

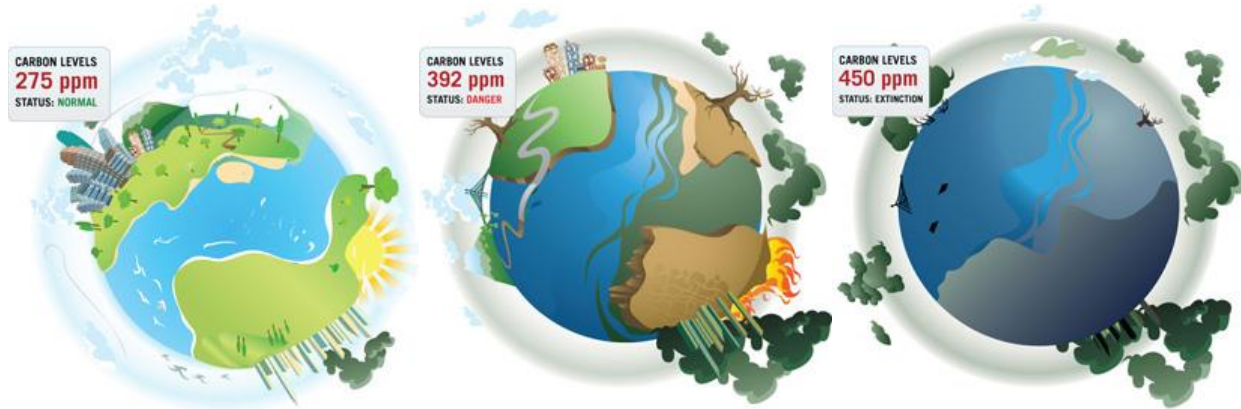
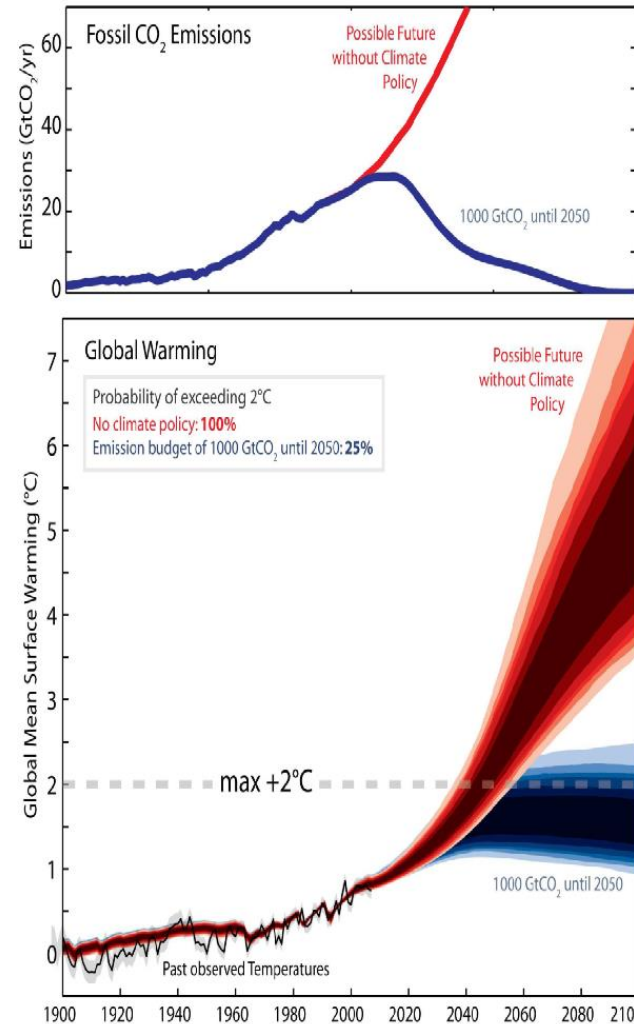
Carbon Footprint of Product (CFP)

Circular Economy เปลี่ยนธุรกิจสู่ความยั่งยืน

Asst.Prof.Dr.Viganda Varabuntoonvit
Chemical Engineering, Kasetsart University
KU-Sustainable Engineering Research Unit (KU-SuRe)
fengvgv@ku.th

Global Warming and Climate Change

Global temperature higher → climate change



• BAU:

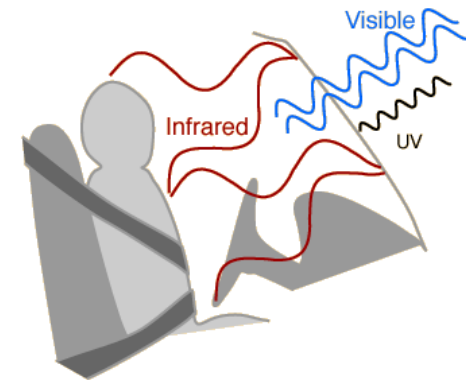
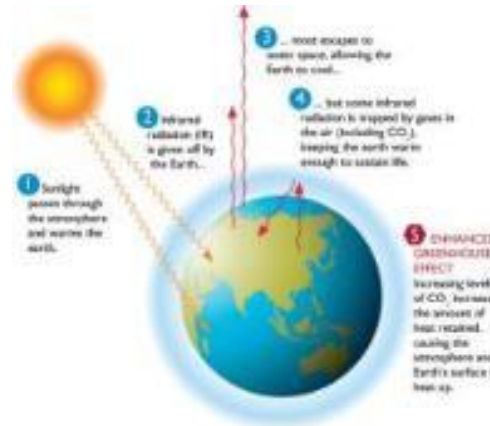
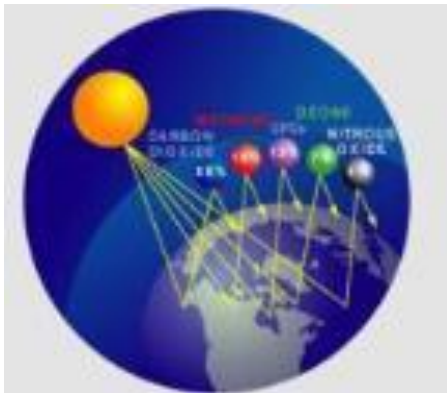
- CO₂ concentration from 380 ppm in year 2005
- Increase to 700 ppm in year 2100
- Average temperature increase 6°C

• IPCC modelling

- Keep average temperature rising below 2°C
- CO₂ concentration below 450 ppm
- Reduce CO₂ emissions 50% compared to the preindustrial era

Greenhouse Gases : GHGs

- "ส่วนประกอบก๊าซในชั้นบรรยากาศทั้งที่มีอยู่ในธรรมชาติและสร้างขึ้นโดยมนุษย์ซึ่งสามารถดูดซับและปลดปล่อยรังสีที่ความยาวคลื่นในช่วงความถี่ของรังสีอินฟราเรดซึ่งถูกปล่อยออกมาจากพื้นผิวโลก ในชั้นบรรยากาศและเมฆ"
- "Gaseous constituent of the atmosphere, both, natural and anthropogenic, that absorbs and emits radiation at specific wavelengths within the spectrum of infrared radiation emitted by the Earth's surface, the atmosphere, and clouds"



การใช้พลังงาน

- ▶ การเผาไหม้เชื้อเพลิง (Combustion)
 - ▶ ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน
 - ▶ ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม
 - ▶ ในยานพาหนะ
 - ▶ ในครัวเรือน อาคารพาณิชย์
 - ▶ ในอุปกรณ์หรือเครื่องจักรทางการเกษตร
 - ▶ อื่นๆ
- ▶ การรั่วไหลของเชื้อเพลิง (Fugitive)



ปฏิกิริยาหรือกระบวนการทางเคมีบางอย่างในอุตสาหกรรม

- ▶ กระบวนการจุดระเบิด (Detonation)
- ▶ กระบวนการ Calcination : $\text{CaCO}_3 + \text{heat} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- ▶ กระบวนการผลิตแอมโมเนีย (NH_3), กรดไนตริก, Caprolactam, Glyoxal, Glyoxylic Acid
- ▶ อื่น ๆ

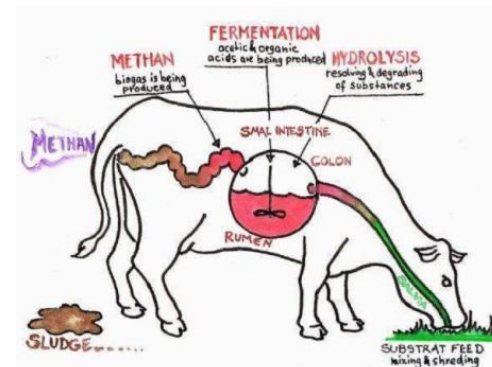
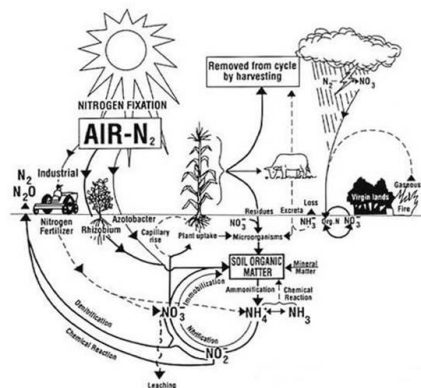
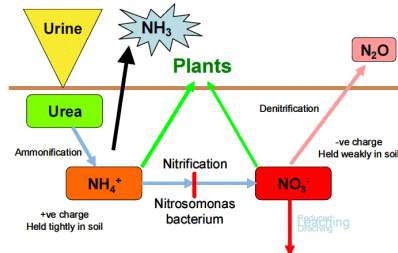
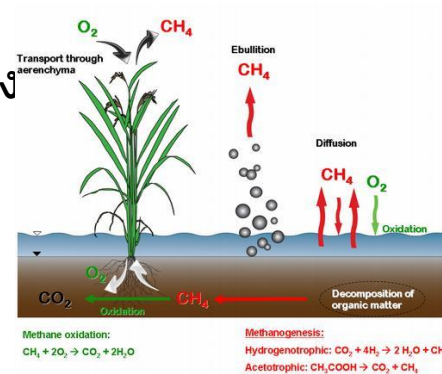
การใช้/การรั่วไหลของสารเคมีบางประเภท

- ▶ สารดับเพลิงที่มีส่วนประกอบของ CO_2
- ▶ สารทำความเย็น เช่น R-134a , R-152, R-407
- ▶ SF_6 (Sulphur hexafluoride)
- ▶ อื่น ๆ



การเกษตรกรรม ปศุสัตว์ ป่าไม้ และการใช้พื้นที่

- ▶ การเพาะปลูกข้าว
- ▶ การเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร การเผาถาง
- ▶ การเลี้ยงสัตว์บางชนิด
- ▶ การจัดการที่ดิน (การใช้ปุ๋ยและสารเคมี)
- ▶ การตัดไม้ทำลายป่า
- ▶ การปลูกป่า



การกำจัดขยะและของเสีย

- ▶ การจัดการ/การทิ้ง/ฝังกลบขยะของแข็ง
- ▶ การจัดการ/บำบัดน้ำเสีย
- ▶ การเผากำจัดขยะของเสีย
- ▶ อื่นๆ



Greenhouse Gases (GHGs)

