีย 2 ล้านตันต่อปี และปล่อยน้ำเสีย 70 ล้านตันต่อปี

ในหลายประเทศทั่วโลก ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้ใช้หลักการของ “สังคมคาร์บอนต่ำ” และฉลากสิ่งแวดล้อมเป็นเครื่องมือกระตุ้นให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคเลือกผลิตและบริโภคสินค้าสิ่งทอที่มีคาร์บอนต่ำ ไม่ว่าจะเป็นการจัดซื้อจัดจ้างสีเขียวของภาครัฐ การใช้กลไกตลาดคาร์บอน (Carbon market) ผ่านการซื้อขายคาร์บอน (Carbon Trade) ภาษีคาร์บอน (Carbon tax) และ ฉลากคาร์บอน (Carbon label) เป็นต้น

ขอบข่ายอุตสาหกรรมสิ่งทอ

- แบ่งตาม ISIC :

ครอบคลุมในหมวด D ประเภท 17 การผลิตสิ่งทอ และประเภท 18 การผลิตเครื่องแต่งกาย การตกแต่ง และการย้อมสีขนสัตว์

- แบ่งตามบัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 :

ครอบคลุมประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 22 (1) (2) (3) (4) ลำดับที่ 23 (1) (2) (3) (4) ลำดับที่ 24 และลำดับที่ 25 ดังตารางที่ 5-1

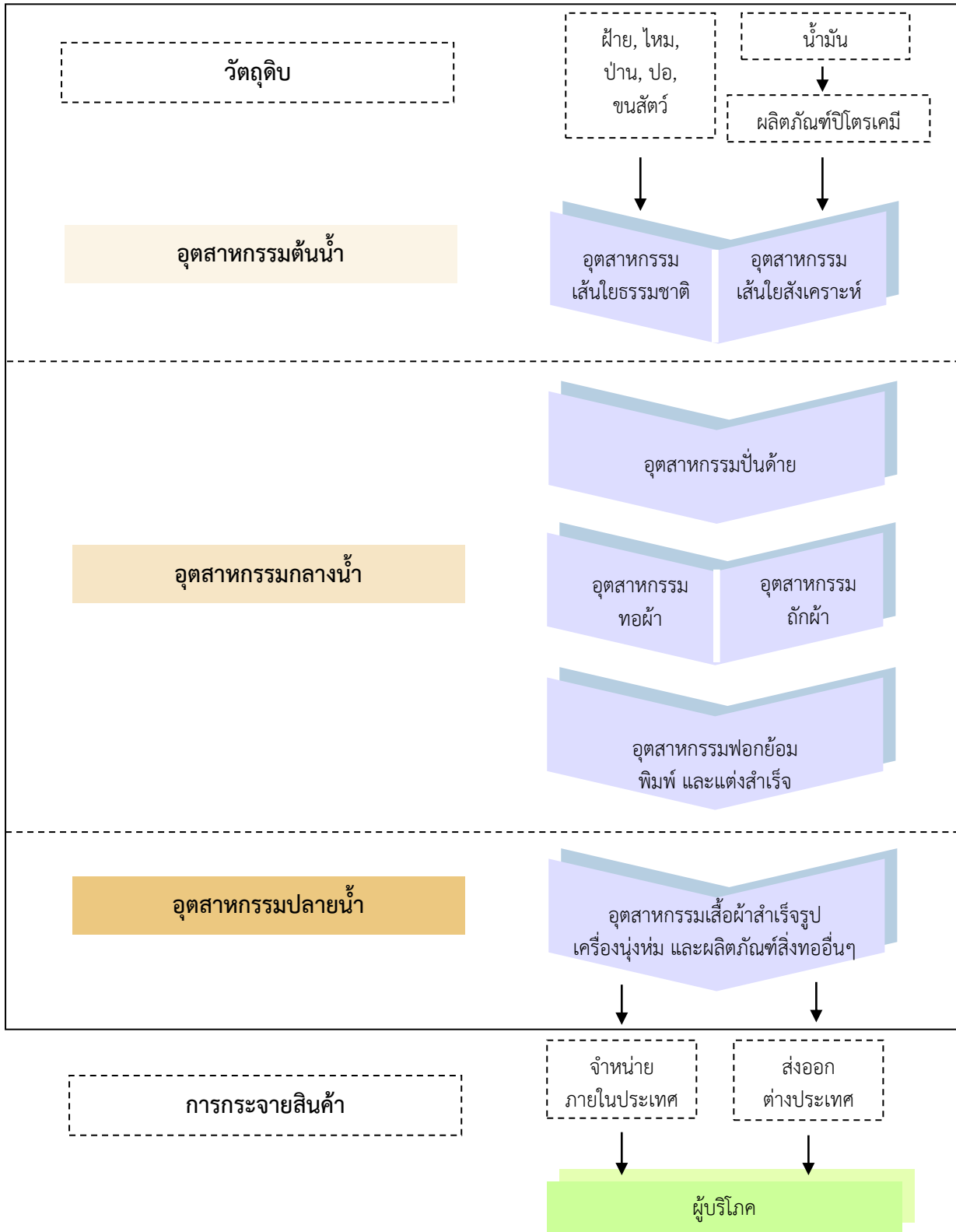
ตารางที่ 5-1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ 59 และลำดับที่ 60

ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน
22	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือ หลายอย่าง ดังต่อไปนี้
	(1) การหมัก คาร์บอนไนส์ สาง หวี ริด ปั่น ควบปิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย
	(2) การทอหรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ
	(3) การฟอกย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ
	(4) การพิมพ์สิ่งทอ

ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน
23	<p>โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากสิ่งทอ ซึ่งมีใช้เครื่องนุ่งห่มอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดังต่อไปนี้</p> <p>(1) การทำผลิตภัณฑ์จากสิ่งทอ เป็นเครื่องใช้ในบ้าน</p> <p>(2) การทำถุงหรือกระสอบซึ่งมีใช้ถุงหรือกระสอบพลาสติก</p> <p>(3) การทำผลิตภัณฑ์จากผ้าใบ</p> <p>(4) การตกแต่งหรือเย็บปักถักร้อยสิ่งทอ</p>
24	<p>โรงงานถักผ้า ผ้าลูกไม้ หรือเครื่องนุ่งห่มด้วยด้ายหรือเส้นใย หรือพอกย้อมสี หรือแต่งสำเร็จผ้า ผ้าลูกไม้ หรือเครื่องนุ่งห่มที่ถักด้วยด้ายหรือเส้นใย</p>
25	<p>โรงงานผลิตเส้นหรือพรมด้วยวิธีทอ สาน ถัก หรือผูกให้เป็นปุย ซึ่งมีใช้เส้นหรือพรมที่ทำด้วยยางหรือพลาสติกหรือพรมน้ำมัน</p>

2. ภาพรวมของอุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ตามกระบวนการและขั้นตอนการผลิต คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมกลางน้ำ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ แสดงดังภาพที่ 5-1



ภาพที่ 5-1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ

- **อุตสาหกรรมต้นน้ำ (Upstream)** คืออุตสาหกรรมผลิตเส้นใย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามกระบวนการผลิต คือ อุตสาหกรรมเส้นใยธรรมชาติ และอุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์หรือเส้นใยประดิษฐ์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เนื่องจากการนำโพลิเมอร์ซึ่งได้จากการสังเคราะห์สารเคมีที่เป็นผลผลิตจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาใช้ โรงงานอุตสาหกรรมเส้นใยประดิษฐ์เป็นโรงงานที่ต้องลงทุนสูง และใช้เทคโนโลยีขั้นสูง (capital intensive) เส้นใยประดิษฐ์ที่ผลิตได้ในประเทศไทยมีทั้งสิ้น 4 ประเภท คือ เรยอน อีคริลิก ไนลอน และโพลีเอสเตอร์

- **อุตสาหกรรมกลางน้ำ (Midstream)** ประกอบด้วยอุตสาหกรรมปั่นด้าย อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมถักผ้า และอุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ลาย และแต่งสำเร็จ

- **อุตสาหกรรมปั่นด้าย** เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้เส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้าย หรือเส้นใยประดิษฐ์เป็นวัตถุดิบ โดยนำเข้ามาตีเกลียวหรือปั่นให้เป็นเส้นด้าย หากเส้นใยที่นำมาใช้เป็นเส้นใยสั้น (staple fiber) เมื่อนำมาปั่นจะได้เส้นด้ายชนิดเส้นด้ายปั่น (spun yarn) หากวัตถุดิบเป็นเส้นใยยาว (filament) จะได้เส้นด้ายชนิดใยยาว (filament yarn) ในอดีตใช้กระบวนการผลิตเรียกว่า การปั่นด้ายแบบวงแหวน (ring spinning) สามารถปั่นด้ายได้หลากหลายขนาดตามเบอร์ด้าย ซึ่งหมายถึงเบอร์ของด้ายฝ้ายที่กำหนดจากนิยามว่าเส้นด้ายน้ำหนัก 1 ปอนด์ มีความหมายเป็นกิโลเมตรของความยาว 840 หลา ซึ่งเบอร์ด้ายสูงมีความละเอียดมากกว่าเบอร์ด้ายต่ำ รวมทั้งเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพและราคาของเส้นด้าย และเป็นตัวชี้วัดถึงขีดความสามารถทางเทคโนโลยีในการผลิตอีกด้วย ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการในการปั่นด้ายจำเป็นต้องมีการลงทุนมาก ใช้เทคโนโลยีระดับปานกลาง

ในการกำหนดขนาดของโรงงานปั่นด้าย มักจะใช้จำนวนแกนปั่นด้ายเป็นตัวชี้วัด เช่น โรงงานขนาด 10,000 แกน สำหรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ของวงการปั่นด้าย คือ การปั่นด้ายระบบปลายเปิด (Open End Spinning หรือ O.E.) เป็นระบบที่สามารถปั่นด้ายได้รวดเร็วแต่มีต้นทุนสูง เทคโนโลยีนี้เหมาะกับเส้นด้ายเบอร์หยาบๆ คือ ตั้งแต่เบอร์ 40 ลงมา นอกจากนี้อุตสาหกรรมปั่นด้ายยังครอบคลุมถึงอุตสาหกรรมการตกแต่งผิวเส้นด้ายใยยาวให้มีคุณสมบัติเฉพาะที่ดีขึ้นเหมาะแก่การใช้งาน เช่น การทำให้มีความนุ่มนวลในการสัมผัส ทำให้ดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น กลุ่มนี้เรียกว่าเป็นการทำเส้นด้ายด้วยเทกซ์เจอร์ (textured yarn)

- **อุตสาหกรรมทอผ้า** ในอดีตการทอผ้าใช้ระบบกระสวย (shuttle loom) แต่ปัจจุบันระบบนี้ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว เนื่องจากมีจุดอ่อนหลายประการ อาทิ การสิ้นเปลืองพลังงาน อันตรายจากกระสวย เสียงดังรบกวน และประสิทธิภาพการทำงานต่ำ ซึ่งระบบใหม่ที่ถูกนำมาทดแทนคือ ระบบไร้กระสวย (shuttle less loom) ซึ่งใช้หลักการในการทอเหมือนเดิม แต่เปลี่ยนรูปแบบในการพาเส้นด้ายพุ่งจากการใช้กระสวยเป็นอย่างอื่นที่ไม่ใช่กระสวย ทำให้มีความเร็วในการผลิตสูงขึ้น และลดข้อเสียต่างๆ ของระบบการทอผ้าแบบเก่าได้มาก

- **อุตสาหกรรมถักผ้า** มีขั้นตอนการผลิตหลัก คือ การนำด้ายเพียงชุดเดียว ทำให้เกิดการคล้องด้วยห่วงถัก โดยอาศัยเข็มถักเป็นตัวแทนหลัก แบ่งออกเป็นสองชนิด คือ การถักตามแนวขวางหรือแนวนอน และการถักตามแนวยาวหรือแนวตั้ง เช่น การถักถุงเท้า ถุงน่อง เครื่องแต่งกายชั้นใน เครื่องแต่งกายชั้นนอก ผ้าถักทรงกระบอก และผ้าลูกไม้ เป็นต้น

- **อุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ลาย และแต่งสำเร็จ** โดยส่วนมากเป็นระบบต่อเนื่องอัตโนมัติที่รวมกระบวนการต่างๆ ไว้ด้วยกัน ตั้งแต่การเตรียม (pretreatment) การย้อมหรือพิมพ์ (dyeing or printing) ไปจนถึงการตกแต่งสำเร็จ (finishing) เพื่อให้เกิดความสวยงาม โดยผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การขัดมัน การตะกุน หรือเพื่อให้ได้คุณสมบัติเฉพาะตามความต้องการ เช่น การป้องกันแบคทีเรีย การดูดซึมน้ำขึ้น

