วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมอาหาร (LCA for food industry)

BSI Thailand

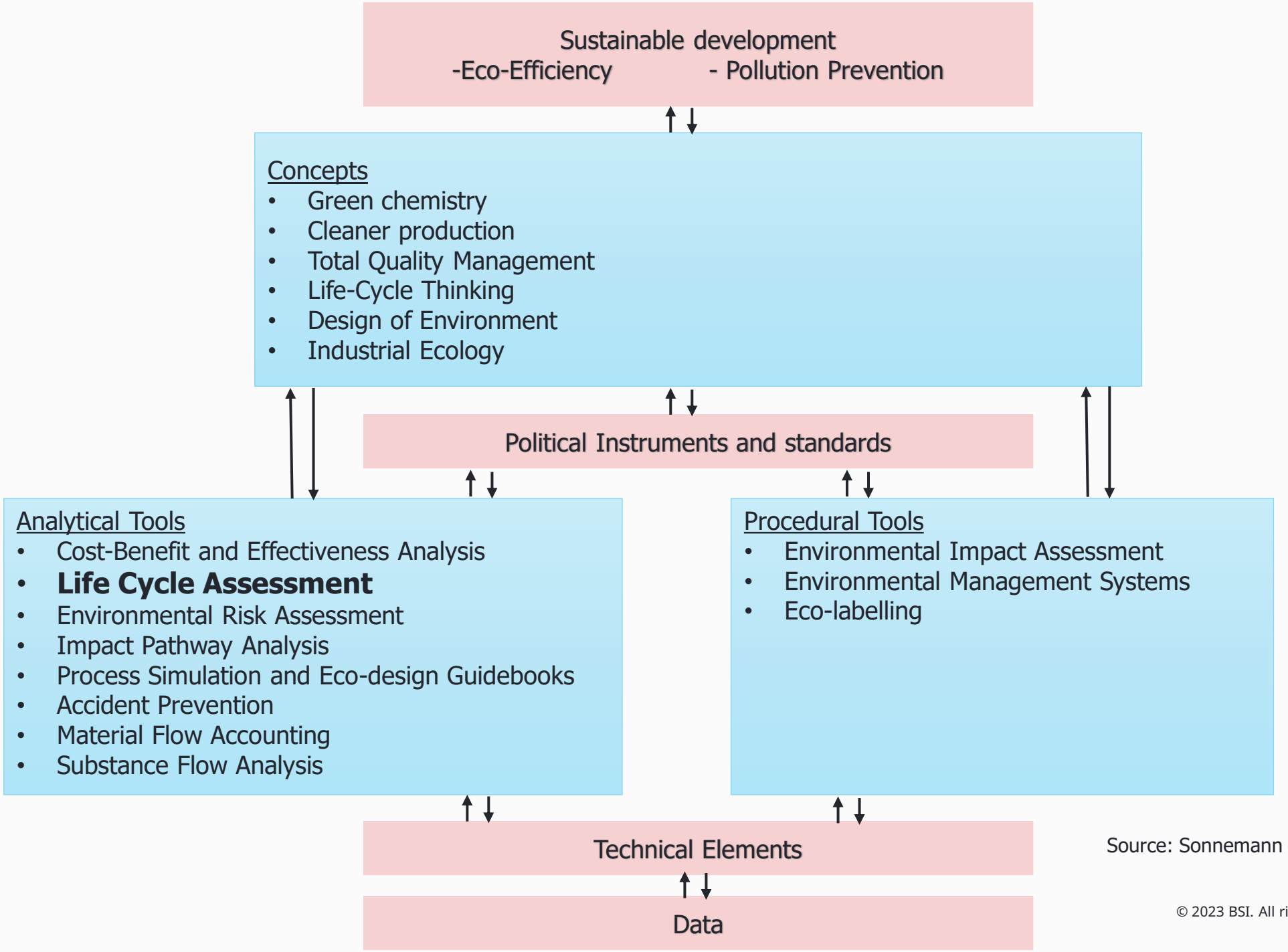
© 2023 BSI. All rights reserved.

Sustainability – Sustainable Development

- **"Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (World Commission on Environment and Development, 1987)**

Source: https://utscisgreen.wordpress.com/about/pillars-of-sustainability/

© 2023 BSI. All rights reserved.



Source: Sonnemann et al. 2004.

© 2023 BSI. All rights reserved.

Introduction to Life Cycle Assessment (LCA)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต

Which way are the best for Environment?

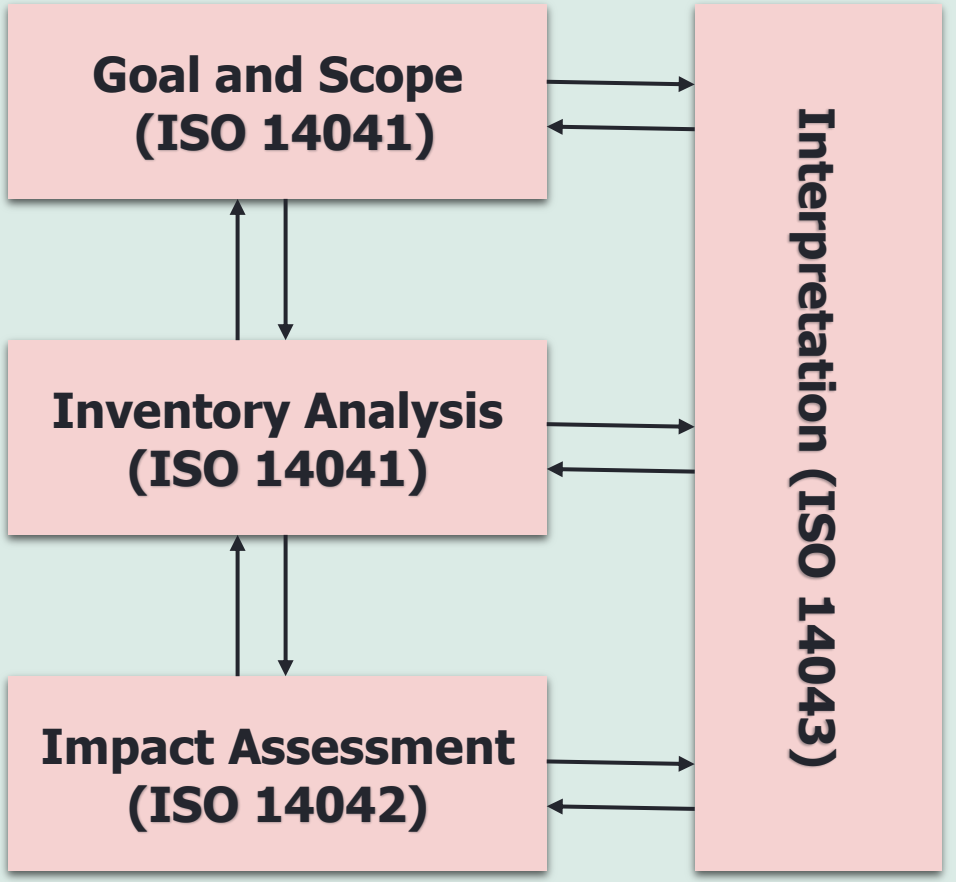
Which decision are the best ones?

How can they be translated from environmental concepts into implementation?

© 2023 BSI. All rights reserved.

What is Life Cycle Assessment (LCA) ?

- **LCA ของผลิตภัณฑ์คือการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวงจรชีวิต ตั้งแต่แหล่งการได้มาของวัตถุดิบจนกระทั่งการกำจัดซาก**



Available at : www. Afnor.fr

Source: http://www.solidworks.com/sustainability/design

© 2023 BSI. All rights reserved.