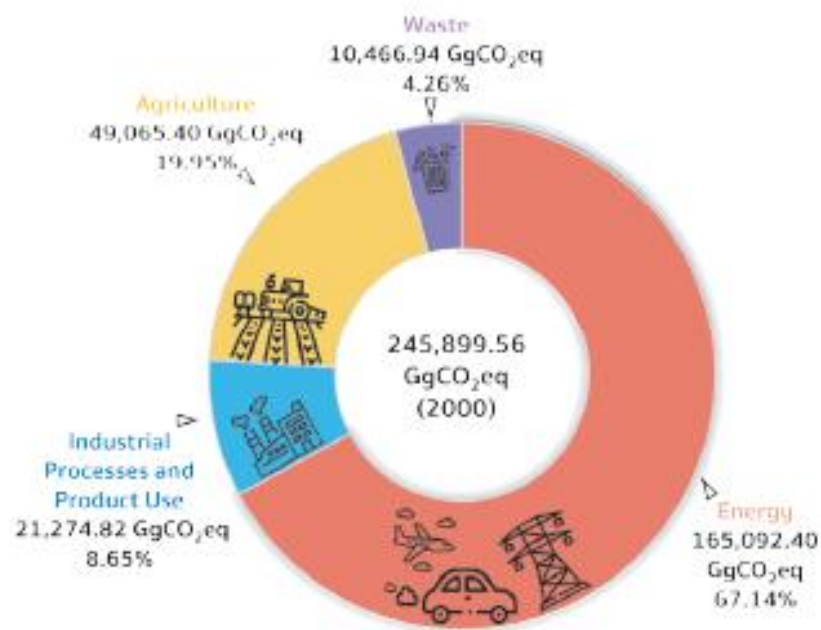
Kyoto Protocol considered 6 groups of gases +1

Greenhouse Gases: GHGs

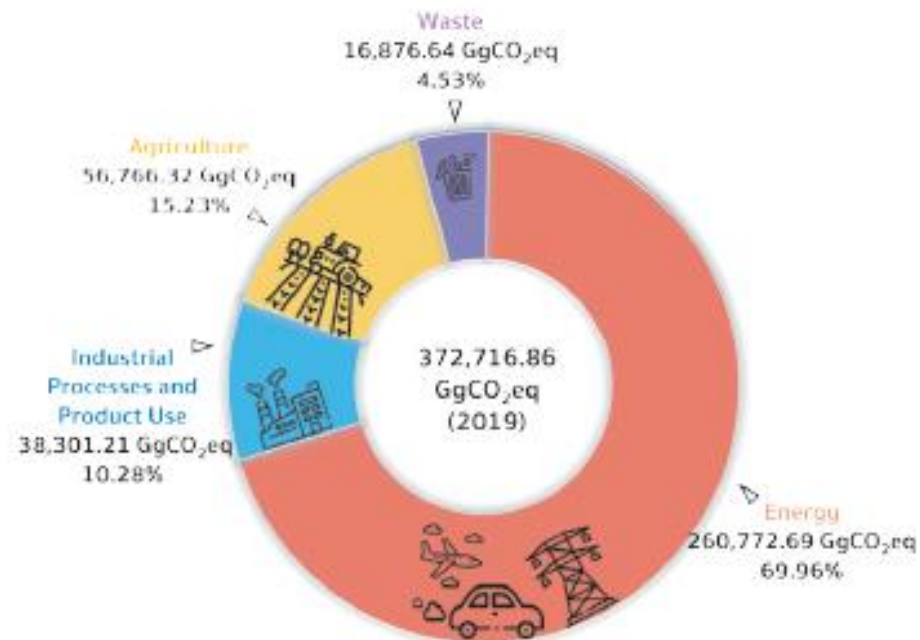
- Carbon dioxide (CO₂)
 - Methane (CH₄)
 - Nitrous oxide (N₂O)
 - Hydrofluorocarbons (HFCs)
 - Perfluorocarbons (PFCs)
 - Sulphur hexafluoride (SF₆)
 - Nitrogen trifluoride (NF₃)
 - Trifluoromethyl sulphur pentafluoride (SF₅CF₃)
 - Halogenated ethers (e.g. C₄F₉OC₂H₅, CHF₂OCF₂OC₂F₄OCHF₂, CHF₂OCF₂OCHF₂)
 - Other halocarbons (e.g. CF₃I, CH₂Br₂, CHCl₃, CH₃Cl, CH₂Cl₂)
 - etc.
- Kyoto Protocol

Thailand's Fourth Biennial Update Report

4th BUR shows major emissions from energy sector



2000

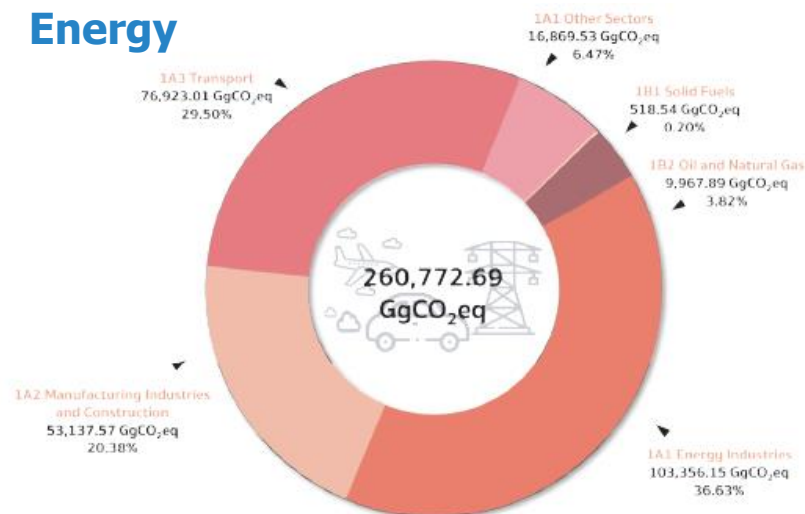


2019

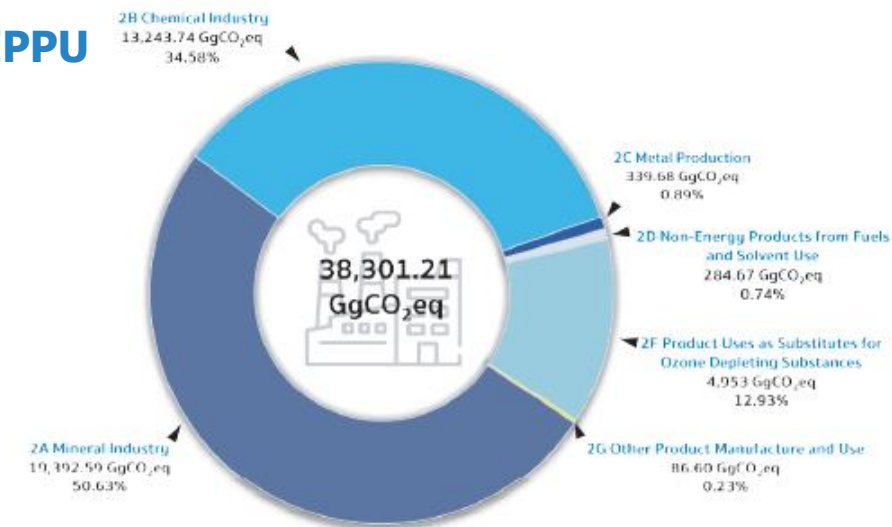
Thailand's Fourth Biennial Update Report