เป็นต้น โรงงานในอุตสาหกรรมนี้มีทั้งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ และนับเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้อย่างมาก แต่มีก่ประสบปัญหาเรื่องการบริหารการใช้น้ำซึ่งเป็นหัวใจของกระบวนการ ทั้งเรื่องของการใช้น้ำดีและการปล่อยน้ำเสียที่มีความเกี่ยวข้องกักระบวนการทางเคมีอย่างมาก

• **อุตสาหกรรมปลายน้ำ (Downstream)** ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม และผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นๆ โดยนำผ้าผืนที่ได้จากอุตสาหกรรมกลางน้ำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งโดยทั่วไปขั้นตอนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปและเครื่องนุ่งห่มประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ

- ขั้นตอนเตรียมการตัดเย็บ ได้แก่ การออกแบบ (designing) การทำแพทเทิร์น (patterning) และการตัด (cutting) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้ต้องอาศัยทักษะ ประสพการณ์ และแรงงานฝีมือ ปัจจุบันโรงงานขนาดใหญ่บางแห่งได้นำระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิตเพื่อประหยัดค่าแรงงานและลดความสูญเสียดจากการร่างแบบและการตัดที่เรียกว่า Computer-Aided Design (CAD) และ Computer-Aided Manufacturing (CAM) ทำให้การผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปง่ายและรวดเร็วขึ้น

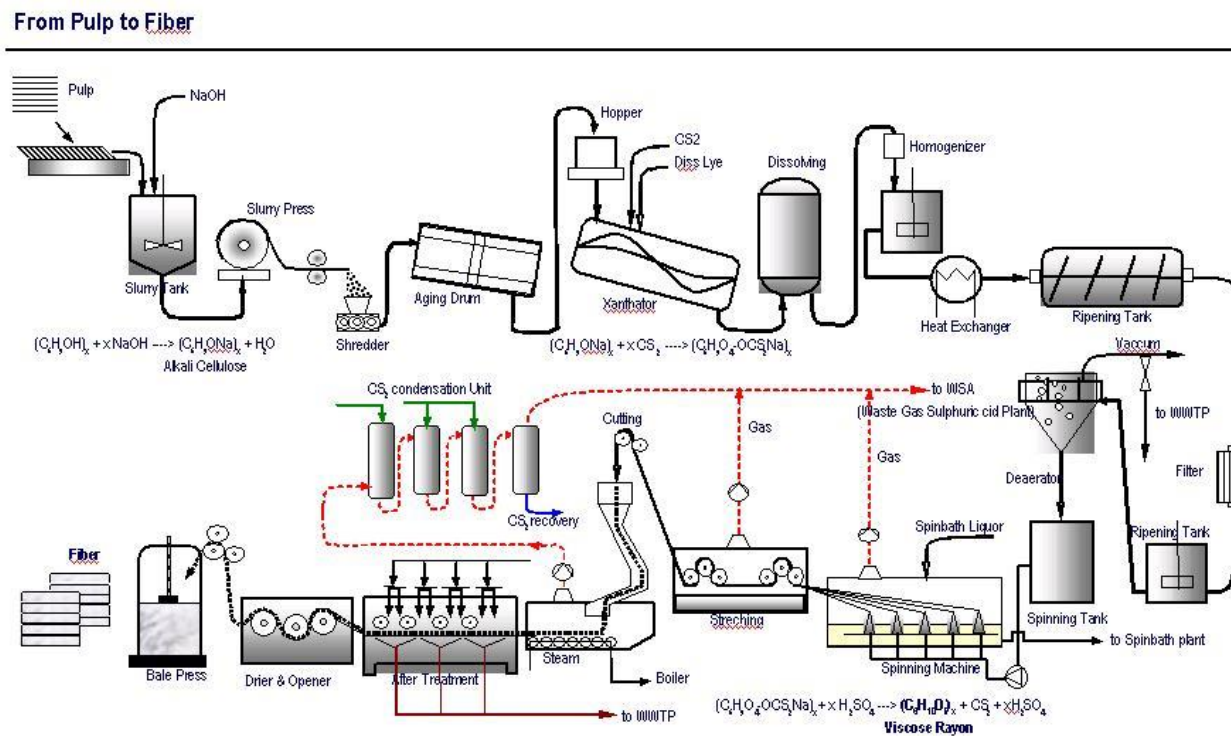
- ขั้นตอนการเย็บประกอบชิ้นส่วน โดยหลังจากผ้าผืนผ่านการตัด (cutting) เรียบร้อยแล้วจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการเย็บเพื่อประกอบเป็นเสื้อผ้าหรือผลิตภัณฑ์สิ่งทอสำเร็จรูปต่างๆ ขั้นตอนการเย็บดังกล่าวอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนย่อย คือ การเย็บ (sewing) และการซอยเก็บรายละเอียด (trimming) ในขั้นตอนนี้สามารถใช้เครื่องจักรอัตโนมัติหรือเครื่องเย็บคอมพิวเตอร์เข้าช่วย เพื่อให้การประกอบชิ้นส่วนเป็นเสื้อผ้าได้เร็วขึ้น

- ขั้นตอนการเตรียมสินค้าสู่ตลาด เมื่อสิ่งทอผ่านการตัดเย็บเป็นสินค้าสำเร็จรูปแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 เพื่อเตรียมออกสู่ตลาด ประกอบด้วยการรีด (ironing) การพับ (folding) และการบรรจุหีบห่อ (packaging)

3. กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมสิ่งทอ

เนื่องจากอุตสาหกรรมสิ่งทอแบ่งออกได้เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ ได้แก่ การผลิตเส้นใย (เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยประดิษฐ์) อุตสาหกรรมกลางน้ำ ได้แก่ การปั่นด้าย ทอผ้า ถักผ้า การฟอกย้อม พิมพ์ลาย และแต่งสำเร็จ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้แก่ การตัดเย็บเสื้อผ้า และสิ่งทอสำเร็จรูปอื่นๆ ดังนั้นจึงขอเสนอตัวอย่างกระบวนการผลิตตั้งแต่การรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ที่ได้ ของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท รวมถึงสรุปแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งแบ่งตามขอบข่าย (scope) ตามมาตรฐาน ISO 14064-1 ดังต่อไปนี้

- ตัวอย่าง กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอต้นน้ำ
กระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน ดังภาพที่ 5-2



ภาพที่ 5-2 การผลิตเส้นใยเรยอน¹

แหล่งการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน แสดงไว้ในตารางที่ 5-2 และสรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเส้นใยเรยอน แสดงไว้ในตารางที่ 5-3