Life Cycle Assessment for food industry

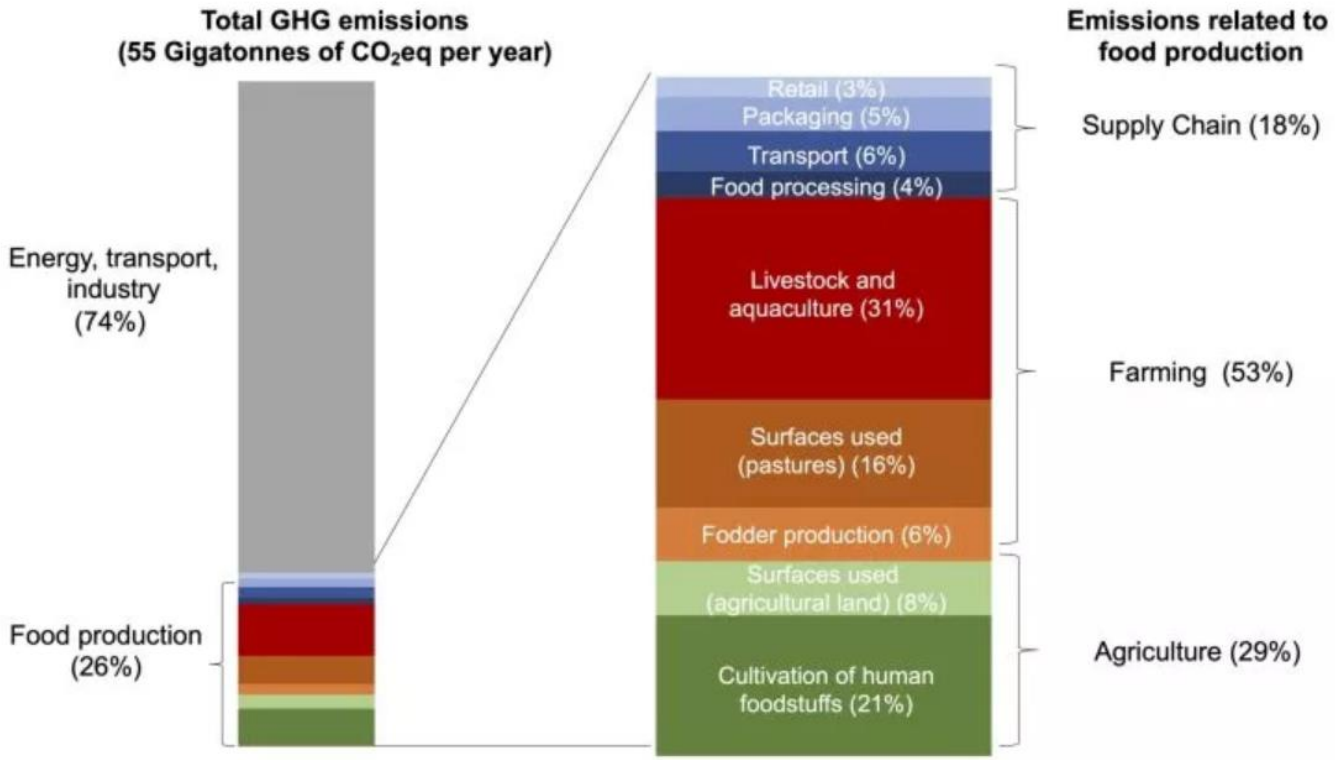
อุตสาหกรรมอาหาร (food industry) หมายถึง อุตสาหกรรมที่นำผลิตผลจากภาคเกษตร ได้แก่ ผลิตผลจากพืช ปศุสัตว์ และ ประมง มาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหาร โดยอาศัยเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารและการถนอมอาหาร เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์อาหารให้ได้ปริมาณมากๆ มีคุณภาพสม่ำเสมอ ปลอดภัย และสะดวกต่อการบริโภค

การปล่อย GHG อุตสาหกรรมอาหารคิดเป็น 25% และจะเพิ่มขึ้นเป็น 33% เมื่อรวมเศษอาหาร (Food waste) ด้วย

อุตสาหกรรมอาหารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตโปรตีนจากสัตว์มีส่วนรับผิดชอบต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกครึ่งหนึ่งของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมอาหารยังก่อให้เกิดขยะมูลฝอย การปล่อยอากาศเสีย และน้ำเสียเป็นจำนวนมาก

หากยังดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง สังคมของเราจะไม่ยั่งยืนอีกต่อไป และคนรุ่นต่อๆ ไปจะไม่สามารถสนองความต้องการของตนเองได้



Adapted from Ritchie and Roser (2020)

© 2023 BSI. All rights reserved.

Life Cycle Assessment for Food Industry

- LCA เป็นเครื่องมือสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมอาหาร
- LCA สามารถใช้เป็นเครื่องมือของกลยุทธ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจข้อดีข้อเสียของการออกแบบหรือคุณลักษณะที่ขับเคลื่อนประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่า
- LCA สามารถช่วยประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างการออกแบบผลิตภัณฑ์อาหาร
- LCA เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เราหลีกเลี่ยงการลดผลกระทบด้านหนึ่งแต่ไปเพิ่มภาระให้อีกผลกระทบหนึ่งจากการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือระบบใหม่ของอุตสาหกรรมอาหาร

Source from https://www.foodmatters.com/article/dirty-secrets-of-the-food-processing-industry

การประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร (LCA for food industry)

ประโยชน์

- ลดต้นทุน โดยการกำหนดแนวทางที่ถูกต้องตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์
- เพิ่มความน่าเชื่อถือ: โดยการนำวิธีการที่เป็นมาตรฐานมาใช้ทั่วทั้งอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบและความโปร่งใส
- ช่วยในการตัดสินใจในอนาคต: ดำเนินการวิเคราะห์และประมวลผลลัพธ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี

Source from https://www.octet.com/industry/food-beverage/

© 2023 BSI. All rights reserved.

Step 1: Goal and Scope definition

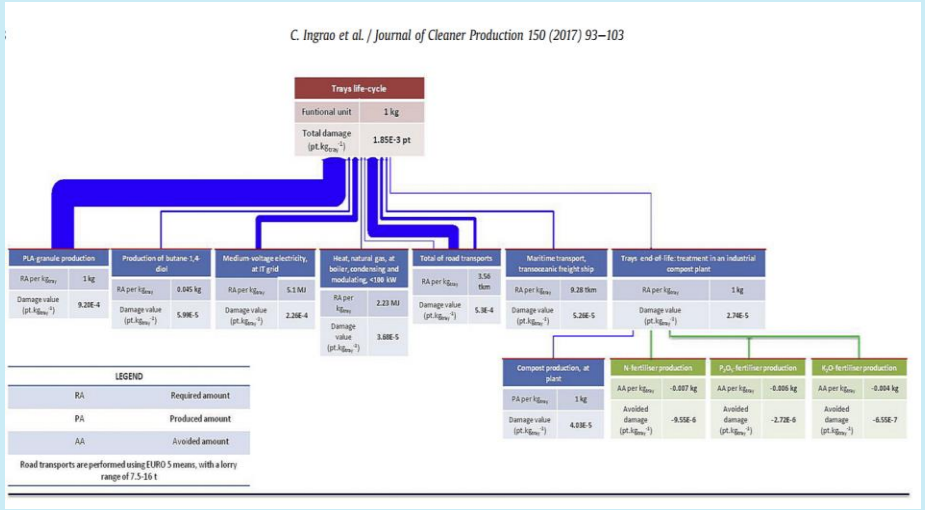
© 2023 BSI. All rights reserved.

การตั้งเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน (Goal and Scope definition)

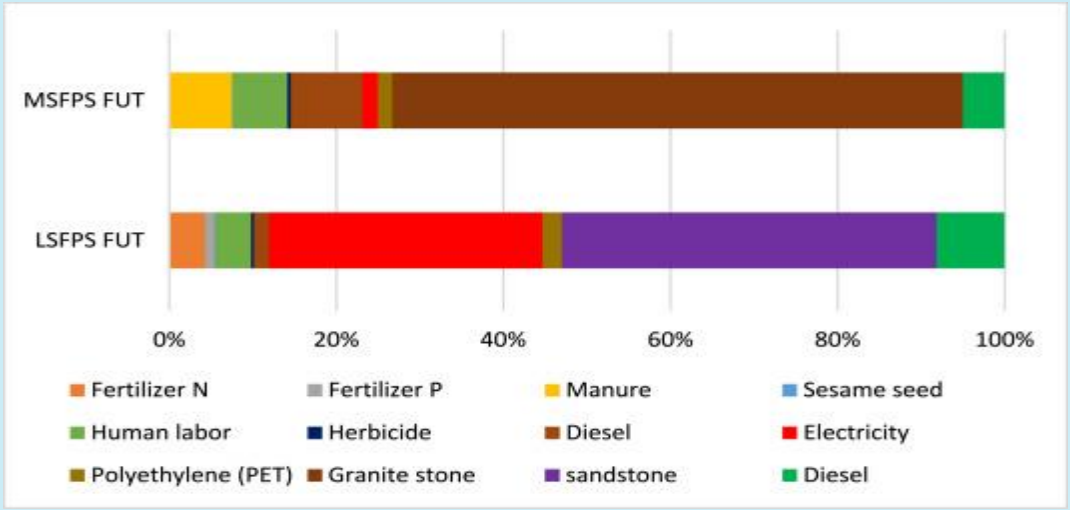
Purpose of the LCA study

เป้าหมายที่ LCA ได้รับการพัฒนา – ควรกำหนดไว้อย่างชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้น เนื่องจากมีอิทธิพลอย่างมากต่อขั้นตอนต่อไป

การบ่งชี้ envi hotspot เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงในอนาคต



การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ



© 2023 BSI. All rights reserved.