Major contribution in each sector in 2019

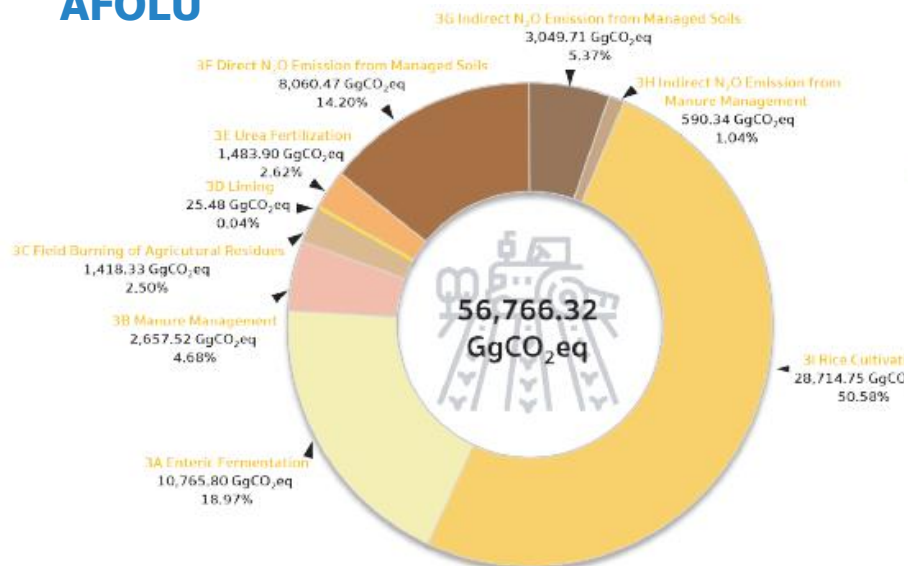
Energy



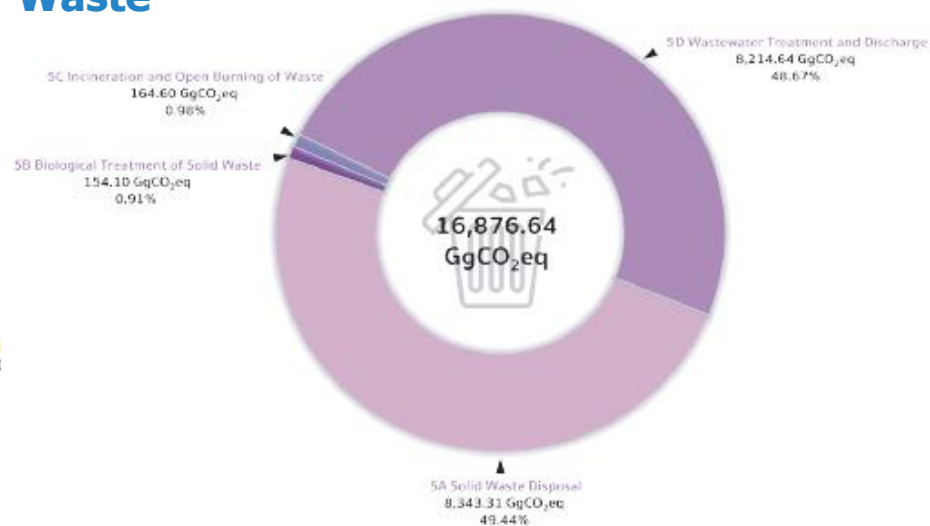
IPPU



AFOLU



Waste

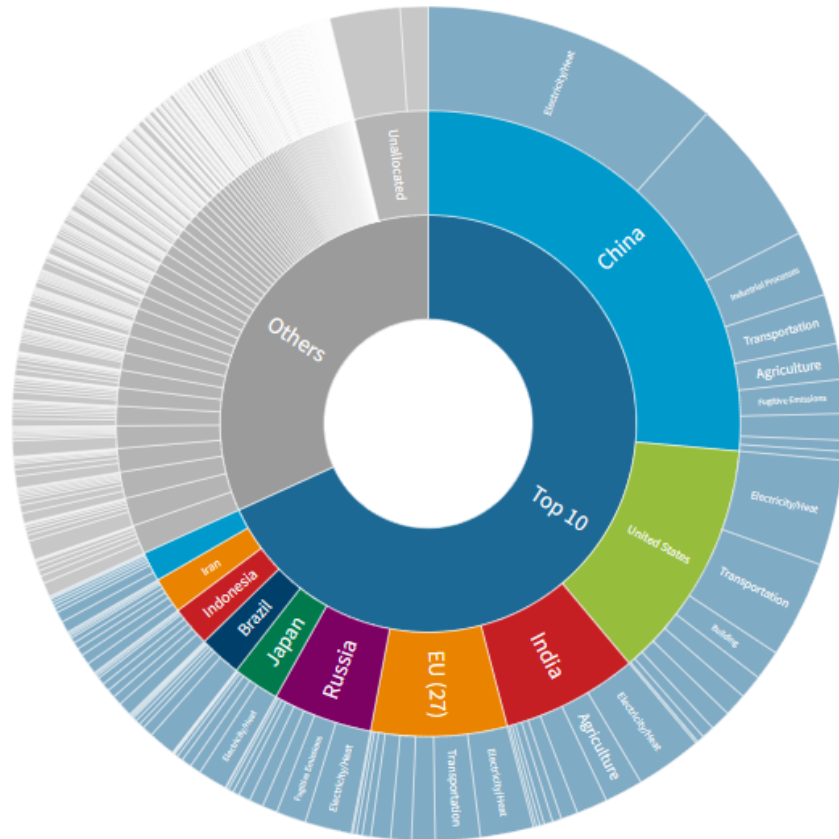


Global Greenhouse Gas Emitters

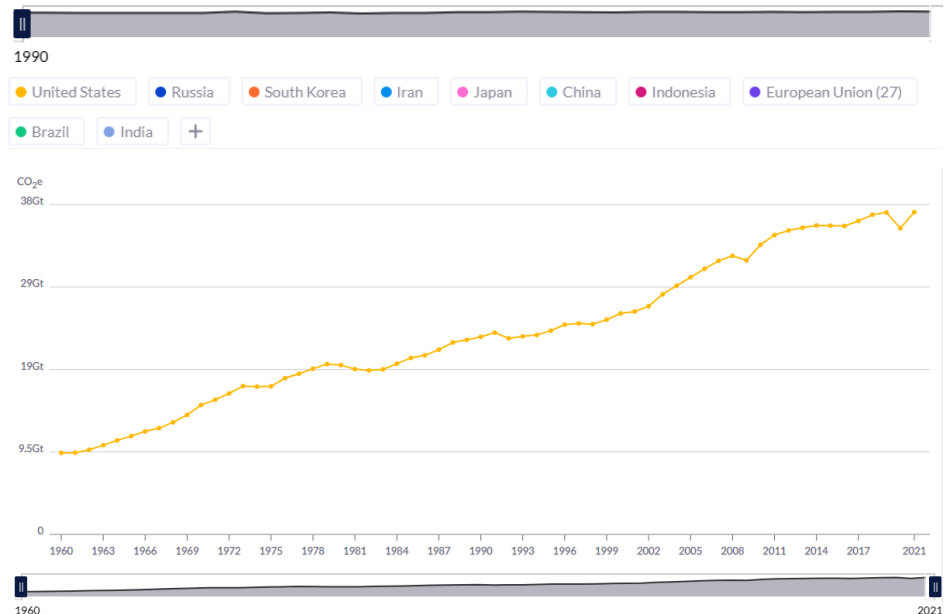
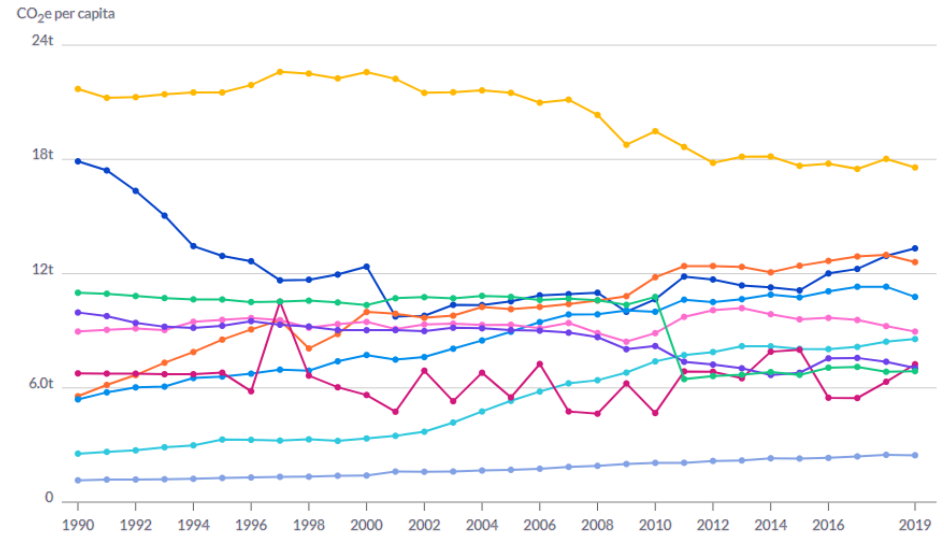
Top 10 of the world

The Top 10 GHG Emitters Contribute Over Two-Thirds of Global Emissions

Explore the Latest Global Greenhouse Gas Emissions Data on Climate Watch

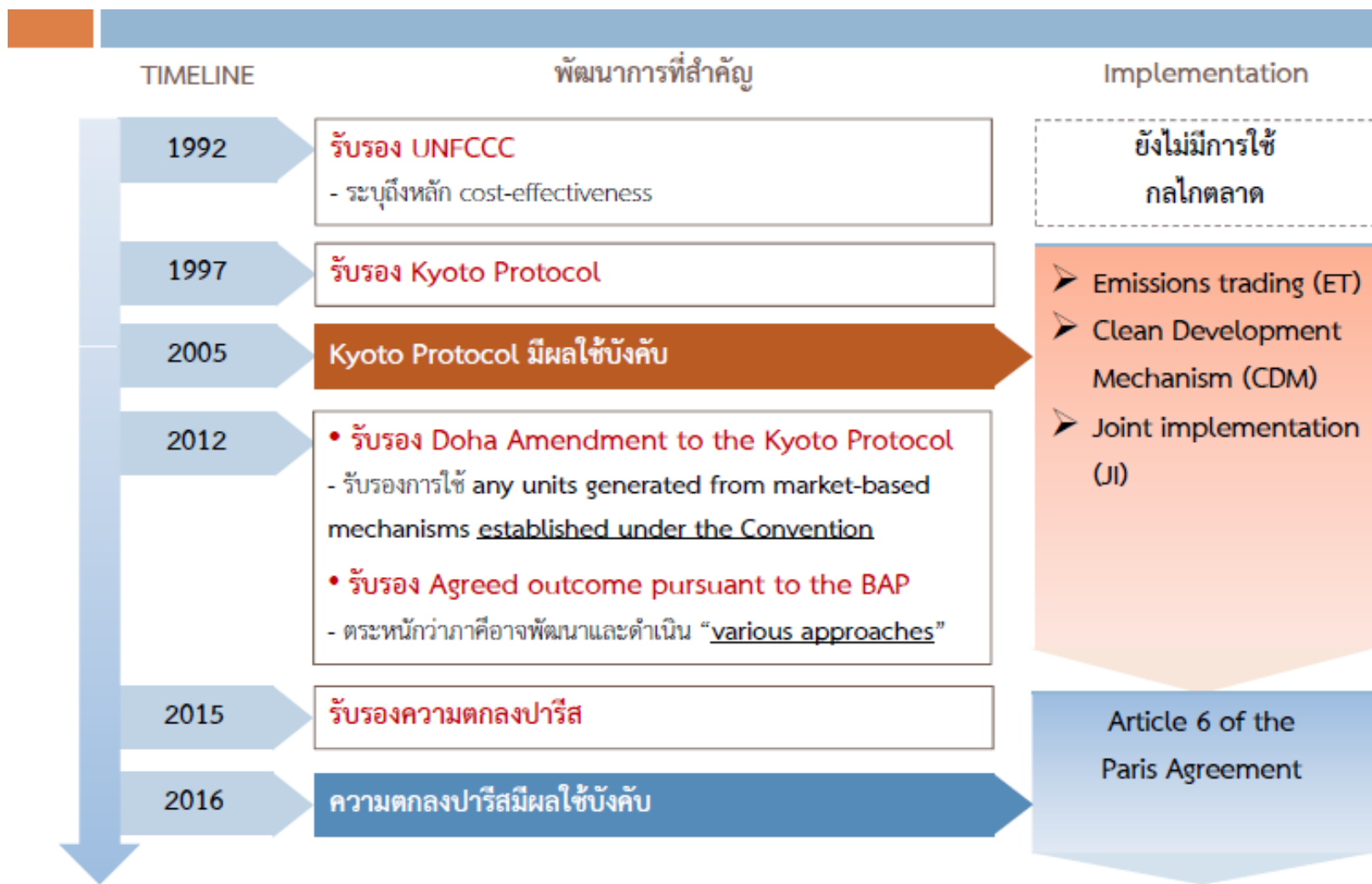


Source: Global GHG Emissions 2019 excluding LUCF.
Climate Watch • The EU 27 is considered a country.
*Bunker fuels include international aviation and shipping that are not included in country totals. Other territories include regions not covered by Climate Watch country data. See Climate Watch for country level land-use change and forestry and bunker fuel emissions.



Timeline for World's GHG Commitment

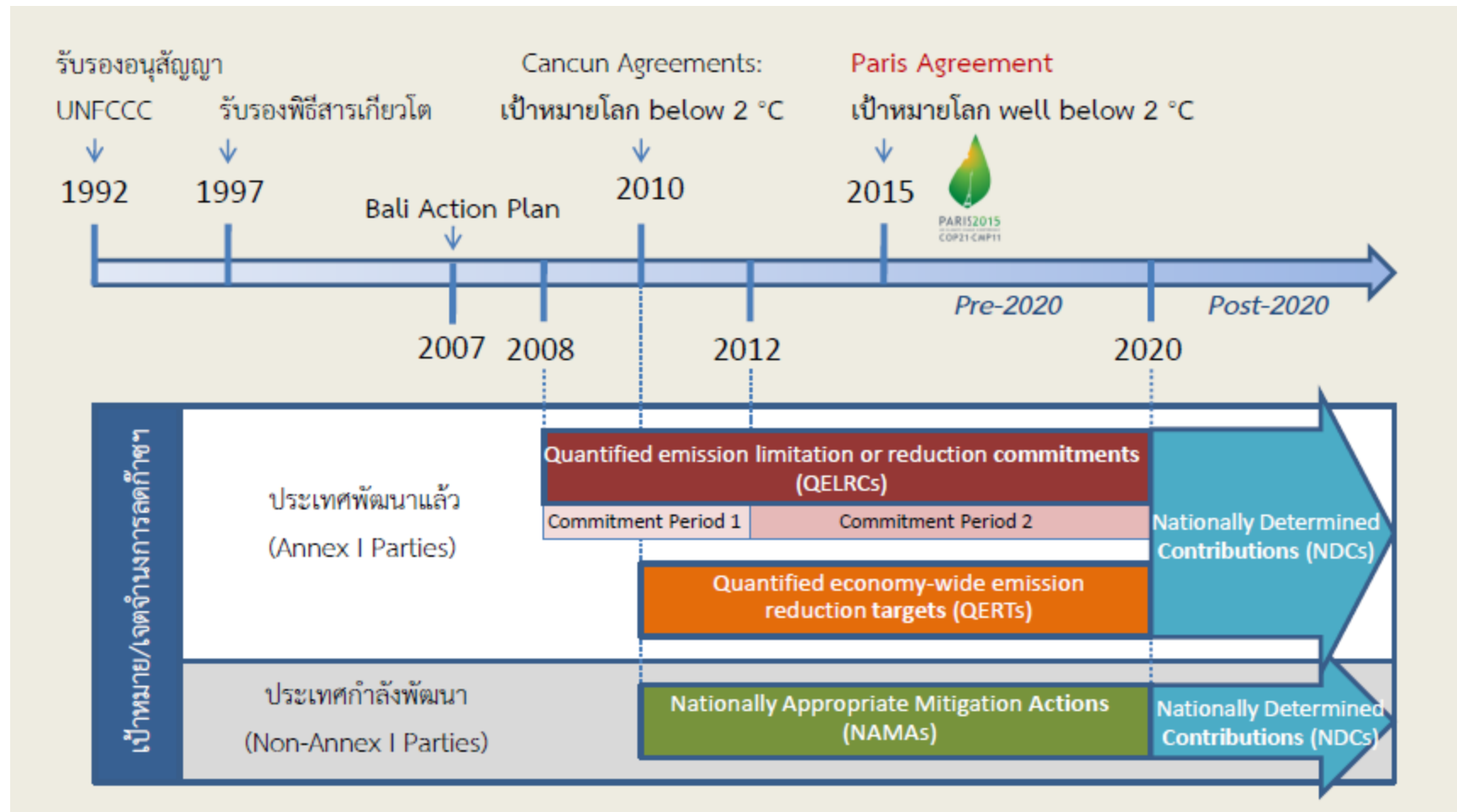
UNFCCC from Kyoto Protocol to Paris Agreement