¹ ที่มา : <http://chemistry.health-tips-diseases.com/2010/01/viscose-fiber-production-process.html>

ตารางที่ 5-2 การซึบและประเมินแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> ไม้ (Pulp) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 	<ul style="list-style-type: none"> รับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก เตรียมไม้ให้อยู่ในรูป Alkaline Cellulose บด Alkaline Cellulose เป็นชิ้นเล็กๆ เปลี่ยน Alkaline Cellulose ให้เป็น Xanthate Cellulose หรือ Viscose Solution 	<ul style="list-style-type: none"> ดีเซล, NGV ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 1 Scope 2 Scope 2 Scope 2 	<ul style="list-style-type: none"> Alkaline Cellulose, น้ำ Viscose Solution
<ul style="list-style-type: none"> กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 	<ul style="list-style-type: none"> ผ่านเครื่องกรอง (Filter) ปั่นโดยเครื่อง Spinning Machine ยัด ตัด เข้าเครื่องกำเนิดไอน้ำ เป่าแห้ง เข้าเครื่องอัด บำบัดน้ำเสีย และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์* ขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า, ไอน้ำ ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ดีเซล, NGV 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 1 	<ul style="list-style-type: none"> คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)* คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)* คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)* เส้นใยเรยอน (Rayon Fiber) มีเทน (CH_4)

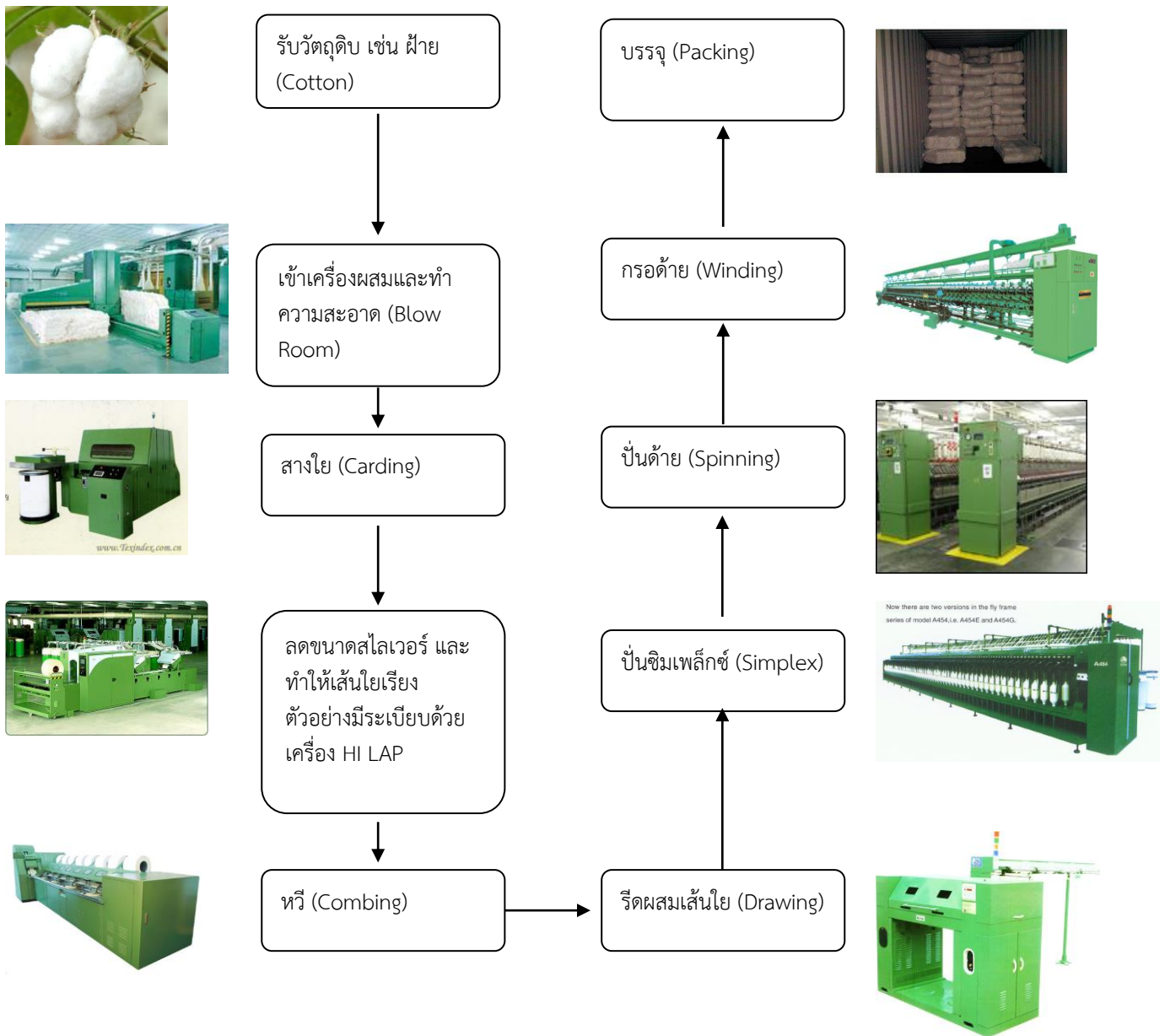
* บางโรงงานมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ร่วมด้วย

ตารางที่ 5-3 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเส้นใยเรยอน และวิธีการคำนวณ

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	• การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงาน โดยรถโฟล์คลิฟท์	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
Scope 2	• การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า

• ตัวอย่าง กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอกลางน้ำ

กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปั่นด้าย



ภาพที่ 5-3 การปั่นด้าย²

แหล่งการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการปั่นด้าย แสดงไว้ในตารางที่ 5-4 และสรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานปั่นด้าย แสดงไว้ในตารางที่ 5-5