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน

กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- ให้เหตุผล ทำไมเราถึงต้องการประเมิน LCA เช่น ประเมินเพื่อต้องการเปรียบเทียบผลกระทบระหว่างผลิตภัณฑ์ หรือประเมินเพื่อบ่งชี้ Envi Hotspot ของวงจรชีวิต หรือกระบวนการผลิต

กำหนดหน่วยเทียบ (Functional Unit)

- Used as a basis for calculation and a basis for comparison btw different systems

ประเภทของระบบ	รูปแบบการประเมิน	หน่วยเทียบ	ประเภทหน่วยเทียบ
การใช้งานสินค้า	การซักผ้าเครื่องซักผ้า	5 kg ของผ้าที่ซัก	Input
การผลิตสินค้า	การผลิตพลังงานไฟฟ้า	1 kWh ของไฟฟ้าที่ผลิต	Output
การใช้งานระบบ	สมรรถนะของกระบวนการผลิตแก๊สโซลีน	100 m^3 / h	Capacity
การบริการ	ระยะทางขนส่งสินค้า	100 tkm ของการขนส่งสินค้า 1 เที่ยว	Transportation

© 2023 BSI. All rights reserved.

Functional unit for LCA food

หน่วยการทำงาน คือ หน่วยเชิงปริมาณของการประเมิน LCA โดยที่การใช้วัตถุดิบ พลังงาน การปล่อยของเสีย จะอ้างอิงเทียบกับหน่วยนี้ การเลือกหน่วยการทำงานที่ถูกต้องจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อความหมายของผลลัพธ์การประเมิน LCA ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตัวอย่างการตั้ง Functional Unit ของการประเมิน LCA เพื่อหา hotspot ของ life cycle

- 1 kg of fresh, edible King salmon meat, ready for customer purchase

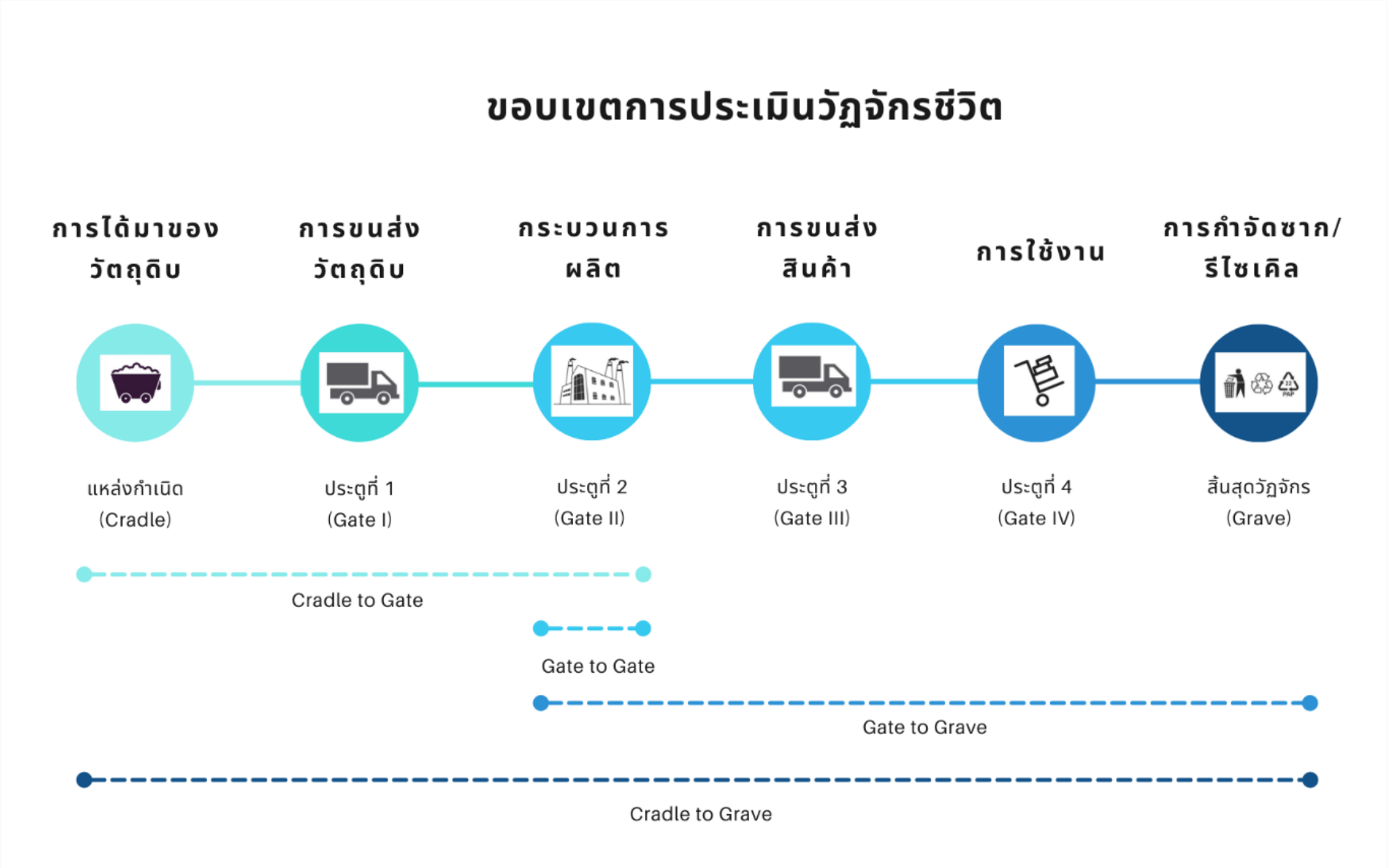
- 1 litter of organic extra virgin olive oil, packaging included

ตัวอย่างการตั้ง Functional Unit ของการประเมิน LCA เพื่อเปรียบเทียบระหว่างสองผลิตภัณฑ์

- พื้นที่ 1 ไร่ ของการปลูกต้นถั่วต่างชนิด
- 1 kg ของผลิตภัณฑ์งา ที่ผลิตจากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน

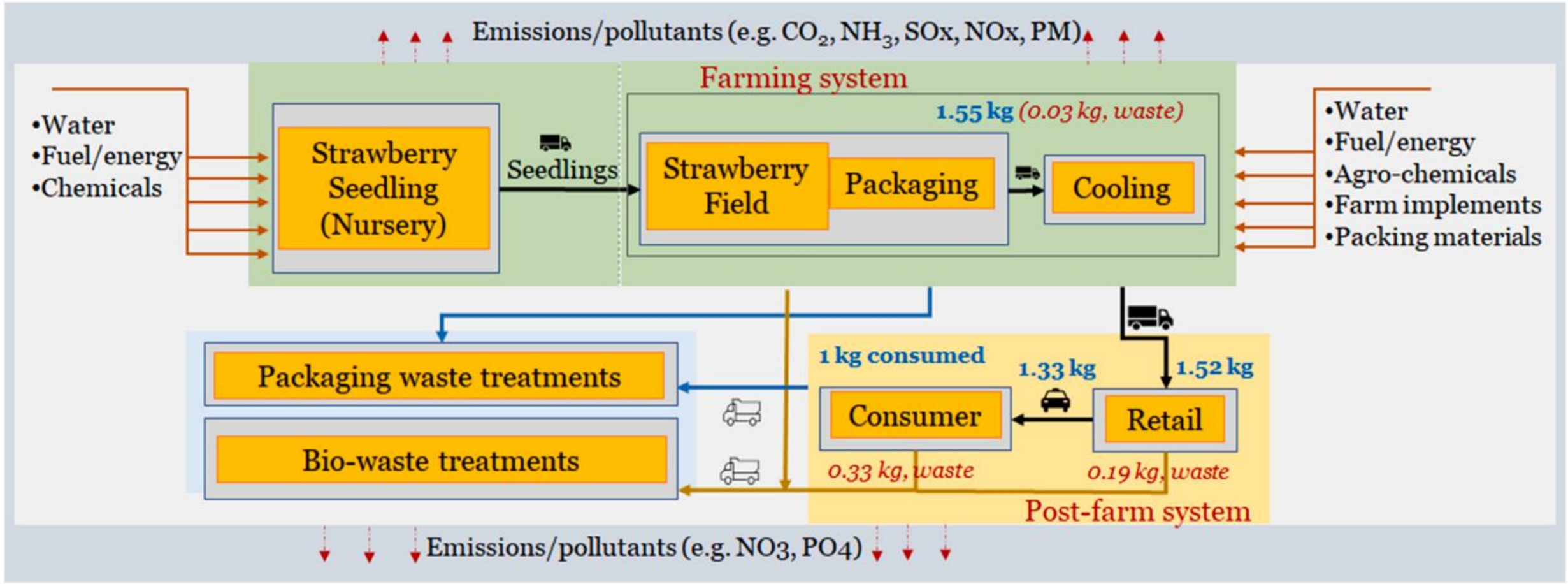
© 2023 BSI. All rights reserved.