UNFCCC: United Nations Framework on Climate Change Convention อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
COP: Conference of the Parties สมัชชารัฐภาคี

Timeline for World's GHG Commitment

UNFCCC from Kyoto Protocol to Paris Agreement



QELRC - เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของรัฐบาลที่ภาคผนวกที่ 1 ภายใต้พิธีสารเกียวโต

QERTs - เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกทุกสาขา สำหรับประเทศพัฒนาแล้ว

NAMAs - เจตจำนงการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ สำหรับประเทศกำลังพัฒนา

NDC - การมีส่วนร่วมของประเทศในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Environmental Standard – ISO14000 Series

CFP in ISO14067 using LCA concept

Evaluation & Auditing Tools

Environmental
Performance
Evaluation (EPE)
ISO 14030 guidelines

Bench-
marking

Environmental Auditing (EA)

14010 general principles

14011 audit procedures

10212 qualification criteria
for environmental
auditors

ISO 19011 Guidelines for Quality and
Environmental Management Systems Auditing

ISO 14064 Greenhouse Gas (part 1-3)
ISO 14065 GHG Validation & Verification
ISO 14066 GHG Validators & Verifiers

Management Systems

ISO 14004 (EMS)
On principles, systems
& support techniques

ISO 14001 (EMS)

Specification with
guidance for use

CT or 3R

Product-Oriented Support Tools

LCA

Life Cycle Assessment (LCA)

14040 LCA Principles & framework
14044 Requirements & guidelines
(revision: 2006)

Environmental Labels (EL)

14020 General principles
14021 Self-declared (Type II)
14024 Type I – Principles and procedure
14025 Type III – Principles and procedure

Eco-label

ISO/TR 14062:2002 environmental aspects
in product design and development

DfE

WF

ISO 14045 Eco Efficiency
ISO 14046 Water footprint
ISO 14051 Material Flow Account

CFP

ISO 14067 Carbon Footprint of products
ISO 14069 Carbon footprint of organization

GHG Accounting and Mitigation Activities

Accounting in many level and LCA concept/ product level

Country level Accounting: GHG Inventory and National Communication

ipcc
climate change



Sector Accounting: GHG Inventory

Energy

IPPU

AFOLU

Waste

Corporate Accounting: GHG Emission report

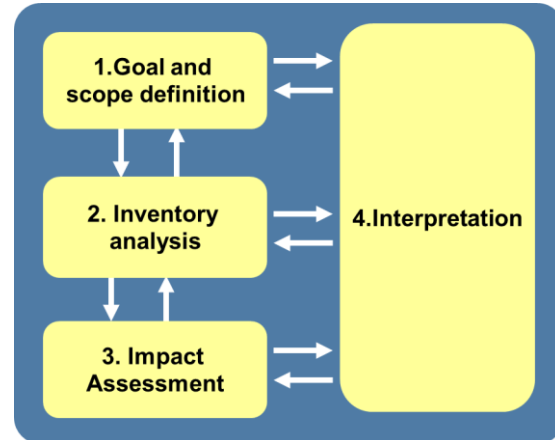


14064-1



Project Based: GHG Emission reduction

Life Cycle Assessment (LCA)



Product Accounting:



International
Organization for
Standardization

14067



Carbon Footprint of Product (CFP)

LCA is a Technique to Quantify the Environmental Impacts

Depend on scope to assessment (e.g. cradle-to-grave, cradle-to-gate, gate-to-gate)

- What is a Life Cycle Assessment?

A technique to assess environmental impacts associated with all the stages of a product's **life cycle from-cradle-to-grave** (i.e., from raw material extraction through materials processing, manufacture, distribution, use, repair and maintenance, and disposal or recycling)



International CFP Standard

Thailand Guideline based on international standard

- Bilan Carbone (Carbon Balance) (France, 2004)
- **PAS2050**, 2008 (Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services (U.K.,2008)
- Technical Specification: General principles for the assessment and labelling of Carbon Footprint of Products (**Japan**, 2009)
- Korea Guidelines (Korea, 2009)
- **ISO14067**: Greenhouse Gas Management in the Value or Supply Chain: Carbon Footprint of Products
- Thailand CFP Guideline



ISO 14067:2018

Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification

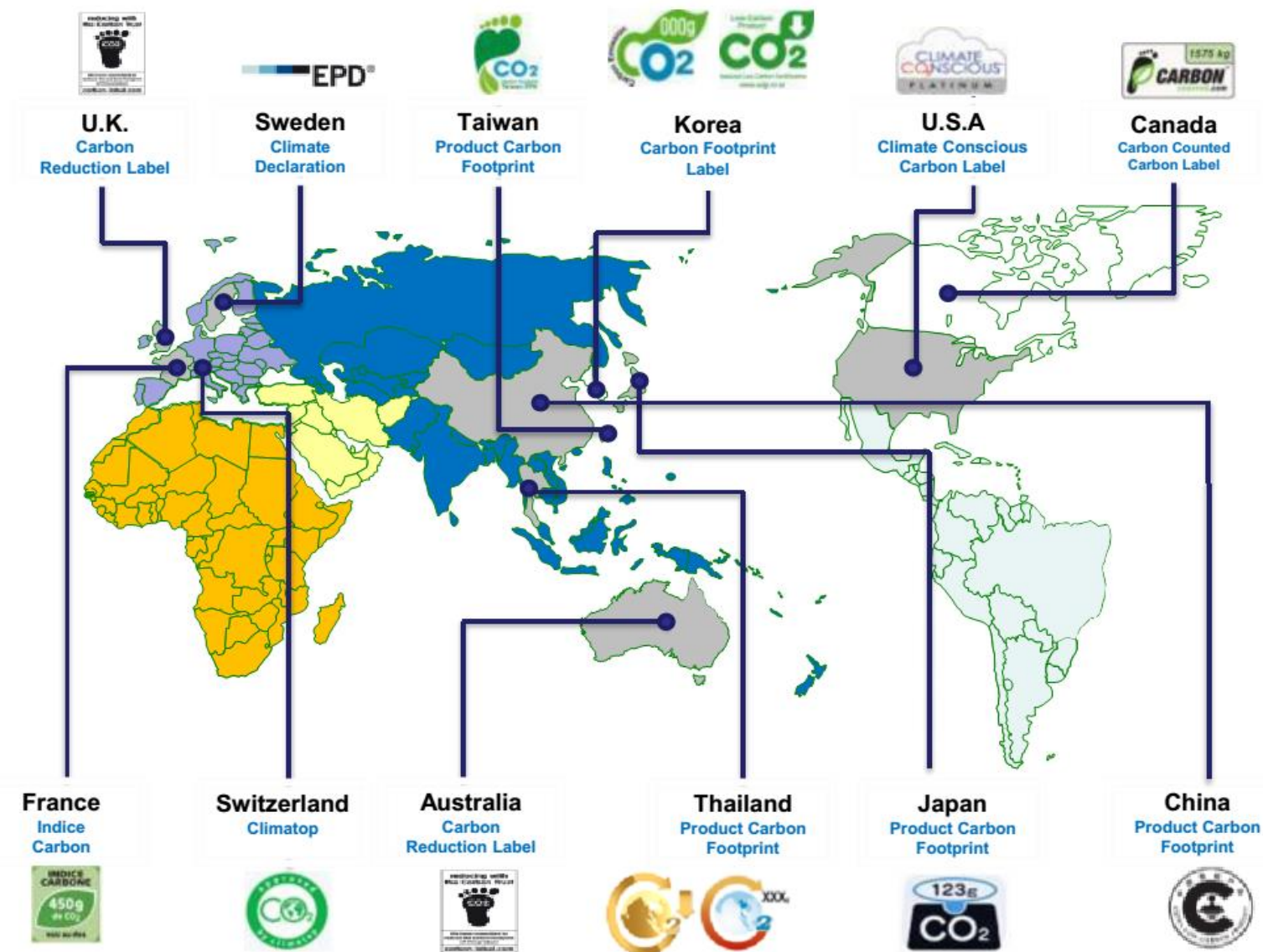


**Product Life Cycle
Accounting and
Reporting Standard**



Example of CFP Label

Many country certified CFP label



Carbon Footprint of Product (CFP)

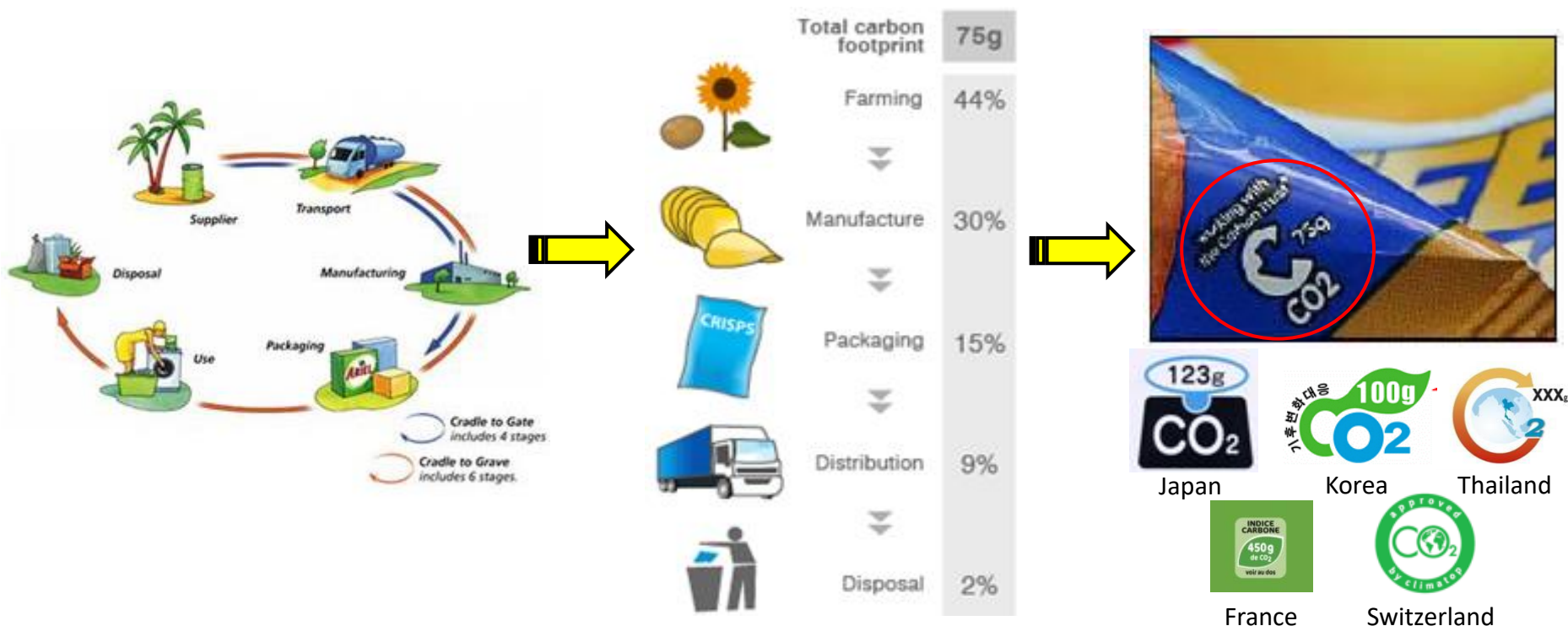
CFP based on LCA – in CO₂ equivalent

“คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์” หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent; CO₂-eq)

Life Cycle Assessment

Carbon Footprint of Product
CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃

CFP Label



บทนำ

วิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

1. ขอบเขต (Scope)

2. เอกสารอ้างอิง (Normative References)

3. ศัพท์ นิยามศัพท์ และคำย่อ

(Terms, definitions and abbreviated terms)

3.1 ศัพท์ และนิยามศัพท์ (Terms and definitions)

3.2 คำย่อ (Abbreviated terms)

4. รูปแบบการประเมิน

5. ข้อมูลสนับสนุน (Supporting data)