² ที่มา : nightmarez.ordpress.com/2008/02/13/กระบวนการปั่นด้าย/

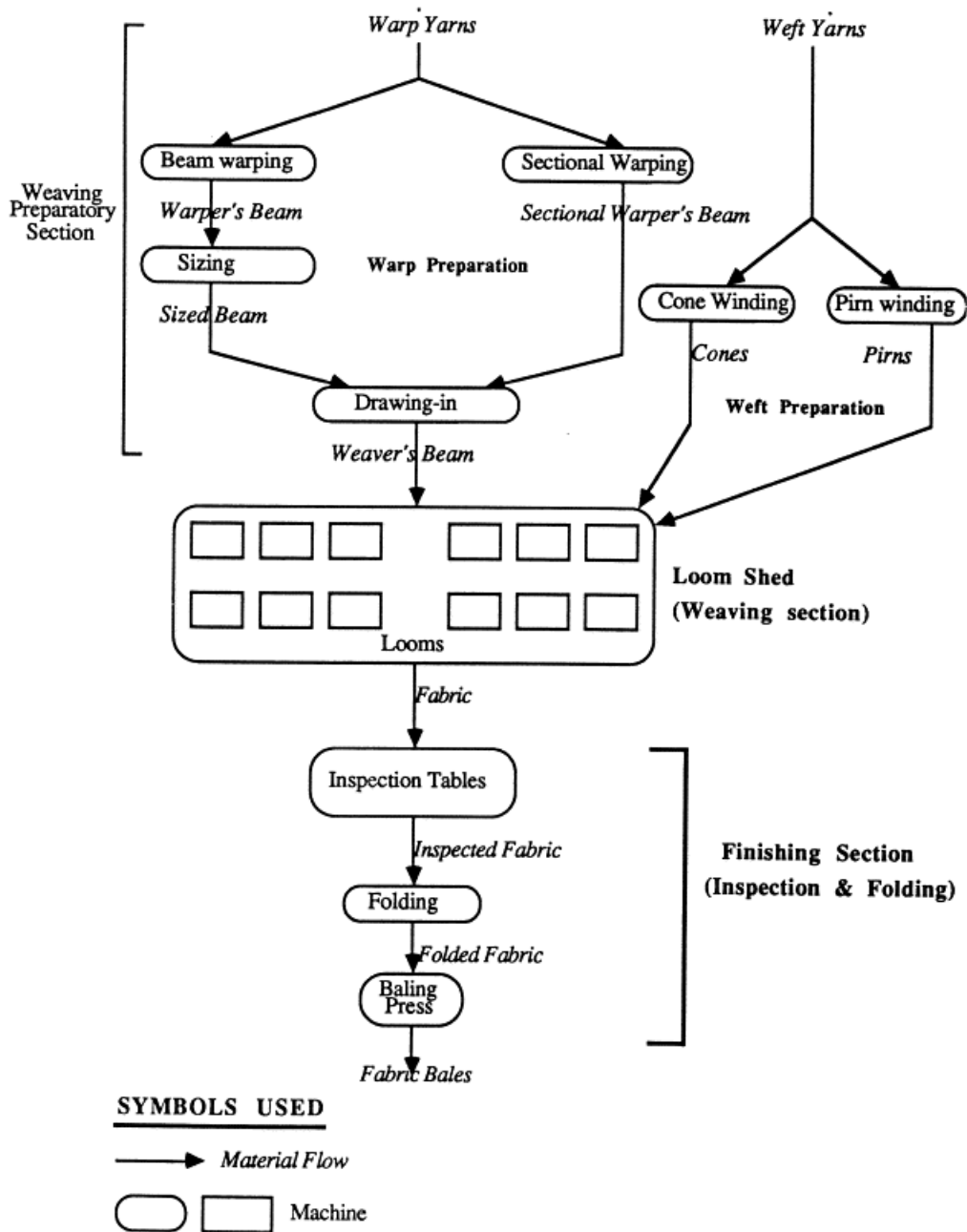
ตารางที่ 5-4 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปั่นด้าย

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> ฝ้าย (Cotton) อะคริลิก สารหล่อลื่น (Sizing Agent) ชนิดต่างๆ เช่น แป้ง (Starch) Poly Vinyl Alcohol (PVA) และ Carboxymethyl Cellulose 	<ul style="list-style-type: none"> รับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก เข้าเครื่องผสมและทำความสะอาด (Blow Room) สาวใย (Carding) ลดขนาดสายเส้นใย และทำให้เส้นใยเรียงตัวอย่างมีระเบียบด้วยเครื่อง HI LAP หวี (Combing) รีดผสมเส้นใย (Drawing) ปั่นซึมเพล็กซ์ (Simplex) ปั่นด้าย (Spinning) กรอด้าย (Winding) บรรจุ (Packing) ขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก 	<ul style="list-style-type: none"> ดีเซล, NGV ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ดีเซล, NGV 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 1 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 1 	<ul style="list-style-type: none"> ฝ้ายที่ทำความสะอาดแล้ว สายเส้นใย (Sliver) สายเส้นใย (Sliver) ที่ถูกลดขนาดลง และมีการเรียงตัวอย่างมีระเบียบ สายเส้นใยที่เรียงตัวเป็นระเบียบ มีการคัดเส้นใยสั้นและสิ่งสกปรกออก สายเส้นใย (Sliver) ชนิดต่างๆ สายเส้นใย (Sliver) ที่ถูกลดขนาดให้เล็กลงเพื่อเตรียมสำหรับการปั่นด้าย เส้นด้าย (Yarn)

ตารางที่ 5-5 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานปั่นด้าย

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	<ul style="list-style-type: none"> การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุกขององค์กร 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานโดยรถโฟล์คลิฟท์ 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกขององค์กร 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน 	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า

กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมทอผ้า



ภาพที่ 5-4 การทอผ้าในอุตสาหกรรม³

แหล่งการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการทอผ้า แสดงไว้ในตารางที่ 5-6 และสรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานทอผ้า แสดงไว้ในตารางที่ 5-7