การกำหนดขอบเขตการประเมิน – System boundaries



© 2023 BSI. All rights reserved.

Example of food lifecycle



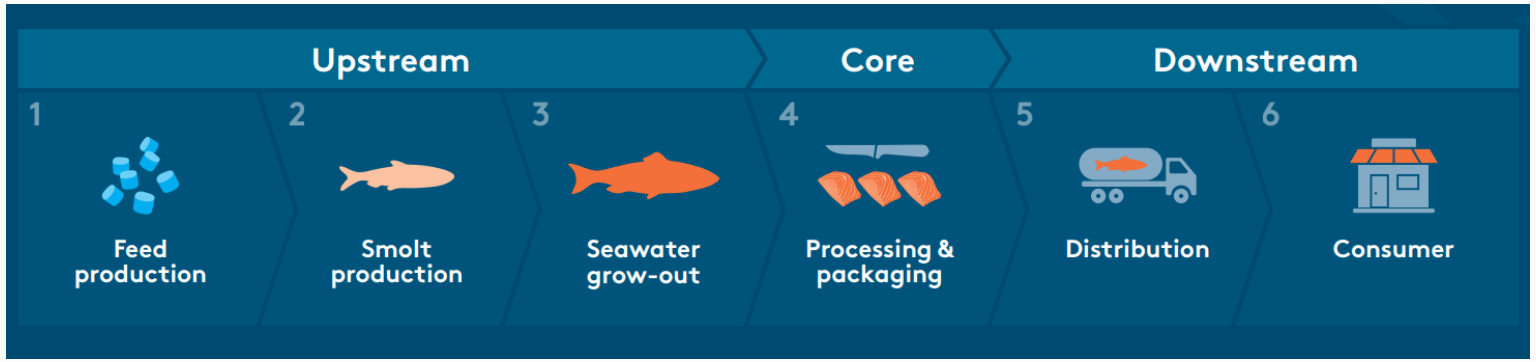
Source: Parajuli, R., Matlock, M. D., & Thoma, G. (2022). Environmental life cycle impact assessment of fresh California strawberries: A full supply chain perspective. Cleaner and Responsible Consumption, 6, 100073.

Boundary of LCA food

กระบวนการวัฏจักรชีวิตทั้งหมดจะต้องรวมอยู่ใน LCA ของผลิตภัณฑ์อาหาร เว้นแต่จะมีสถานการณ์จำเป็นที่สามารถอธิบายเป็นหลักฐานและพิสูจน์ได้ การกำหนดขั้นตอนใดอยู่ใน section ไหนของการประเมิน ให้พิจารณาจาก PCR ของแต่ละผลิตภัณฑ์

Breakdown of lifecycle stages

Atlantic salmon



Harry's 100% Mie Nature

Boundary of packaging LCA

กระบวนการวัฏจักรชีวิตบรรจุภัณฑ์อาหารและสินค้าอุปโภคบริโภคที่สำคัญ

การได้มาของวัตถุดิบ (Raw material acquisition)	ซึ่งรวมถึงการใช้น้ำ สารเคมี พลังงาน และวัสดุ และการขนส่งวัตถุดิบไปยังสถานที่ผลิตบรรจุภัณฑ์
การผลิต (Manufacturing)	การผลิตบรรจุภัณฑ์ระดับปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิ และการกำจัดของเสีย
การบรรจุและการปิดผนึก (Filling/packing and sealing)	การขนส่งบรรจุภัณฑ์ไปยังสถานที่บรรจุ/และปิดผนึก (ถ้ามี) และการห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ รวมถึงน้ำ สารเคมี พลังงาน และวัสดุเสริมใดๆ ที่จำเป็น
	รวมถึงการกำจัดของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้น – ผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์หลัก และบรรจุภัณฑ์รอง/ตติยภูมิ – จะต้องรวมอยู่ด้วย
การจัดจำหน่ายสินค้า (Distribution)	ขั้นตอนการขนส่งและการจัดเก็บทั้งหมดตั้งแต่การบรรจุ/การแพ็คกิ้งไปยังบ้านของผู้บริโภค รวมถึงยานพาหนะและเชื้อเพลิง สารทำความเย็น (หากจำเป็น) และของเสียใด ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งรวมถึงศูนย์กระจายสินค้าและไซต์ค้าปลีก

Boundary of packaging LCA

กระบวนการวัฏจักรชีวิตบรรจุภัณฑ์อาหารและสินค้าอุปโภคบริโภคที่สำคัญ

การใช้งานผู้บริโภค (Consumer use)	กิจกรรมและผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่จำเป็นในการใช้ผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ให้รวมของเสียจากผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่เกิดจากความเสียหาย/การเน่าเสียด้วย
การกำจัดซาก (End-of-life)	มลพิษที่เกิดจากกระบวนการขนส่ง กระบวนการคัดแยก การบำบัด และการกำจัด ต้องถูกพิจารณารวมอยู่ด้วย

Step 2: Life Cycle Inventory Analysis

© 2023 BSI. All rights reserved.

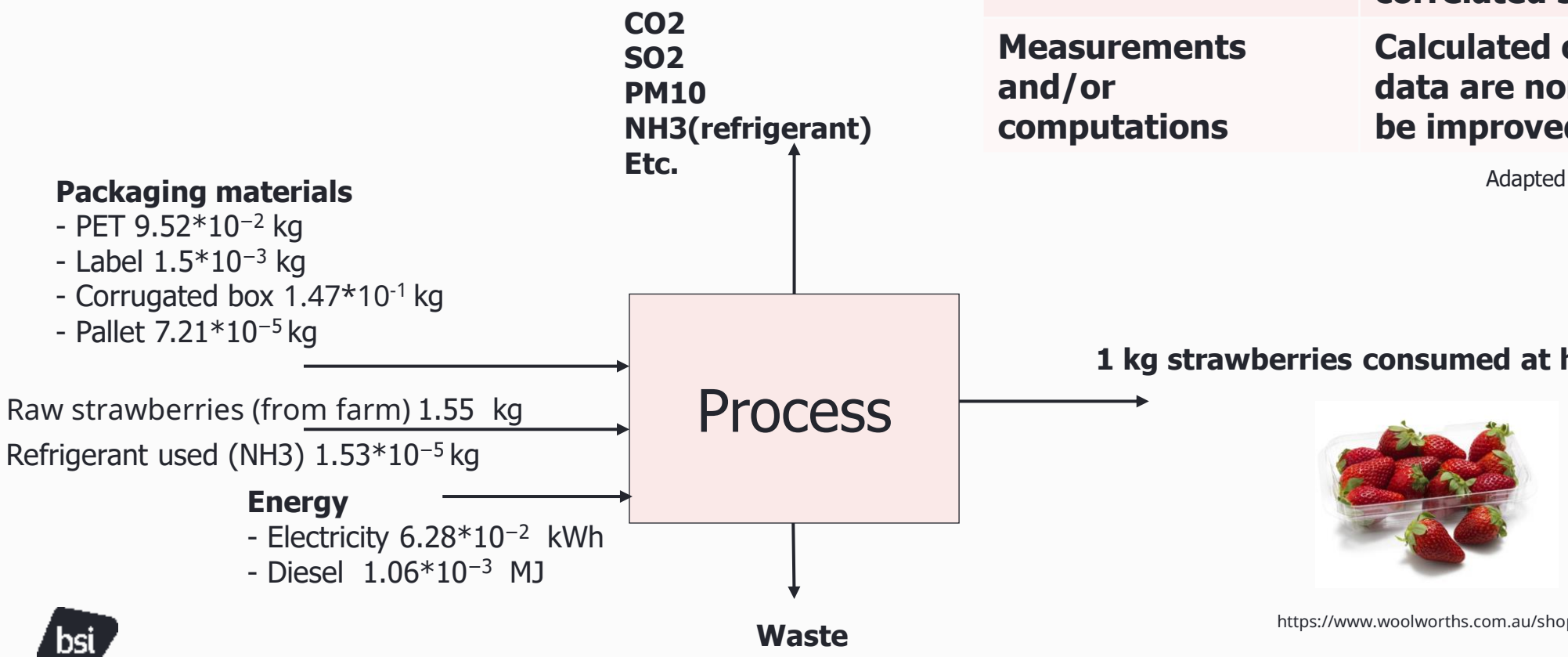
การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory)