6. แหล่งกำเนิด ก๊าซเรือนกระจก และหน่วยวัด

6.1 ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

6.2 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

6.3 ระยะเวลาที่ใช้ทำการคำนวณ

6.4 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก

6.5 การชดเชยคาร์บอน

6.6 ฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอน

6.7 ไบโอจินิคคาร์บอนในผลิตภัณฑ์

6.8 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

6.9 การใช้ที่ดิน

6.10 การขนส่งทางเครื่องบิน

7. กรอบแนวคิดการคำนวณ (Methodological Framework)

8. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการคำนวณ

8.1 เป้าหมาย

8.2 ขอบเขต

9. ข้อมูลและคุณภาพข้อมูล

9.1 ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล

9.2 แหล่งที่มาของข้อมูล

9.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้า

9.4 การปันส่วน

10. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

11. แนวทางการพิจารณาคาร์บอนฟุตพริ้นท์เชิงระบบของผลิตภัณฑ์

12. การแสดงผล

ภาคผนวก

ก. การคำนวณปริมาณการปล่อยและการดุดกลับ

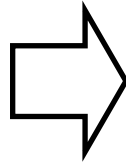
ก๊าซเรือนกระจกสำหรับผลิตภัณฑ์เกษตรและป่าไม้

ข. ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย

CFP Assessment Step

1) Goal and Scope Definition

- 1) Goal and Scope Definition
- 2) Inventory Analysis
- 3) Impact Assessment
- 4) Interpretation



1) CFP product (FU) and scope



2) Life cycle flow



3) Primary data collection



**4) Selection of Emission Factor (EF)
for secondary data**



5) CFP calculation

Goal and Scope Definition

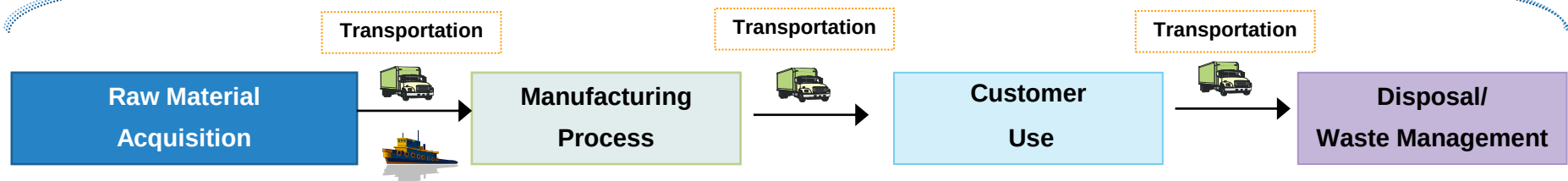
- การกำหนดขอบเขตการศึกษา (B2B หรือ B2C)
- Functional unit
- ระยะเวลาเก็บข้อมูล
- ความสำคัญของข้อมูล (ปฐมภูมิ, ทติยภูมิ)
- การเลือกใช้ค่า EF
- การพิจารณาการขนส่ง
- การพิจารณาช่วงการใช้งาน

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกิจกรรมการผลิตในโรงงานหรือองค์กร หรือกิจกรรมการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมหรือที่องค์กรมีอำนาจในการเข้าถึงข้อมูล

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)
ข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกเหนือข้อมูลปฐมภูมิ

Business to Business (B2B)

Business to Customer (B2C)



CFP Assessment Step

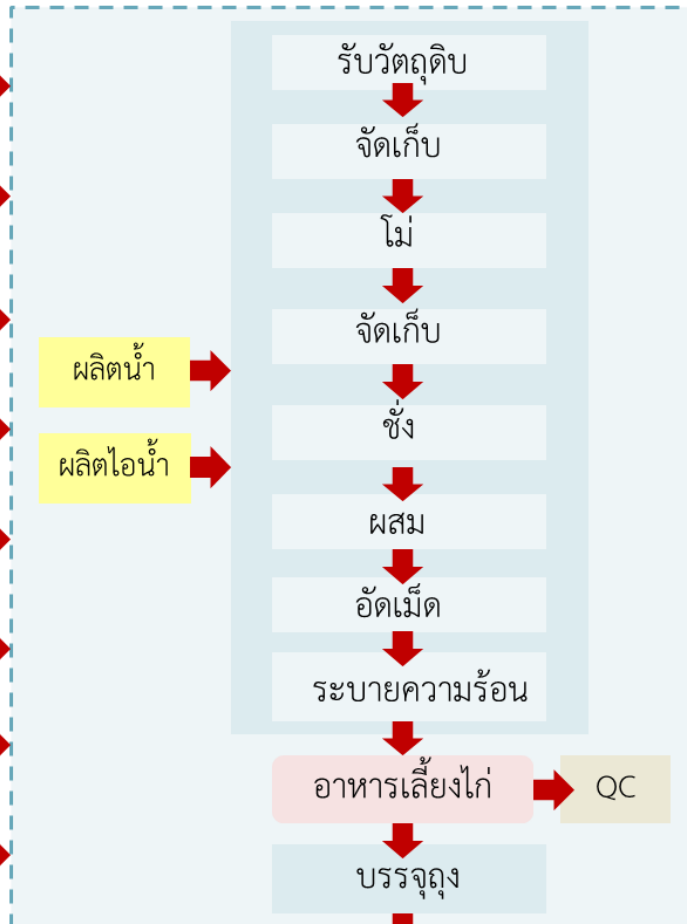
1) Goal and Scope Definition

1. Raw materials acquisition



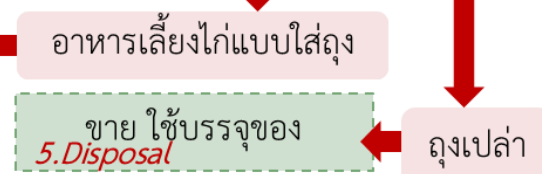
2. Production

โรงงานผลิตอาหารไก่

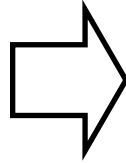


4. Use

3. Distribution



- 1) Goal and Scope Definition
- 2) Inventory Analysis
- 3) Impact Assessment
- 4) Interpretation



1) CFP product (FU) and scope



2) Life cycle flow



3) Primary data collection



**4) Selection of Emission Factor (EF)
for secondary data**

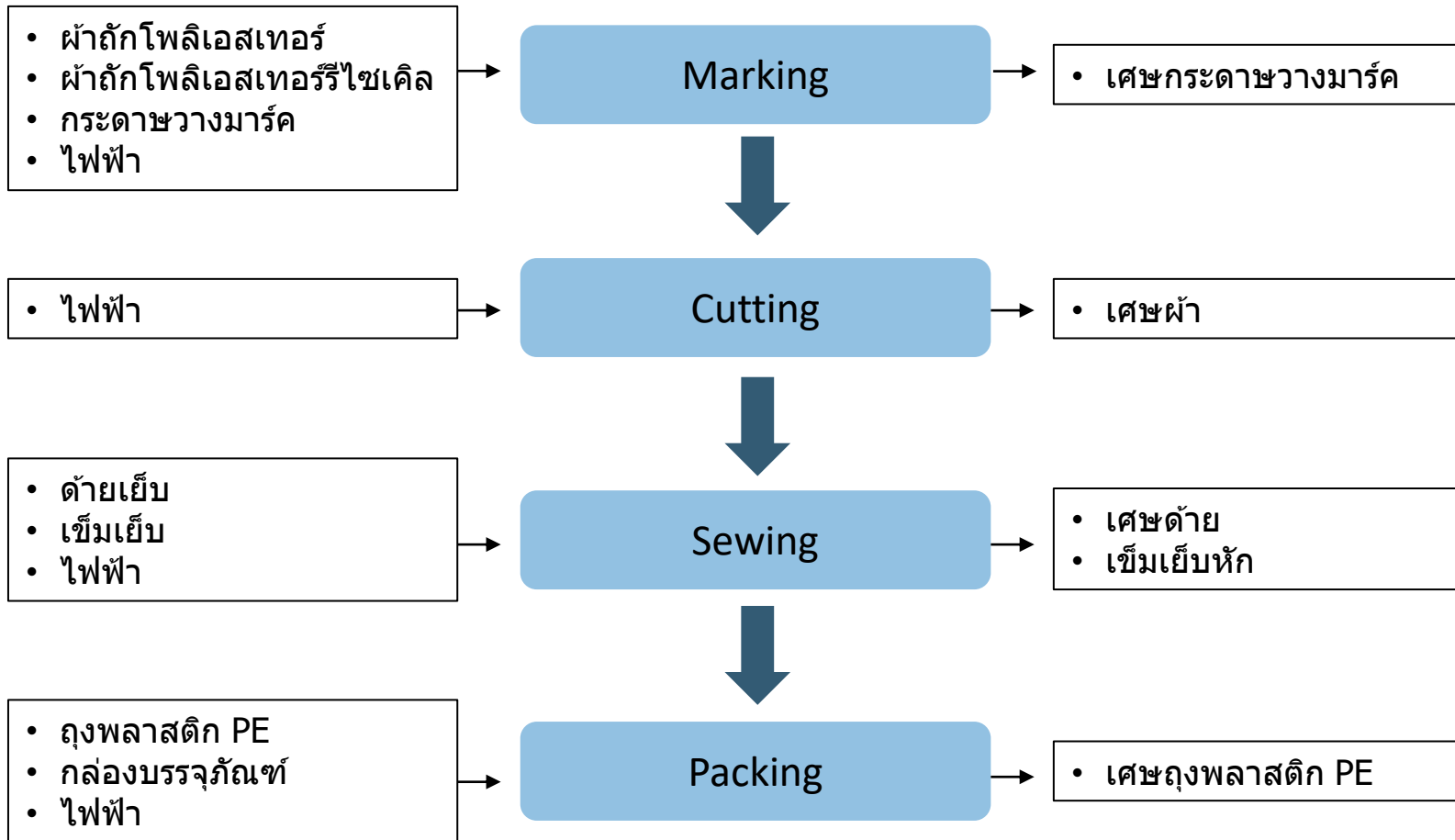


5) CFP calculation

- บริษัท ซีอีสปอร์ตแวร์ จำกัด เป็นโรงงานผลิตเสื้อกีฬาแห่งหนึ่งในกรุงเทพฯ โดยในปี 2565 มีการผลิตเสื้อกีฬาที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบรีไซเคิล 20 % โดยน้ำหนัก รวมทั้งหมด 100,000 ตัว (Free Size)
- บริษัทต้องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์เสื้อกีฬาสportswear ของผลิตภัณฑ์เสื้อกีฬา 1 ตัว น้ำหนัก 285 กรัม (ไม่รวมบรรจุภัณฑ์)

กำหนดให้

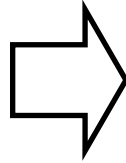
- ขอบเขตการประเมินแบบ B2C
- กระจายสินค้าโดยการขนส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้าโดยรถบรรทุก 6 ล้อ 11 คัน ระยะทาง 50 กิโลเมตร
- จำนวนการใช้งาน 100 ครั้ง
- การซักและทำความสะอาดโดยการซักมือ และทำให้แห้งด้วยการตากแดด ใช้ น้ำประปาปริมาณ 22 ลิตร/ครั้ง ผงซักฟอก 7 กรัมต่อครั้ง น้ำเสียเกิดขึ้นเท่ากับ ปริมาณน้ำที่ใช้ 22 ลิตร/ครั้ง



เลือกไฟฟ้าพร้อมบรรจุภัณฑ์



- 1) Goal and Scope Definition
- 2) Inventory Analysis
- 3) Impact Assessment
- 4) Interpretation



1) CFP product (FU) and scope



2) Life cycle flow



3) Primary data collection



**4) Selection of Emission Factor (EF)
for secondary data**



5) CFP calculation

การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล (Inventory: input, output)