³ ที่มา : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083520000097>

ตารางที่ 5-6 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการทอผ้า

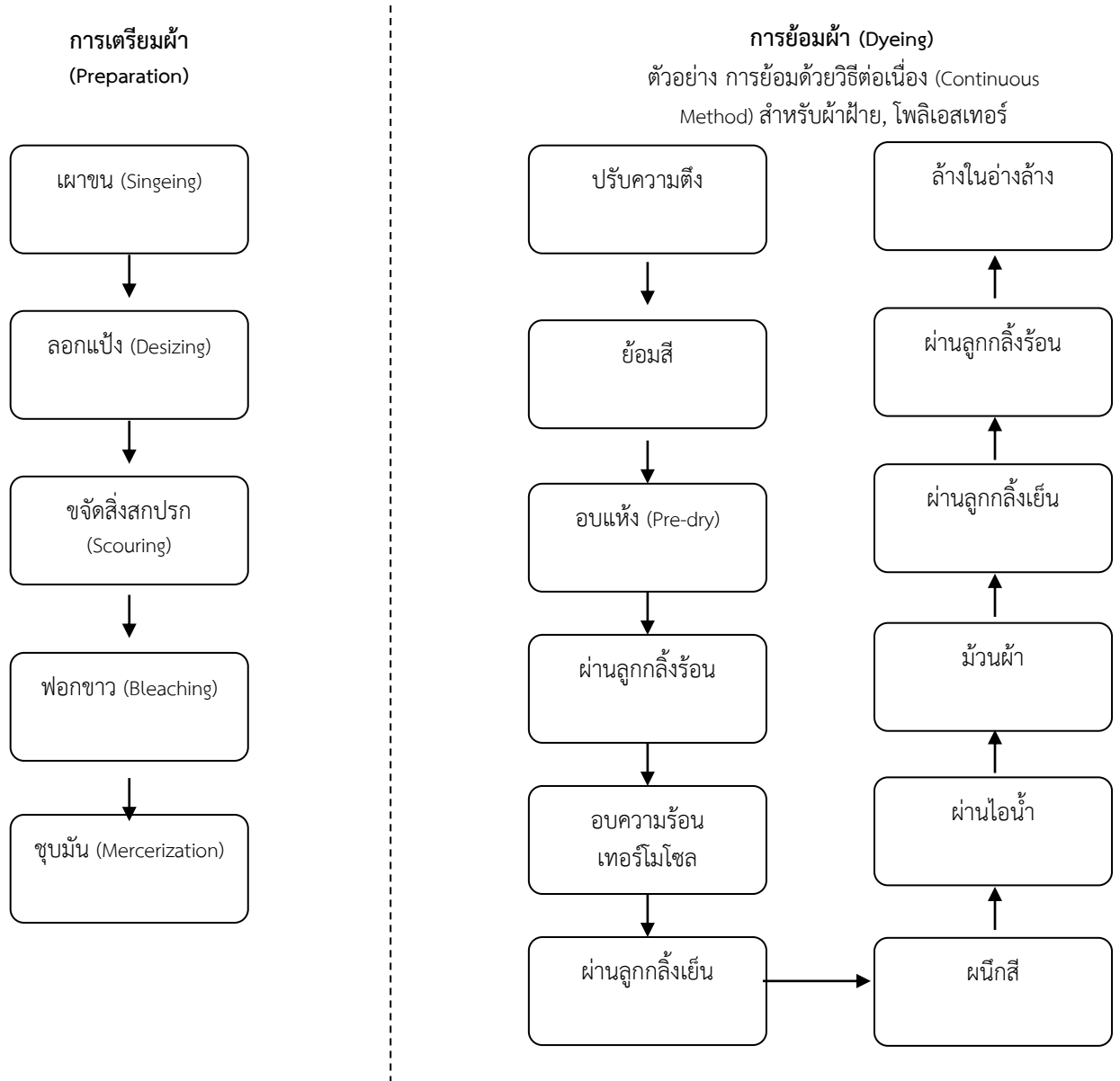
วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> เส้นด้าย (Yarn) แป้ง (Starch) 	<ul style="list-style-type: none"> รับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก เตรียมด้ายยาว (Warp Preparation) เตรียมด้ายขวาง (Weft Preparation) การทอผ้าโดยใช้กี่หรือเครื่องทอผ้า (Weaving) การตรวจสอบ (Inspection) การพับ (Folding) การบรรจุ (Baling) ขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุก 	<ul style="list-style-type: none"> ดีเซล, NGV ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ดีเซล, NGV 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 1 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 1 	<ul style="list-style-type: none"> ผ้า (Fabric)

ตารางที่ 5-7 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานทอผ้า

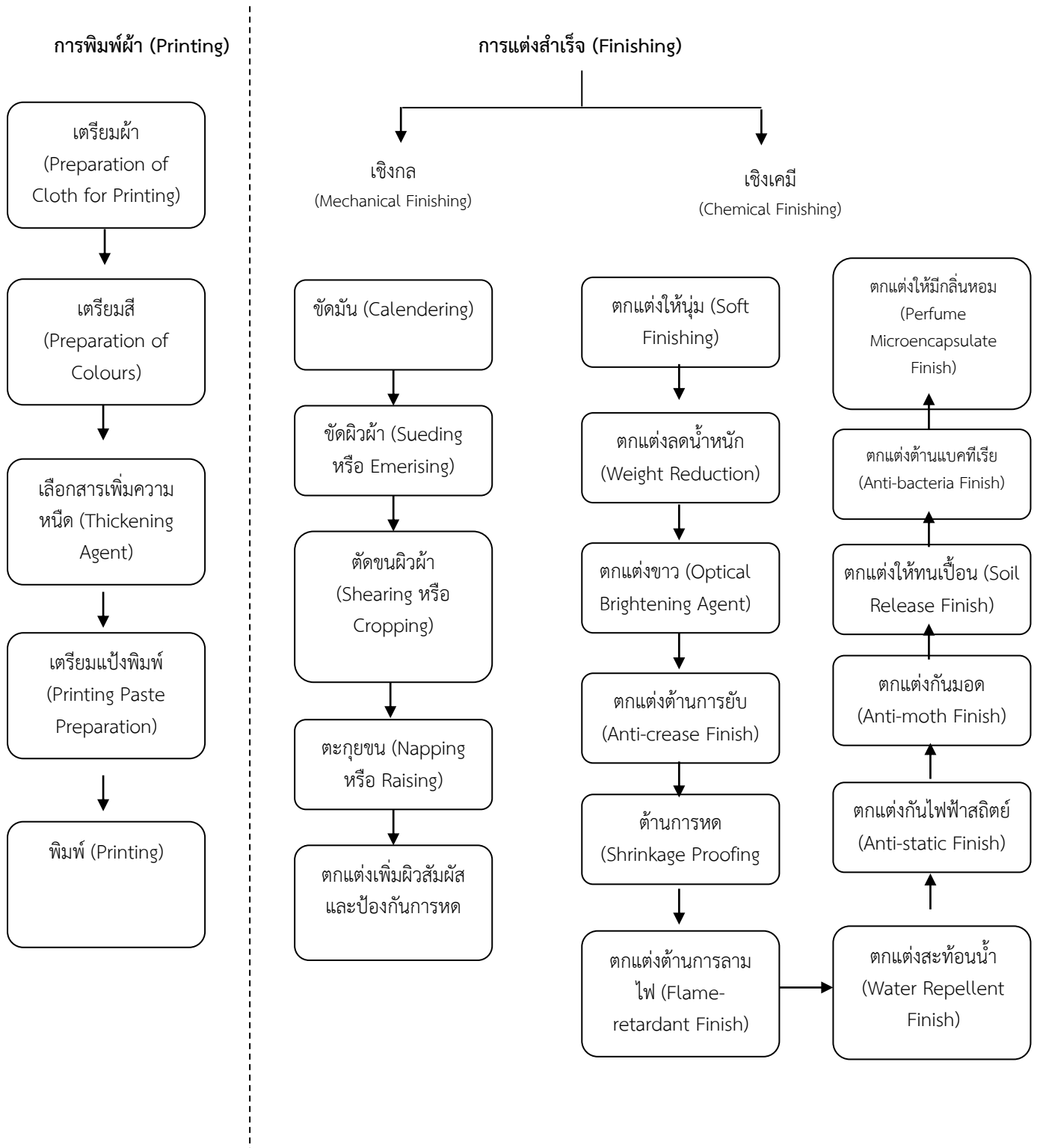
Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุกขององค์กร	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานโดยรถโฟล์คคลิฟท์	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกขององค์กร	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
Scope 2	การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า

กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ลาย และแต่งสำเร็จ

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ลาย และแต่งสำเร็จ สามารถแบ่งได้เป็นกระบวนการย่อยๆ ดังนี้



ภาพที่ 5-5 การฟอก ย้อมผ้าในอุตสาหกรรม



ภาพที่ 5-6 การแต่งสำเร็จ

แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเตรียมผ้า ย้อมผ้า พิมพ์ผ้า และการแต่งสำเร็จ แสดงไว้ในตารางที่ 5-8 ถึง 5-11 และสรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานสิ่งทอ แสดงไว้ในตารางที่ 5-12

ตารางที่ 5-8 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเตรียมผ้า (รวมการฟอก)

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> • ผ้า (Fabric) • สารประกอบซัลเฟอร์, Hydrogen peroxide, Enzyme • Sodium hydroxide, Sodium Silicate, Surfactant, Detergent, Chelating (Sequestering) Agent, Salt, Solvent • Sodium hypochlorite, Hydrogen peroxide, NaCl • Sodium hydroxide 	<ul style="list-style-type: none"> • รับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก • เผาขน (Singeing) • ลอกแป้ง (Desizing) • ขจัดสิ่งสกปรก (Scouring) • ฟอกขาว (Bleaching) • ชุบมัน (Mercerization)* 	<ul style="list-style-type: none"> • ดีเซล, NGV • LPG • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 1 Scope 1 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ • ผ้า (Fabric) ที่ผ่านการเตรียมพร้อมสำหรับการย้อม • น้ำทิ้งที่มีค่าความเป็นด่างสูง

* มักใช้กับผ้าฝ้าย

ตารางที่ 5-9 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย้อมผ้า

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> ผ้า (Fabric) ที่ผ่านการเตรียมพร้อมสำหรับการย้อม น้ำ, สีย้อม, สารปรับสภาพน้ำ เช่น Sodium Carbonate Decahydrate, sodium hexametaphosphate สารผนึกสี (Fixing Agent) 	<ul style="list-style-type: none"> ปรับความตึง ย้อมสี อบแห้ง (Pre-dry) ผ่านลูกกลิ้งร้อน อบความร้อนเทอร์โมโซล ผ่านลูกกลิ้งเย็น ผนึกสี ผ่านไอน้ำ ม้วนผ้า ผ่านลูกกลิ้งเย็น ผ่านลูกกลิ้งร้อน ล้างในอ่างล้าง 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า, ไอน้ำ ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 	<ul style="list-style-type: none"> น้ำทิ้งจากการย้อม (Nitrogen chlorine, Sulfur, Sodium Carbonate, Sodium Hydroxide) ผ้า (Fabric) ที่ผ่านการย้อมสีแล้ว น้ำทิ้งได้รับการบำบัดด้วยกระบวนการออกซิไดเซชัน

ตารางที่ 5-10 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการพิมพ์ผ้า

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> • ผ้า (Fabric) ที่ผ่านการย้อมสี • สีชนิดต่างๆ เช่น สีพิกเมนต์ (Pigment Dyes) สีแอซิด (Acid Dyes) สารช่วยยึดติด (Binder) • สารเพิ่มความหนืด (Thickening Agent) เช่น Gums, Albumen • แป้งพิมพ์ (Print Paste), Methylene Blue 	• เตรียมผ้า (Preparation of Cloth for Printing)	• ไฟฟ้า	Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> • กรดอะซิติก • ผ้าพิมพ์ลาย
	• เตรียมสี (Preparation of Colours)	• ไฟฟ้า, กระบวนการทางเคมี	Scope 1, 2	
	• เลือกสารเพิ่มความหนืด (Thickening Agent)	• ไฟฟ้า	Scope 2	
	• เตรียมแป้งพิมพ์ (Printing Paste Preparation)	• ไฟฟ้า	Scope 2	
	• พิมพ์ (Printing)	• ไฟฟ้า	Scope 2	

ตารางที่ 5-11 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแต่งสำเร็จ

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> ผ้า (Fabric) ที่ผ่านการย้อมสี หรือ พิมพ์แล้ว กระดาษทราย 	การแต่งสำเร็จเชิงกล <ul style="list-style-type: none"> ขัดมัน (Calendering) ขัดผิวผ้า (Sueding หรือ Emerising) ตัดขนผิวผ้า (Shearing หรือ Cropping) ตะกุกขน (Napping หรือ Raising) ตกแต่งเพิ่มผิวสัมผัสและป้องกันการหด 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 	<ul style="list-style-type: none"> HFCs
<ul style="list-style-type: none"> Silicone, Fluoresin 	การแต่งสำเร็จเชิงเคมี <ul style="list-style-type: none"> ตกแต่งให้นุ่ม (Soft Finishing) ตกแต่งลดน้ำหนัก (Weight Reduction) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า, กระบวนการทางเคมี ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 1, 2 Scope 2 	
<ul style="list-style-type: none"> สารเรืองแสง (Fluorescent Whitening Agent) Urea, Melamine, Formaldehyde 	<ul style="list-style-type: none"> ตกแต่งขาว (Optical Brightening Agent)* ตกแต่งต้านการยับ (Anti-crease Finish) ต้านการหด (Shrinkage Proofing) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า ไฟฟ้า ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 Scope 2 Scope 2 	