- **Data collection**

Most time-consuming task in an LCA study

Data source	
Electronic database	**Software databases, and internet sources on LCA**
Literature data	**Scientific papers, public reports and existing LCA studies**
Unreported data	**Provided by companies, laboratories, authorities and correlated source**
Measurements and/or computations	**Calculated or estimated where data are nonexistent or should be improved**

Adapted from : Hauschild and Wenzel (1998)



https://www.woolworths.com.au/shop/productdetails/748374/strawberry-fresh

Source: Parajuli, R., Matlock, M. D., & Thoma, G. (2022). Environmental life cycle impact assessment of fresh California strawberries: A full supply chain perspective. Cleaner and Responsible Consumption, 6, 100073.

Allocation

Allocation in Standards and Technical Rules

- แนวทางที่นิยมใช้ในการพิจารณาการปันส่วนจะอ้างอิงตาม EN ISO 14044:2006
- ประกอบด้วย 2 แนวทาง ทั้งนี้การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ในการประเมิน LCA แต่ละกรณี

แนวปฏิบัติในการปันส่วน

- ขั้นตอนแรกถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการปันส่วน !!!
- หากไม่ได้ให้พิจารณาการปันส่วนแบบ physical relationship
- หากการพิจารณาแบบ physical relationship ไม่เพียงพอที่จะสื่อความหมายที่ถูกต้องได้ ให้พิจารณาการปันส่วนแบบอื่น เช่น Economic value

วิธีการปันส่วนแบบไหนถึงจะเหมาะสม

When Physical Allocation Needed?

- Precondition to use physical values for allocation is that the physical values reflect the main characteristics of a product
- Usually corresponding to multi-output, co-products with different revenue – such physical values are not available.

When Economic Allocation Needed?

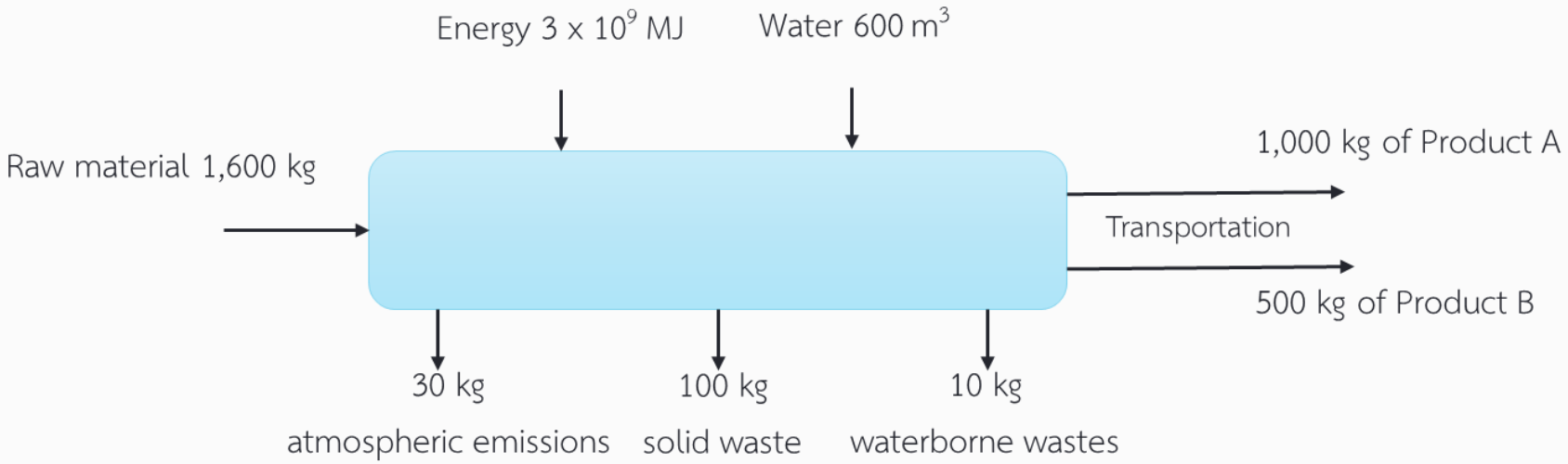
- Mass or volume is in most cases not an appropriate figure to describe the technical value of a product
- Lack of appropriate physical data, market prices are a possibility to value the products.

Allocation

- Industrial process normally manufacture more than one product on a single production line
- "How the environmental impact should be allocated in each of product"

Allocation methods

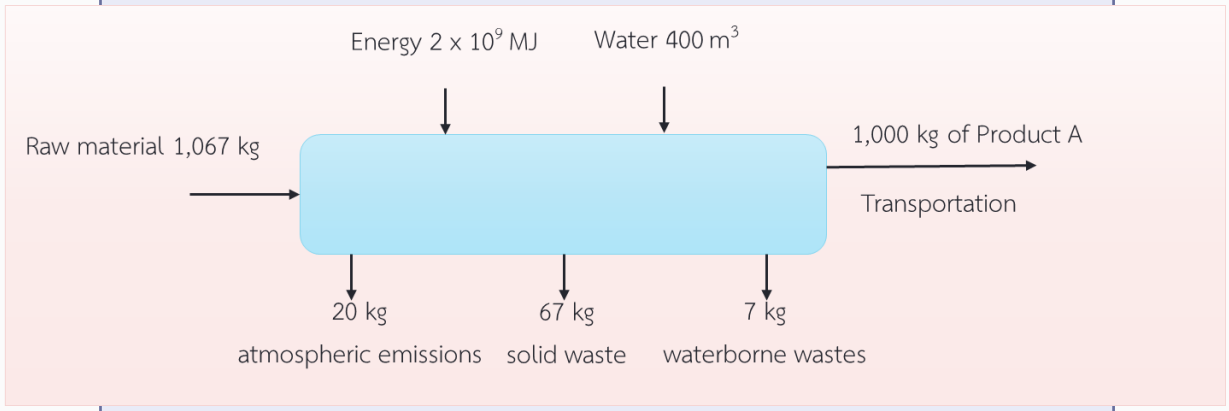
- Physical allocation
- Economic allocation