- ช่วงเวลาของข้อมูล
- รูปแบบข้อมูล (Continuous, Batch)
- ระดับของข้อมูล (ปฐมภูมิ, ทุตติภูมิ)
- สารขาเข้า สารขาออกที่เกี่ยวข้องทั้งหมดตาม Functional Unit ที่สนใจ
- พลังงาน
- ระบบสนับสนุน
- การขนส่ง
- การใช้งาน
- การจัดการของเสีย
 - ของเสียจากกระบวนการผลิต
 - ของเสียจากการใช้งานผลิตภัณฑ์
- การปันส่วนผลกระทบ

ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (PCRs : Product Category Rule)

การคำนวณจำเป็นต้องอ้างอิงหรือสอดคล้องกับข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Product Category Rule: PCR) ทั้งนี้ หากผลิตภัณฑ์ใดที่ยังไม่มีการพัฒนา PCR ให้ผู้ประเมิน/ที่ปรึกษาจัดทำร่างข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ตาม Template ที่กำหนดไว้บนเว็บไซต์

ข้อมูลสนับสนุน (Supporting data)

- ข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย
- ชื่อผลิตภัณฑ์
- ขอบเขตกระบวนการผลิต
- วัตถุดิบ
- ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- และข้อมูลอื่นๆ ตามที่ระบุไว้ในคู่มือ

ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดต้องได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 3 ปี หรือตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ที่แสดงฉลากนั้นอยู่ในตลาด

นับรวม

- ระบบแสงสว่าง
- ระบบทำความเย็น
- ระบบทำความร้อน
- ระบบระบายอากาศ
- ระบบซ่อมบำรุง
- ระบบการควบคุมมลพิษและของเสีย
- การเก็บผลิตภัณฑ์ที่คลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้า

ไม่นับรวม

- สินค้านทุน (Capital goods) ได้แก่ เครื่องจักร อุปกรณ์ และอาคารสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น
- พลังงานของมนุษย์ที่ใช้สำหรับกระบวนการต่างๆ และ/หรือ สำหรับการเตรียมกระบวนการ (เช่น การเก็บผลไม้ด้วยมือ)
- การเดินทางไป-กลับของลูกค้า ณ จุดขายปลีก
- การเดินทางของพนักงานทั้งไปและกลับจากที่ทำงาน
- การบริการขนส่งโดยใช้สัตว์

- กรณีเป็นวัสดุช่วยผลิต (Auxiliary materials) เช่น น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว น้ำมันที่ใช้ทอดของเสียเหล่านี้แม้จำหน่ายได้แต่ไม่จัดเป็นผลิตภัณฑ์ จึง**ไม่ต้องป็นส่วน**
- ของเสียจากกระบวนการผลิตไม่ว่าจะมีการจำหน่ายออกหรือไม่จำหน่ายออกก็ตาม **ไม่ต้องป็นส่วน**
- กรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์**ให้ป็นส่วนด้วย**
- การจำแนกผลิตภัณฑ์ร่วม ผลิตภัณฑ์พลอยได้และของเสีย ให้อยู่ใน PCRs ของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์
- กรณีที่ผลิตภัณฑ์พลอยได้ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเช่น แกลบ กะลาปาล์ม ขี้เลื่อย ขานอ้อย ขี้เถ้า **ไม่ต้องป็นส่วน**

2) Inventory analysis

- การขนส่งวัตถุดิบต้นทาง
 - Supplier มายังโรงงาน
- การขนส่งวัตถุดิบปลายทาง
 - โรงงานไปยังลูกค้า
 - Landfill (ขนส่งขยะ, เศษอาหาร)
- ข้อมูลที่ต้องพิจารณา
 - ประเภทและปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง
 - ปริมาณและระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง
 - น้ำหนักบรรทุก
 - ประเภทของการขนส่ง เช่น รถบรรทุก

การประเมิน CF จากการขนส่งโดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง โดยเรียง ลำดับความสำคัญของวิธีการที่ต้องใช้คำนวณดังนี้

- กรณีที่ 1: ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้
- กรณีที่ 2: ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงให้ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทรถที่ใช้ขนส่ง

(ถ้าไม่ทราบระยะทางขนส่ง) ให้ใช้ระยะทาง 700 กิโลเมตร พิจารณาเข้าไปและกลับ ของรถบรรทุกกึ่งพ่วง 22 ล้อ ขนาด 32 ตัน

- เก็บรวบรวมรายการ ปริมาณสารขาเข้า-ออก ในแต่ละกระบวนการ
- ตรวจสอบปริมาณและ สมดุลมวล-พลังงาน

รายการวัตถุดิบขาเข้า			① กระบวนการวางมาร์ค Marking	รายการวัตถุดิบขาออก		
ผ้าถักโพลีเอสเตอร์	24,000	กก.		ผ้าถักโพลีเอสเตอร์	24,000	กก.
ผ้าถักโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล	5,000	กก.		ผ้าถักโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล	5,000	กก.
กระดาษวางมาร์ค	100	กก.		เศษกระดาษวางมาร์ค (ทิ้ง)	100	กก.
ไฟฟ้า	50	kWh				

รายการวัตถุดิบขาเข้า			② กระบวนการตัด Cutting	รายการวัตถุดิบขาออก		
ผ้าถักโพลีเอสเตอร์	24,000	กก.		ผ้าถักโพลีเอสเตอร์ (ตัดเป็นชิ้นผ้า)	23,400	กก.
ผ้าถักโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล	5,000	กก.		ผ้าถักโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล (ตัดเป็นชิ้นผ้า)	4,900	กก.
ไฟฟ้า	200	kWh		เศษผ้า (ทิ้ง)		กก.

รายการวัตถุดิบขาเข้า			③ กระบวนการเย็บ Sewing	รายการวัตถุดิบขาออก		
ผ้าสักโพลีเอสเตอร์ (ตัดเป็นชิ้นผ้า)	23,400	กก.		เสื้อกีฬาโพลีเอสเตอร์		กก.
ผ้าสักโพลีเอสเตอร์ รีไซเคิล (ตัดเป็นชิ้น ผ้า)	4,900	กก.		เศษด้าย (ทึง)	2	กก.
ด้ายเย็บ	200	กก.		เข็มเย็บหัก (ทึง)	0.5	กก.
เข็มเย็บ	0.5	กก.				
ไฟฟ้า	400	kWh				

รายการวัตถุดิบขาเข้า			④ กระบวนการ บรรจุภัณฑ์ Packing	รายการวัตถุดิบขาออก		
เสื้อกีฬาโพลีเอสเตอร์ทุก size		กก.		เสื้อกีฬาโพลีเอสเตอร์ทุก size (รวมบรรจุภัณฑ์)		กก.
ถุงพลาสติก PE	150	กก.		เศษถุงพลาสติก PE (ทึง)	10	กก.
กล่องบรรจุภัณฑ์	100	กก.				
ไฟฟ้า	200	kWh				

- คำนวณปริมาณสารขาเข้า-ออก ต่อ Functional Unit (เสื้อ Free Size 1 ตัว)

รายการวัตถุดิบขาเข้า			① กระบวนการวางมาร์ค Marking	รายการวัตถุดิบขาออก		
ผ้าสักโพลีเอสเตอร์		กก.		ผ้าสักโพลีเอสเตอร์		กก.
ผ้าสักโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล		กก.		ผ้าสักโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล		กก.
กระดาษวางมาร์ค		กก.		เศษกระดาษวางมาร์ค (ทิ้ง)		กก.
ไฟฟ้า		kWh				

รายการวัตถุดิบขาเข้า			② กระบวนการตัด Cutting	รายการวัตถุดิบขาออก		
ผ้าสักโพลีเอสเตอร์		กก.		ผ้าสักโพลีเอสเตอร์ (ตัดเป็นชิ้นผ้า)		กก.
ผ้าสักโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล		กก.		ผ้าสักโพลีเอสเตอร์รีไซเคิล (ตัดเป็นชิ้นผ้า)		กก.
ไฟฟ้า		kWh		เศษผ้า (ทิ้ง)		กก.

รายการวัตถุดิบขาเข้า			③ กระบวนการเย็บ Sewing	รายการวัตถุดิบขาออก		
ผ้าสักโพลีเอสเตอร์ (ตัดเป็นชิ้นผ้า)		กก.		เสื้อกีฬาโพลีเอสเตอร์		กก.
ผ้าสักโพลีเอสเตอร์ รีไซเคิล (ตัดเป็นชิ้น ผ้า)		กก.		เศษด้าย (ทิ้ง)		กก.
ด้ายเย็บ		กก.		เข็มเย็บหัก (ทิ้ง)		กก.
เข็มเย็บ		กก.				
ไฟฟ้า		kWh				

รายการวัตถุดิบขาเข้า			④ กระบวนการ บรรจุภัณฑ์ Packing	รายการวัตถุดิบขาออก		
เสื้อกีฬาโพลีเอสเตอร์ทุก size		กก.		เสื้อกีฬาโพลีเอสเตอร์ทุก size (รวมบรรจุภัณฑ์)		กก.
ถุงพลาสติก PE		กก.		เศษถุงพลาสติก PE (ทิ้ง)		กก.
กล่องบรรจุภัณฑ์		กก.				
ไฟฟ้า		kWh				

- การขนส่งวัตถุดิบขาเข้าทุกรายการ

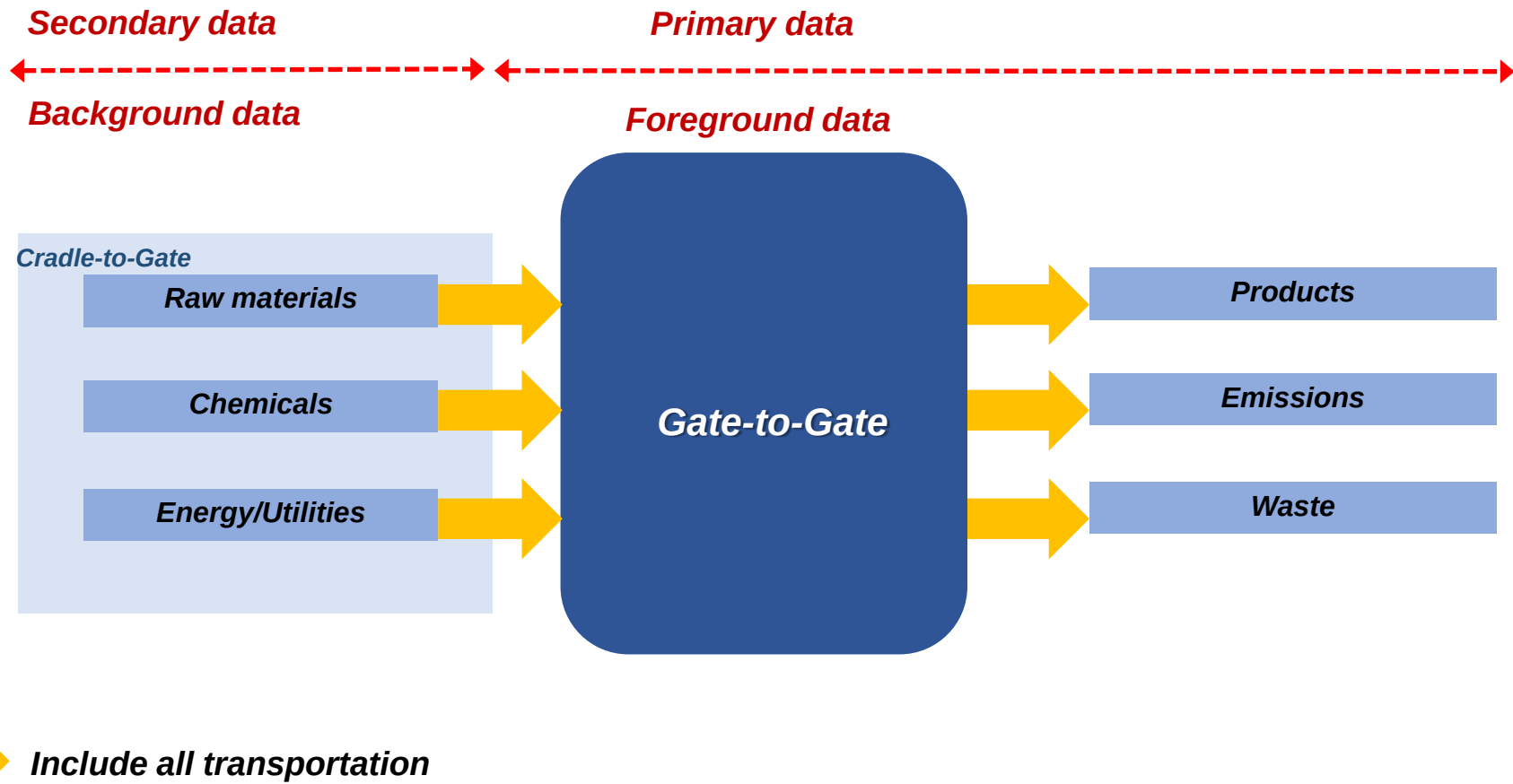
Workshop - CFP

Calculate based on Functional Unit (FU)