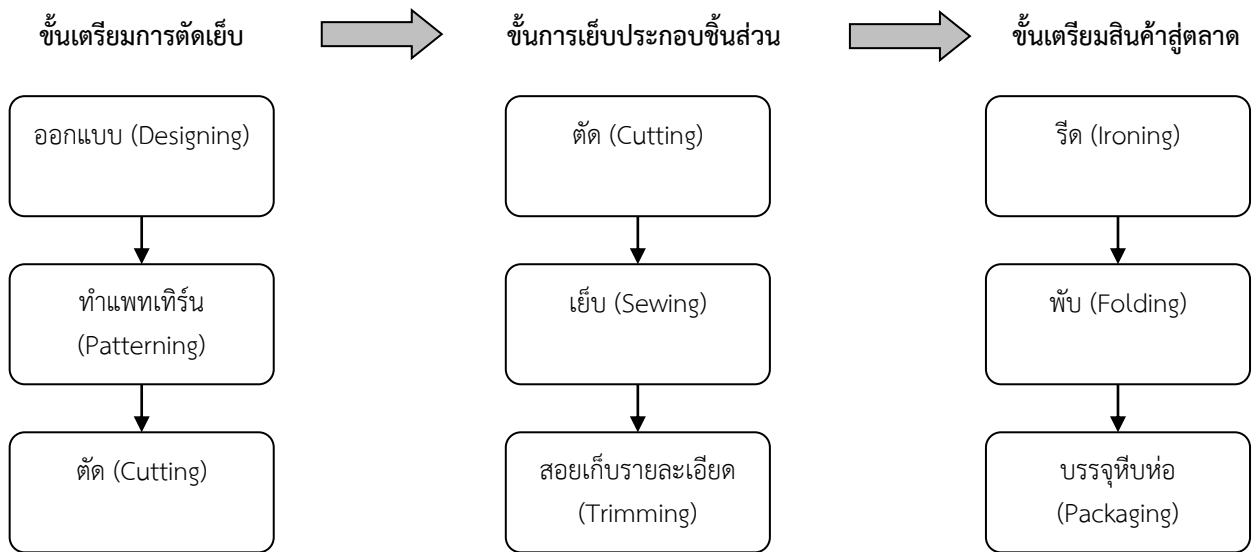
วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> Phosphorus, Inorganic Salt, Halogen-based, Nitrogen Paraffin, Wax, Silicone, Polytetrafluoroethylene สารลดแรงตึงผิว, เกลือของสารอินทรีย์, Glycol, Polyethylene Glycol, Quaternary Ammonium Salts, Phosphate Esters P-dichlorobenzene, Hexachloroethane สารตกแต่งทนเปื้อน Kitosan, Nano-sink Oxide, Silver Oxide น้ำมันหอมระเหย, Paraffin, Wax, Polyurethane 	<ul style="list-style-type: none"> ตกแต่งต้านการลามไฟ (Flame-retardant Finish) ตกแต่งสะท้อนน้ำ (Water Repellent Finish) ตกแต่งกันไฟฟ้าสถิตย์ (Anti-static Finish) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า ไฟฟ้า, กระบวนการทางเคมี ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 Scope 1, 2 Scope 2 	<ul style="list-style-type: none"> HFCs ผ้า (Fabric) ที่ผ่านการแต่งสำเร็จแล้ว น้ำทิ้งที่มีส่วนผสมของสารเคมีต่างๆ ในแต่ละกระบวนการผลิต
	<ul style="list-style-type: none"> ตกแต่งกันมอด (Anti-moth Finish) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 	
	<ul style="list-style-type: none"> ตกแต่งให้ทนเปื้อน (Soil Release Finish) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 	
	<ul style="list-style-type: none"> ตกแต่งต้านแบคทีเรีย (Anti-bacteria Finish) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 	
	<ul style="list-style-type: none"> ตกแต่งให้มีกลิ่นหอม (Perfume Microencapsulate Finish) 	<ul style="list-style-type: none"> ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 	

*สำหรับการผลิตผ้าจากใยธรรมชาติ เช่น ผ้าฝ้าย

ตารางที่ 5-12 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานสิ่งทอ

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	• การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุกขององค์กร	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานโดยรถโฟล์คลิฟท์	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกขององค์กร	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	• การบำบัดน้ำเสียภายในโรงงาน	m ³	m ³ x gas emission factor x gas GWP
Scope 2	• การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า

- ตัวอย่าง กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอปลายน้ำ
กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป



ภาพที่ 5-7 การผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป

แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป แสดงไว้ในตารางที่ 5-13 และสรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป แสดงไว้ในตารางที่ 5-14

ตารางที่ 5-13 การระบุและประเมินแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป

วัตถุดิบนำเข้า (Input)	กระบวนการผลิต (Process)			ผลิตภัณฑ์ที่ได้ และอื่นๆ (Output)
	ขั้นตอน/กิจกรรม	แหล่งของการปล่อยคาร์บอน	Scope 1, 2	
<ul style="list-style-type: none"> • แบบ • ผ้า, เส้นด้าย, ส่วนประกอบต่างๆ 	<p>ขั้นเตรียมการตัดเย็บ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ออกแบบ (Designing) • ทำแพทเทิร์น (Patterning) • ตัด (Cutting) <p>ขั้นการเย็บประกอบชิ้นส่วน</p> <ul style="list-style-type: none"> • รับวัตถุดิบโดยรถบรรทุก • ตัด (Cutting) • เย็บ (Sewing) • สอยเก็บรายละเอียด (Trimming) <p>ขั้นเตรียมสินค้าสู่ตลาด</p> <ul style="list-style-type: none"> • รีด (Ironing) • พับ (Folding) • บรรจุหีบห่อ (Packaging) 	<ul style="list-style-type: none"> • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ดีเซล, NGV • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า • ไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 1 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 Scope 2 	<ul style="list-style-type: none"> • เสื้อผ้าสำเร็จรูป

ตารางที่ 5-14 สรุปการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป และวิธีการคำนวณ

Scope	กิจกรรม	หน่วยวัด	วิธีการคำนวณ (Activity Data x EF)
Scope 1	<ul style="list-style-type: none"> การรับวัตถุดิบโดยรถบรรทุกขององค์กร 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงานโดยรถโฟล์คลิฟท์ 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
	<ul style="list-style-type: none"> การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกขององค์กร 	Lt.	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามชนิดของเชื้อเพลิง
Scope 2	<ul style="list-style-type: none"> การใช้ไฟฟ้าในโรงงานและสำนักงาน 	kWh	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า