Physical allocation

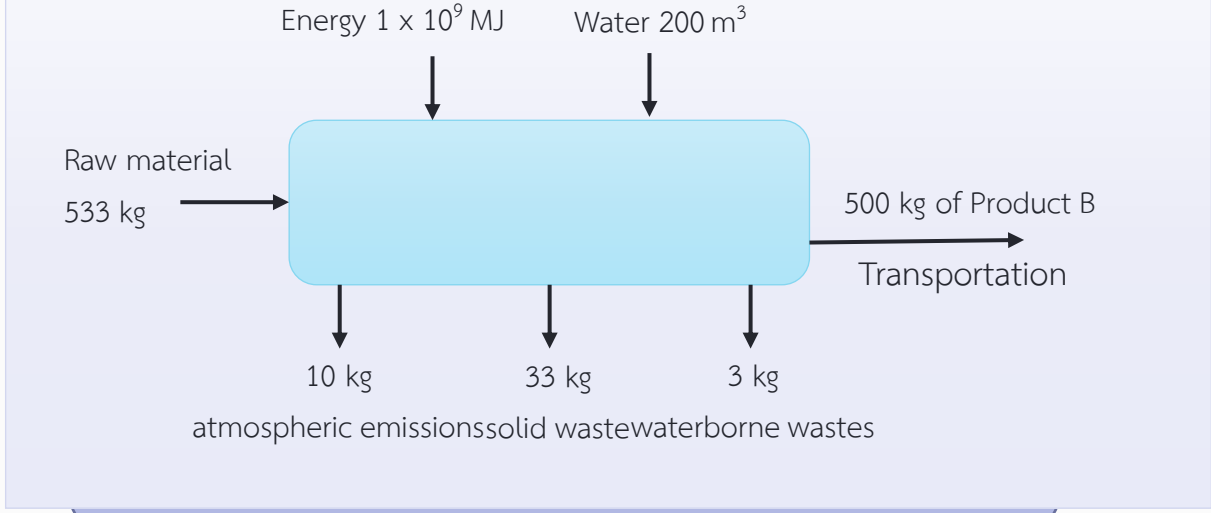
Allocation for product A

สัดส่วน นน. ของ A = 1000/1500



Allocation for product B

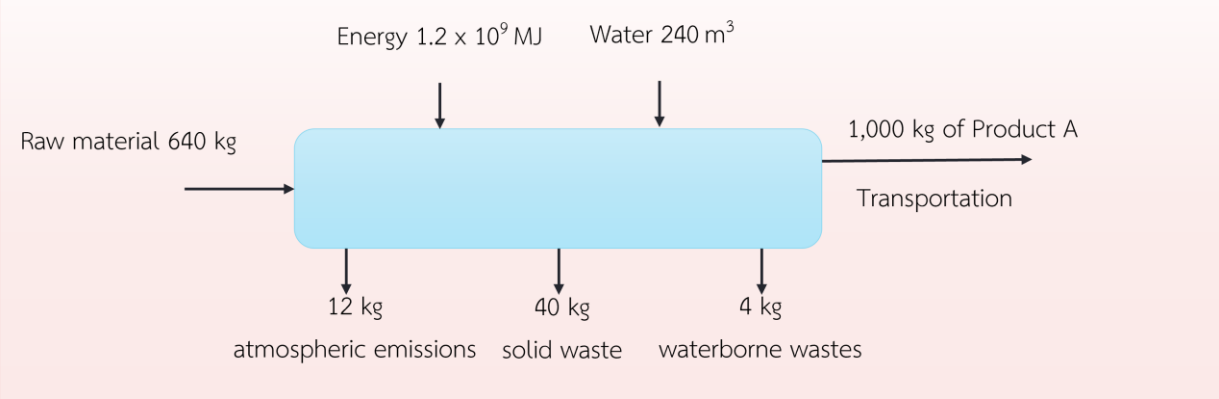
สัดส่วน นน. ของ B = 500/1500



Economic allocation

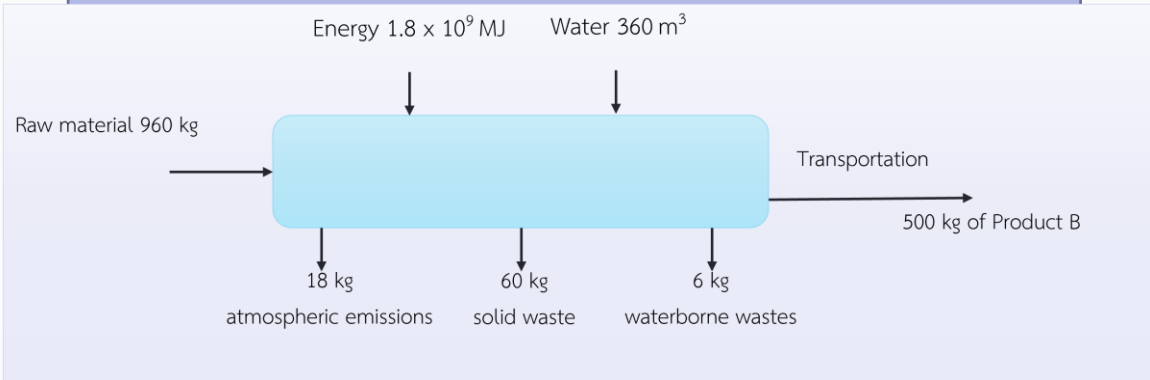
Allocation for product A : price A 2000 baht

สัดส่วน ราคา ของ A = 2000/5000



Allocation for product B: price B 3000 baht

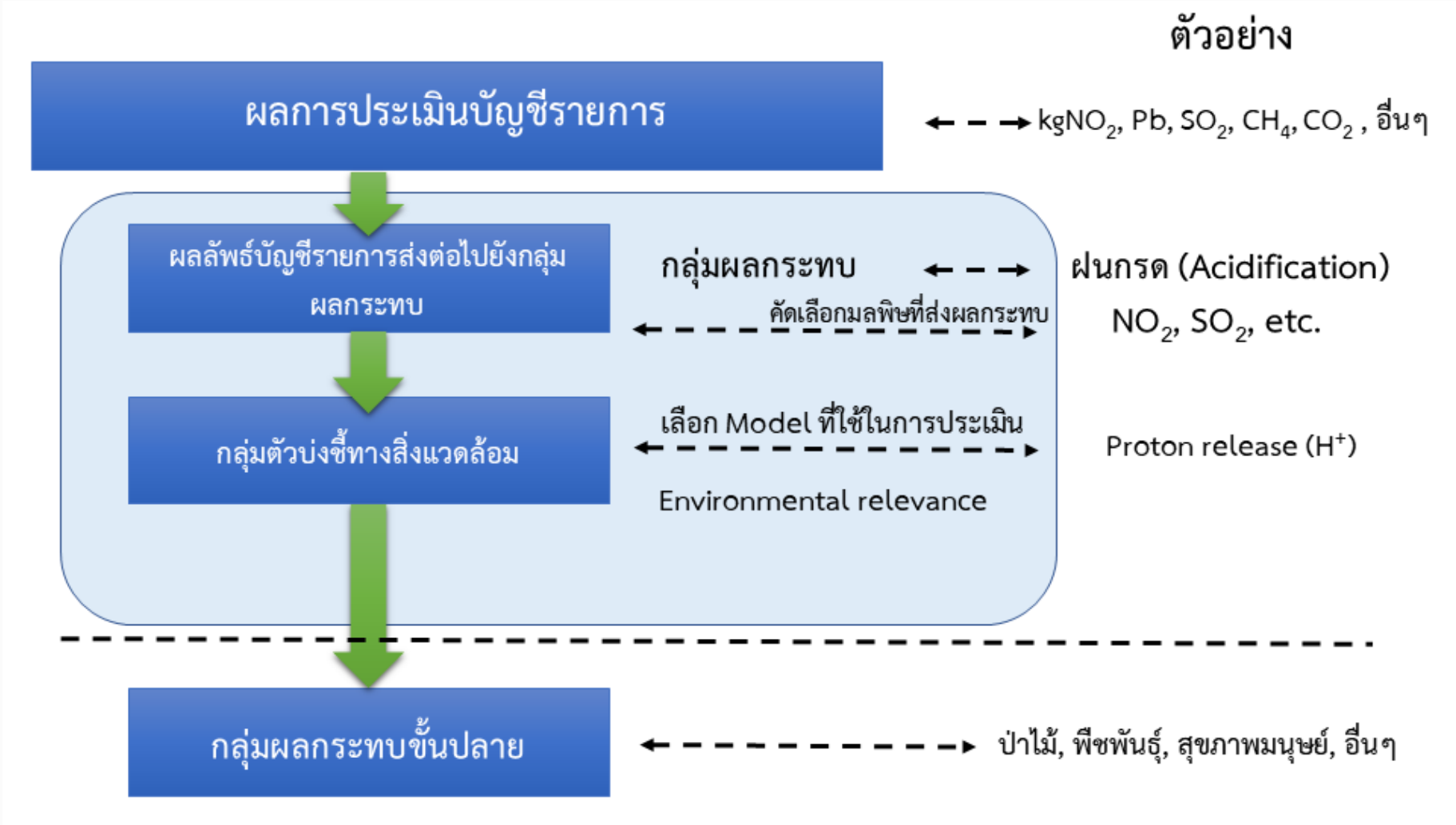
สัดส่วน ราคา ของ B = 3000/5000



Step 3: Life Cycle Impact Assessment

© 2023 BSI. All rights reserved.