รายการวัตถุดิบขาเข้า			การใช้งาน	รายการวัตถุดิบขาออก		

รายการวัตถุดิบขาเข้า			การกำจัดซาก	รายการวัตถุดิบขาออก		

$$\text{Carbon Footprint} = \text{Activity data} \times \text{Emission Factor}$$



ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

- คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), มีเทน (CH₄), ไนตรัสออกไซด์ (N₂O), ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs), เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆)

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

- ประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (**GWP100**)

ก๊าซเรือนกระจกต่างชนิด
ความรุนแรงต่างกัน

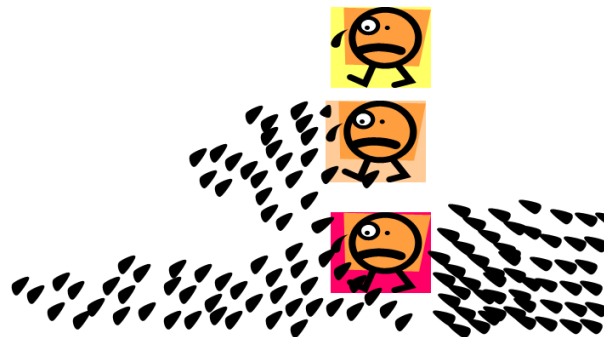


เทียบให้อยู่ใน
หน่วยเดียวกัน

$$\text{CO}_2 = 1 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{CH}_4 = 25 \text{ CO}_2\text{eq}$$

$$\text{N}_2\text{O} = 298 \text{ CO}_2\text{eq}$$



Global Warming Potential (GWP)

Substance	GWP (100 years) CO ₂ eq/substance			
	2 nd Report	3 rd Report	4 th Report	5 th Report
CO ₂	1	1	1	1
CH ₄	21	23	25	28
N ₂ O	310	296	298	265
SF ₆	23,900	22,200	22,800	23,500
HFCs	4 – 12,400			
PFC	6,630 – 11,100			

Source: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Second Assessment Report (1995), Third Assessment Report (2001), and Fourth Assessment Report (2007) and Fifth Assessment Report (2014)

CFP Assessment Step

2) Inventory analysis

GHG	Quantity (kg)	GWP	Emissions (kgCO ₂ eq)	
CO ₂	200	1	200 x 1 =	200
CH ₄	5	28	5 x 28 =	140
N ₂ O	0.2	265	0.2 x 265 =	53
SF ₆	0.01	23,500	0.01 x 23,500 =	235
Total				628

การประเมิน CFP จากการใช้เชื้อเพลิงและการเผาไหม้ ต้องคิดทั้ง 2 ขั้นตอน

- **Indirect** การได้มาซึ่งเชื้อเพลิง (CtoG) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อม ที่เกิดจากการผลิตเชื้อเพลิง
- **Direct** การเผาไหม้เชื้อเพลิง (GtoG) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง **ต้องคำนวณการเผาไหม้แม้จะเป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากการ re-use หรือของเสียจากกระบวนการ

ลำดับการเลือก Emission Factor

- ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย
- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)
- ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA Software, ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม, ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ
- ข้อมูลที่ดีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ

UPDATE: กุมภาพันธ์ 2563

มีผลบังคับใช้ในรอบการพิจารณา 4/2563 (22 กรกฎาคม 2563)

ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม



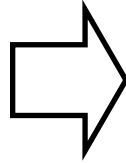
ตัวที่มีการเปลี่ยนแปลง



ตัวที่มีการเพิ่มเติม

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ e/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
1. กลุ่มปิโตรเคมี						
1.	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)	ผลิตจากกระบวนการอัลคิลเลชันของเบนซีนและเอทิลีน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	4.1597	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
2.	General Purposed Polystyrene (GPPS)	ผลิตจาก Styrene และ Ethylbenzene; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	3.2281	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
3.	High Density Polyethylene (HDPE)	ผลิตจาก Ethylene โดยมี 1-Butene และ Propylene เป็น Comonomer; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	6.7071	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
4.	High Impact Polystyrene (HIPS)	ผลิตจาก Styrene และ Polybutadiene rubber; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	3.6843	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
5.	Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Solution phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.9940	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
6.	Low Density Polyethylene (LDPE)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Solution phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.6258	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
7.	Polypropylene (PP)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Liquid phase และ Gas phase; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	1.8095	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
8.	Polyvinyl Chloride (PVC)	ผลิตจากกระบวนการ Suspension และ Emulsion; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.1331	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
9.	P-xylene	ผลิตจากกระบวนการ PAREX / ISOMAR; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	0.9226	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019
10.	Styrene Monomer (SM)	ผลิตจากกระบวนการอัลคิลเลชันของเบนซีนและเอทิลีน; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kg	2.3705	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Update_Dec2019

- 1) Goal and Scope Definition
- 2) Inventory Analysis
- 3) Impact Assessment
- 4) Interpretation



1) CFP product (FU) and scope



2) Life cycle flow



3) Primary data collection



**4) Selection of Emission Factor (EF)
for secondary data**



5) CFP calculation

Impact Category

- Global warming (single issue)

Impact

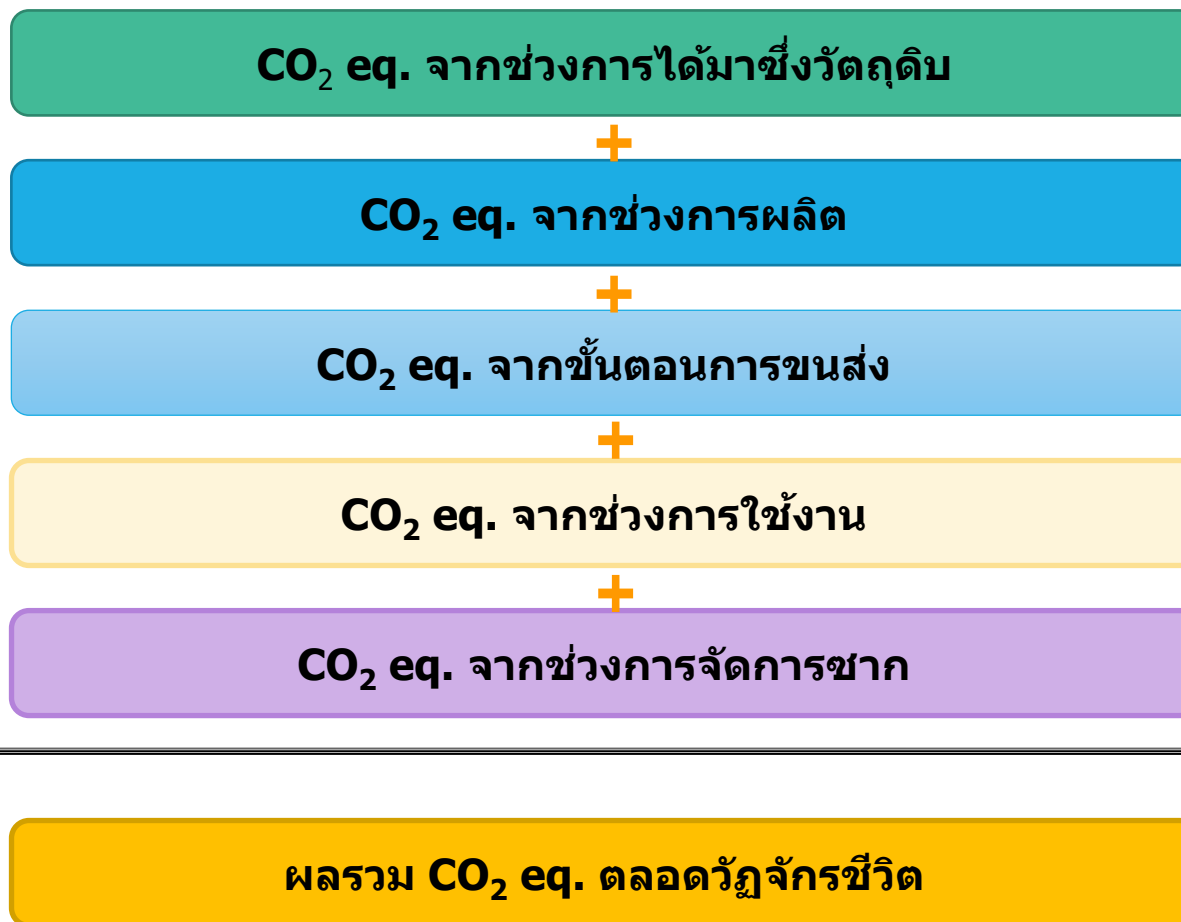
- Midpoint impact

$$\text{Carbon Footprint} = \text{Activity data} \times \text{Emission Factor}$$

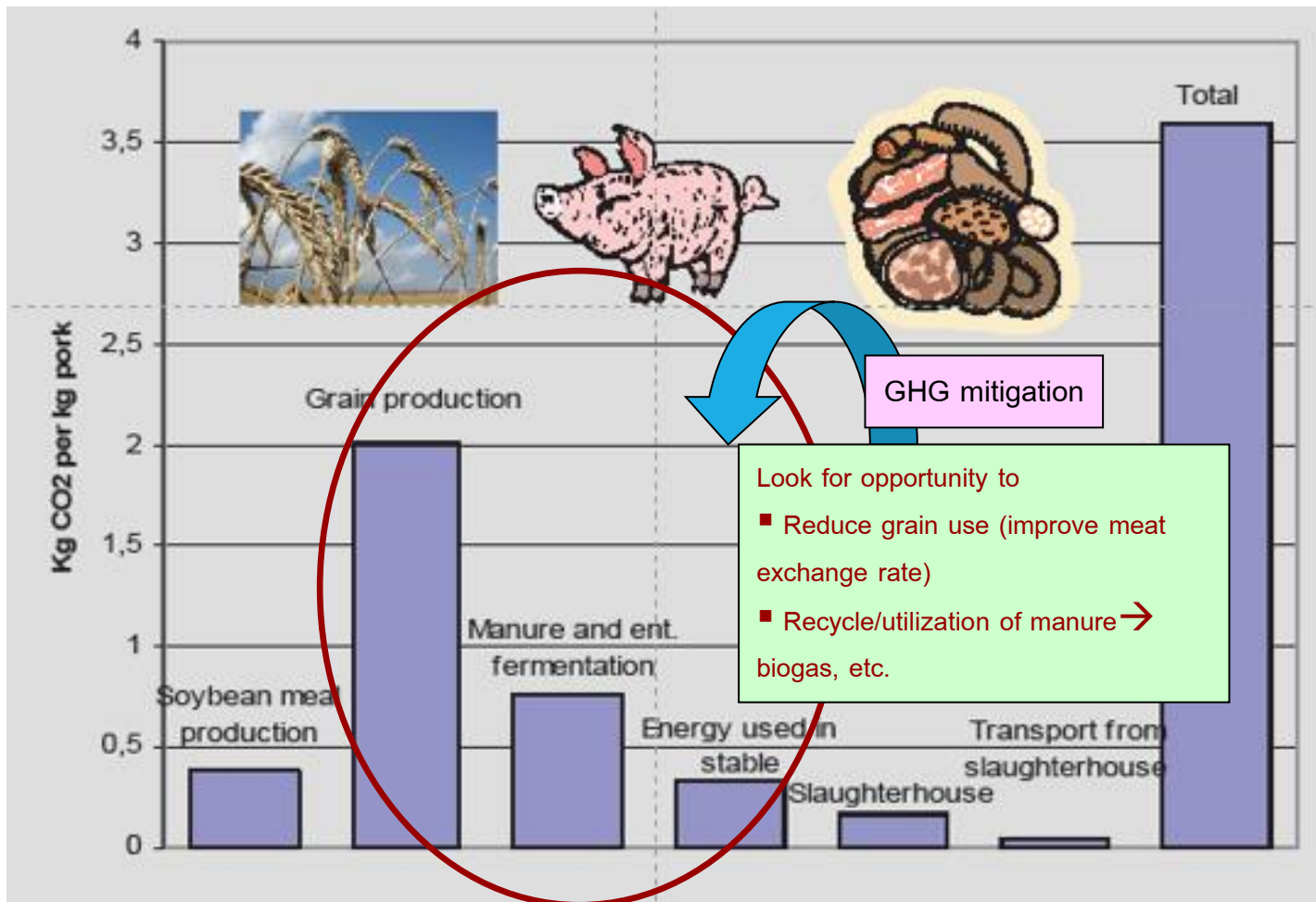
Emission Factor

- หากมีค่า EF สำหรับแต่ละก๊าซ ต้องทำการใช้ GWP เปลี่ยนให้อยู่ในรูป CO₂eq
- หากใช้ค่า EF ที่มีการคิดรวมค่า GWP มาแล้ว สามารถใช้ได้เลย

CFP sum all GHG emissions from each stage in life cycle



ตัวอย่าง: ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต (จากการผลิตเนื้อหมู 1 กิโลกรัม)



Carbon Footprint Reduction Label

TGO initiate the reduction label



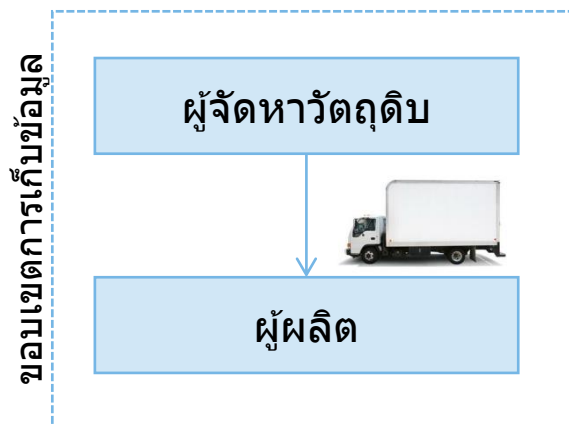
- เครื่องหมายรับรองการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ หรือเรียกสั้นๆว่า **"ฉลากลดโลกร้อน"** เพื่อแสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นได้ผ่านกระบวนการที่ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต
- เกณฑ์การพิจารณาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลงมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 2

Carbon Footprint of Product (CFP)

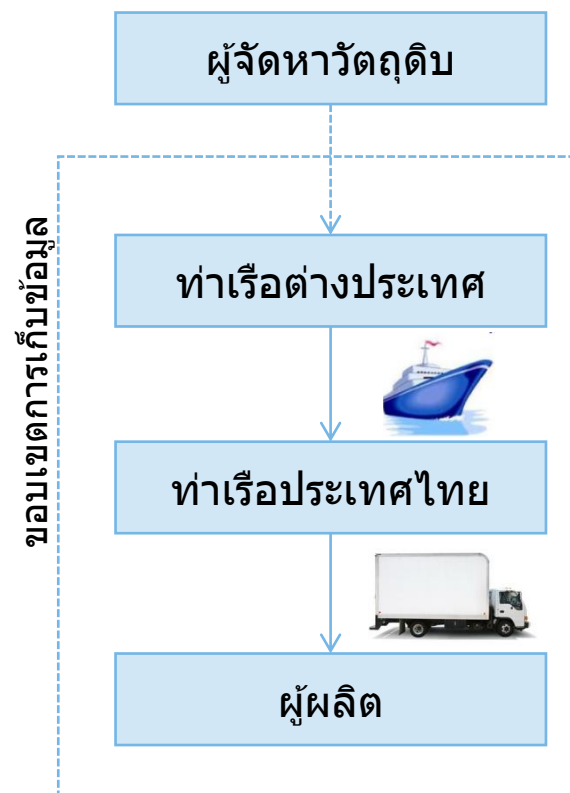
Circular Economy เปลี่ยนธุรกิจสู่ความยั่งยืน

Asst.Prof.Dr.Viganda Varabuntoonvit
Chemical Engineering, Kasetsart University
KU-Sustainable Engineering Research Unit (KU-SuRe)
fengvgv@ku.th

การขนส่งวัตถุดิบภายในประเทศ



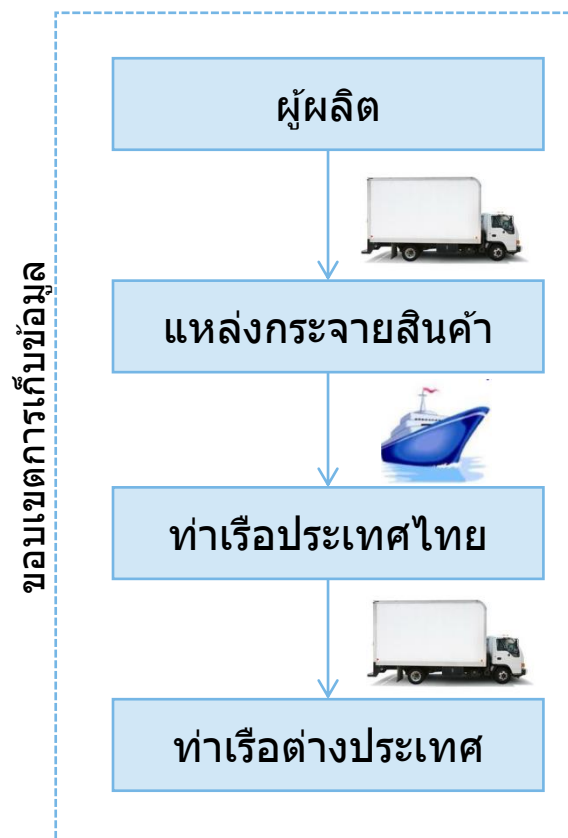
การขนส่งวัตถุดิบระหว่างประเทศ



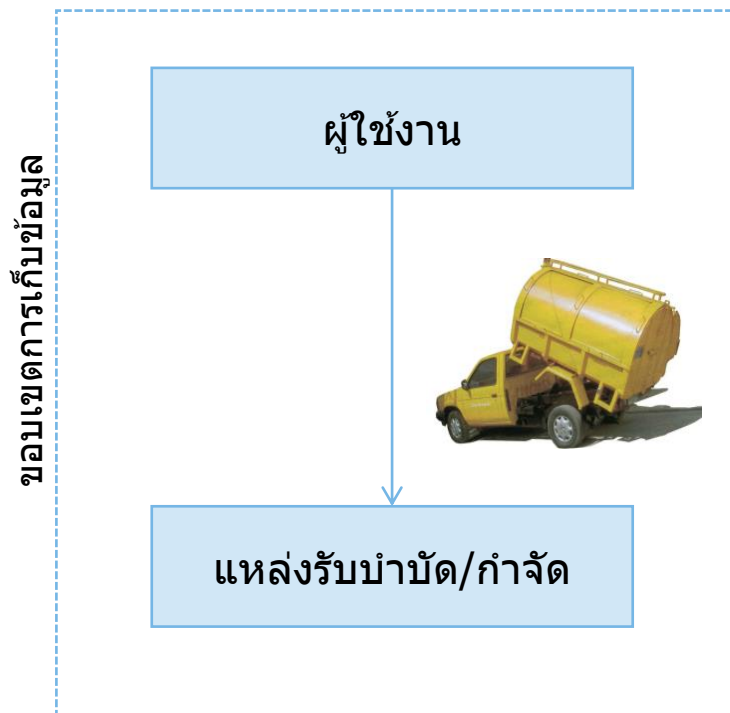
การขนส่งผลิตภัณฑ์ ภายในประเทศ



การขนส่งผลิตภัณฑ์ระหว่าง ประเทศ

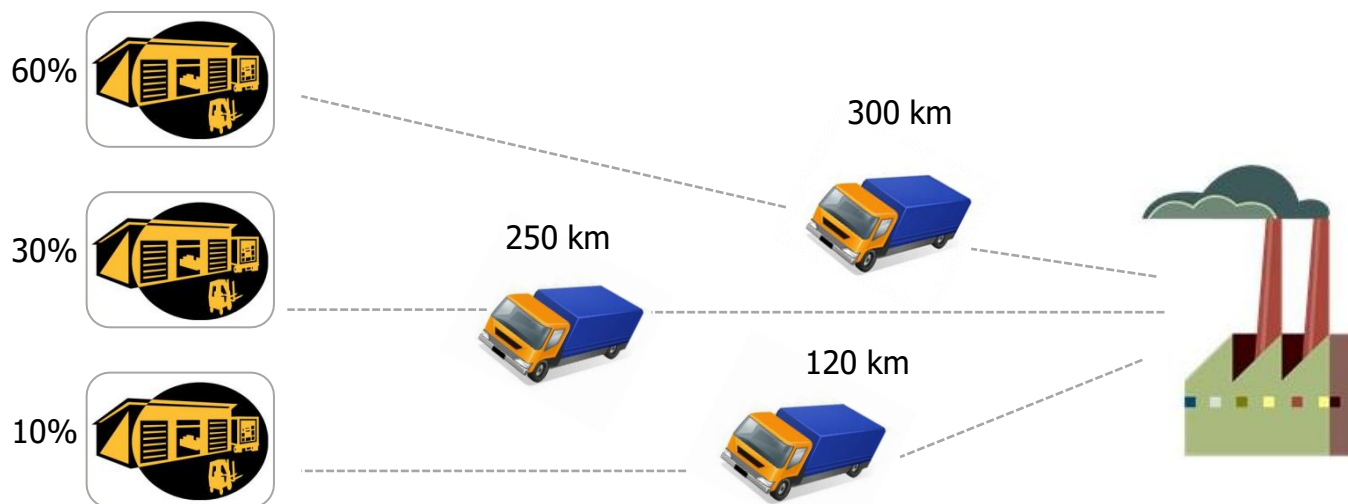


การขนส่งซากผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์



- คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งานด้วย (ยกเว้นการประเมินแบบ Cradle-to-gate)
- การขนส่งขยะคิดระยะทางเที่ยวละ 40 กิโลเมตร
- รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกแบบน้ำหนักเต็ม
- พิจารณาการขนส่งซากกลับที่เป็นรถบรรทุกขยะเปล่าด้วย

การขนส่ง



$$\begin{aligned}
 \text{ระยะทางเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก} &= 300 \times 60\% + 250 \times 30\% + 120 \times 10\% \\
 &= 180 + 75 + 12 \\
 &= 267 \text{ km}
 \end{aligned}$$

**วัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เป้าหมาย = 0.4 ตัน/ตัน
ผลิตภัณฑ์**



รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (บรรทุกเต็ม)
0.0529 kgCO₂e/tkm

240 km



240 km



รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน (วิ่งเปล่า)
0.5851 kgCO₂e/km

เที่ยวมา : $0.0529 \text{ kgCO}_2\text{e/tkm} \times 240\text{km} \times (0.4\text{t}) = 5.08 \text{ kgCO}_2\text{e}$
เที่ยวกลับ : $0.5851 \text{ kgCO}_2\text{e/km} \times 240\text{km} \times (0.4\text{t}/16\text{t}) = 3.51 \text{ kgCO}_2\text{e}$

<http://map-server.doh.go.th/>

<http://www.sisaket.go.th/amphur/distance1.html>

<http://www.searates.com/>