LCIA framework (ISO 14042, 2002)



(ดัดแปลงจาก ISO 14042, 2002)

Source: (ISO 14042, 2002) available at www.afnor.fr

การกำหนดบทบาท (Characterization)

- เป็นขั้นตอนในการนำข้อมูลปริมาณสารต่างๆ ที่ได้จากการบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมมาประเมินผลกระทบเชิงปริมาณตามกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- การประเมินทำได้โดยการแปลงค่าสารแต่ละตัวในกลุ่มผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปตัวเลข
- เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน จึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐาน
- ใช้ค่า Characterization factor ในการคูณเพื่อเปลี่ยนจากปริมาณน้ำหนักเป็นค่าบ่งชี้ผลกระทบ และรวมค่าทั้งหมดของแต่ละผลกระทบ

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

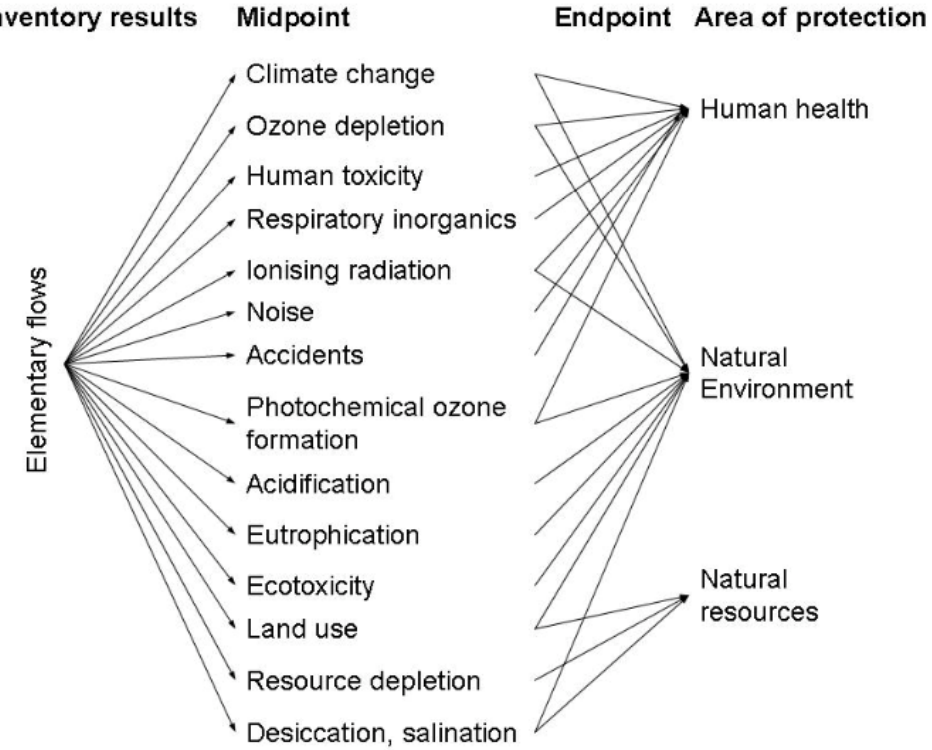


Figure 1-1 Framework of impact categories for characterisation modelling at midpoint and endpoint (Area of Protection) levels.

Source: (JRC, 2010.) available at www. https://eplca.jrc.ec.europa.eu/

EP_j (environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg substance equivalent)

Q_j (Quantity of substance) คือปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j)

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

++!!! แต่ละวิธีการอาจมีค่า Characterization factor ที่แตกต่างกัน ++!!

LCIA methodologies

Table 2 Analysed LCIA methodologies

Methodology	Developed by	Country of origin
CML2002	CML	Netherlands
Eco-indicator 99	PRé	Netherlands
EDIP97 – EDIP2003	DTU	Denmark
EPS 2000	IVL	Sweden
Impact 2002+	EPFL	Switzerland
LIME	AIST	Japan
LUCAS	CIRAIG	Canada
ReCiPe	RUN + PRé + CML + RIVM	Netherlands
Swiss Ecoscarcity 07	E2+ ESU-services	Switzerland
TRACI	US EPA	USA
MEEuP	VhK	Netherlands

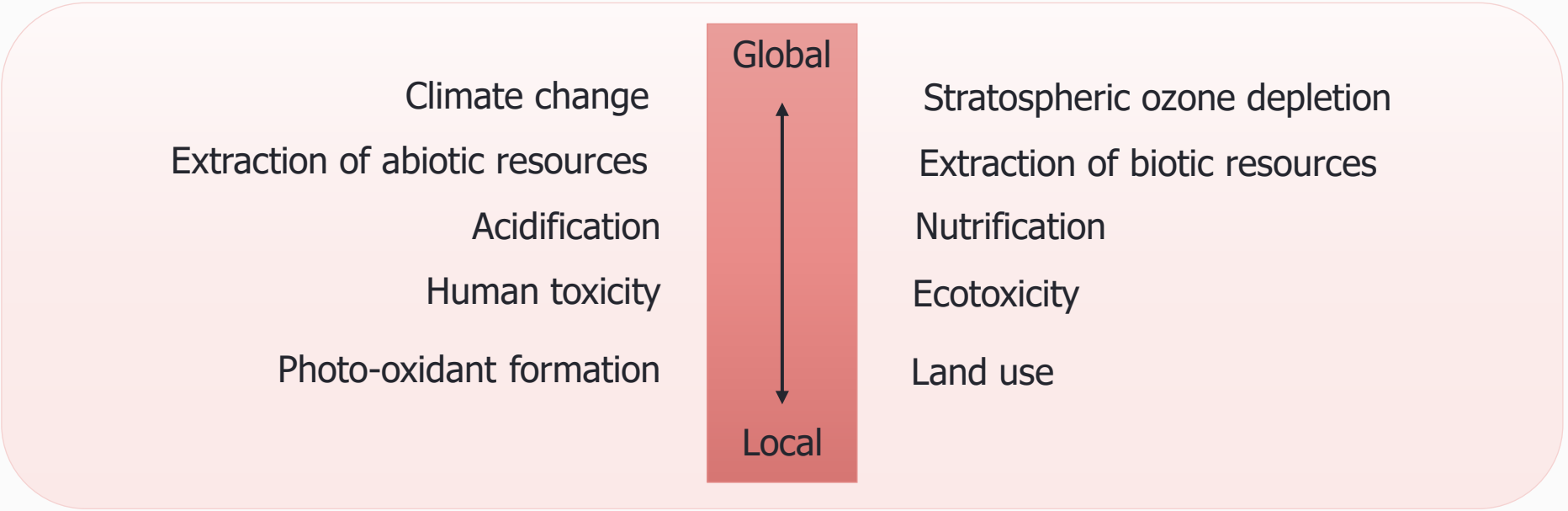
Source: https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Recommendation-of-methods-for-LCIA-def.pdf

การจัดกลุ่มผลกระทบ

การจัดกลุ่มผลกระทบสามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบ :

Input – environmental impacts associated with material and energy input to the system

Output – corresponding to damages due to emissions or pollutants, vibrations, or radiation

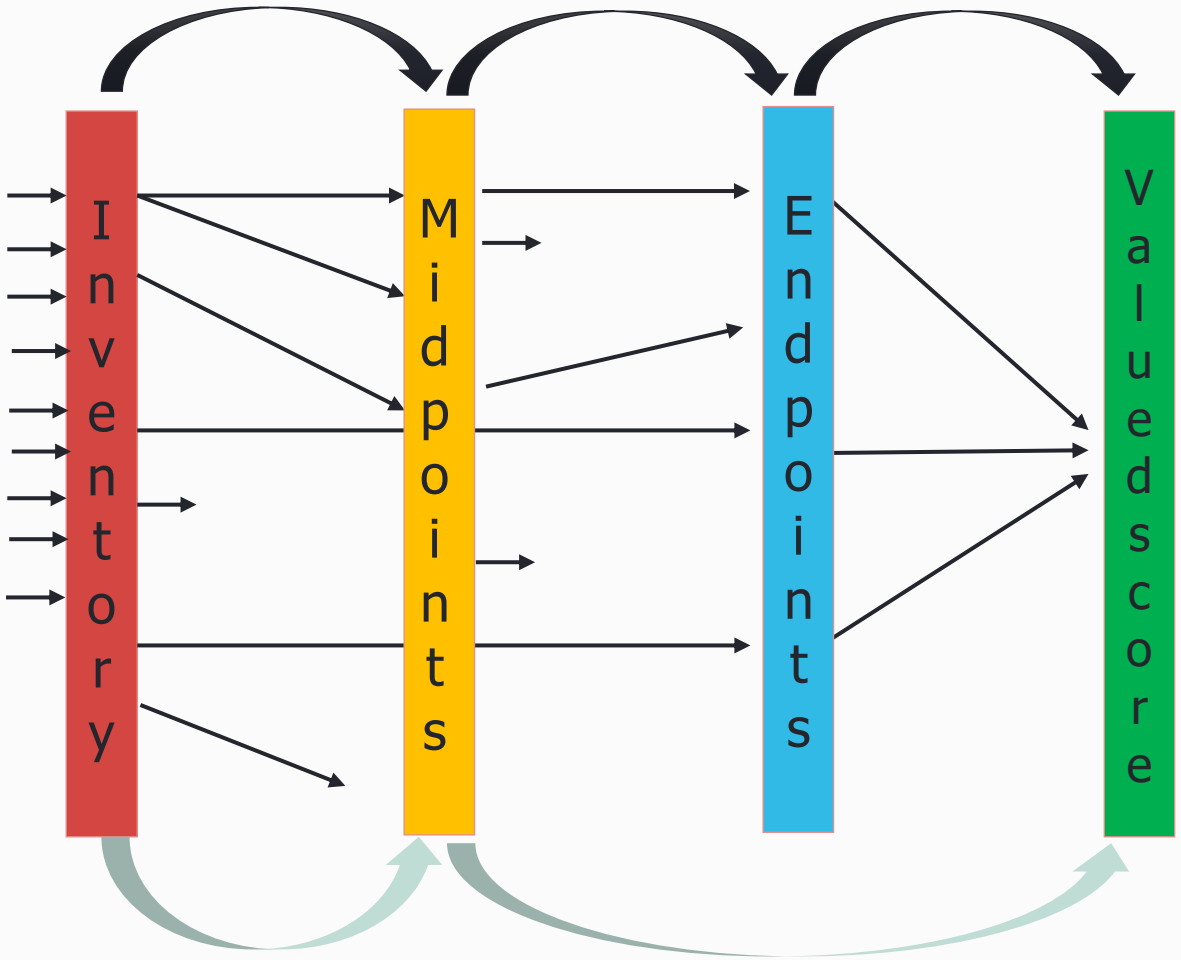


Source: (UNEPDTIE, 2003)

Impact for LCA food industry

No.	Impacts	Unit	Model
1	Climate change/ Global warming potential (GWP)	$kgCO_2eq$	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
2	Ozone depletion potential	kg CFC-11eq	WMO model
3	Abiotic Depletion Potential (ADP) [Metal and Minerals]	kg Sb eq	CML
	Abiotic Depletion Potential (ADP) [Fossil Resources]	MJ	CML
4	Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	ReCiPe 2016
5	Acidification	mol H^+ eq	EDIP
6	Eutrophication potential (terrestrial)	mol N eq	EDIP
	Eutrophication potential (freshwater & marine)	kg P eq	ReCiPe 2016
7	Water Deprivation Potential (WDP)	m^3	AWARE model

Midpoint and Endpoint Indicator

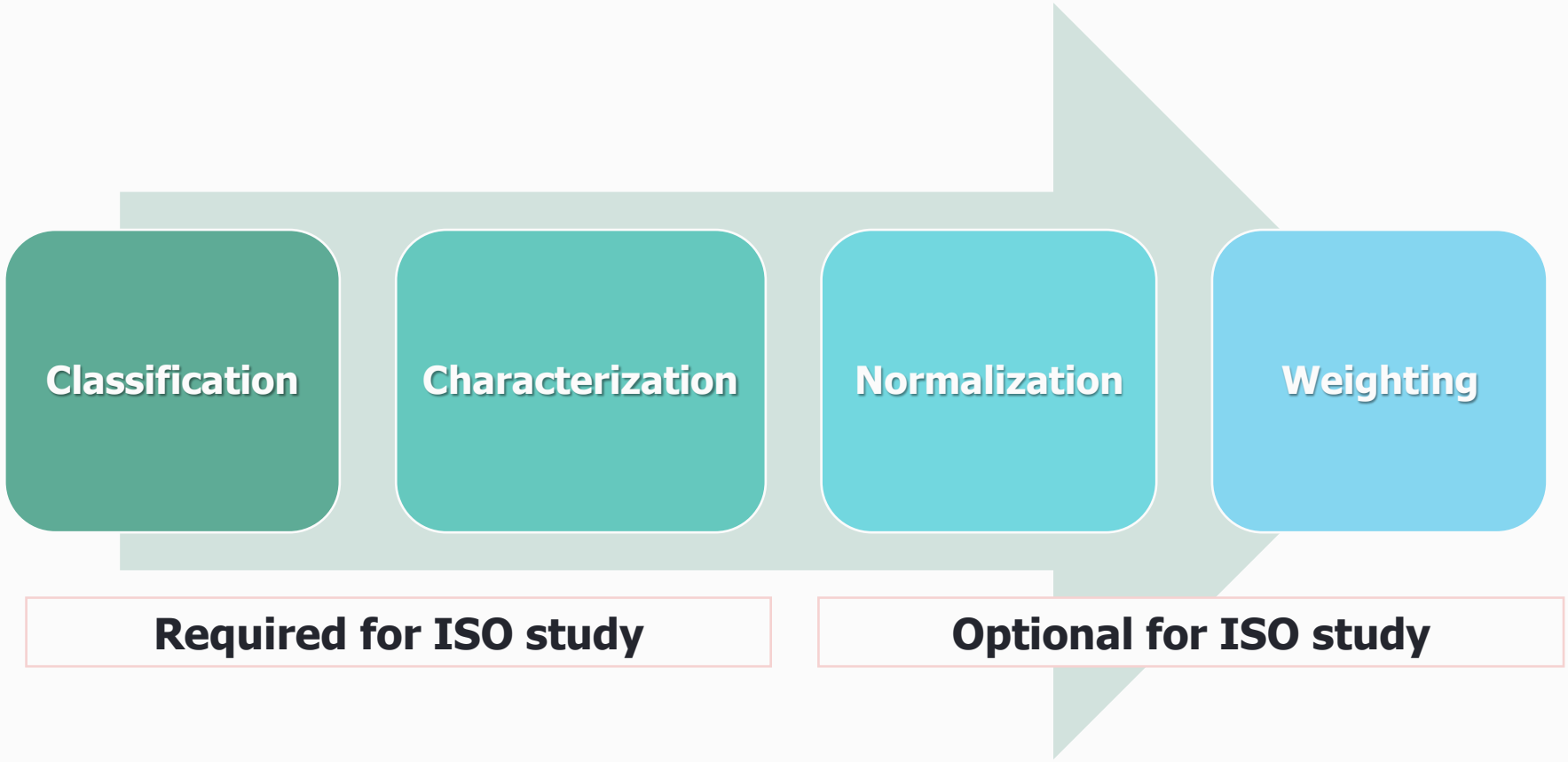


Procedure with endpoint approach

Procedure with midpoint approach

Source: Sonnemann et al. 2004.

Steps in Life Cycle Impact Assessment



Case study

MULTI X Nourishing the future

Product name: Atlantic salmon

Product description: Fillet with skin, with scales, with tail (cutting only fins rests), with dorsal fat, with out dorsal fins, with ventral fat (according to the picture), with out ventral fins, with out backbone, with out collar, with out caudal fins, with out anal fins, with out peritoneal membrane, PBO, fresh, chilled.

Functional unit / declared unit: 1 kg of edible product plus its packaging

Time representativeness: The specific data were collected from January to December 2021.

bsi

Life Cycle Stages

Upstream processes	Extraction and production of raw materials
	Transportation of raw materials
	Production of feed for salmon
	Transportation of feed
	Freshwater hatchery
	Transport to seawater plant
	Sea farming
	Harvest
Core processes	Transport to processing plants
	Production plant process
	Transport to distribution center
Downstream processes	Distribution
	Transportation of consumer
	Consumer use
	Packaging end of life

Source: https://www.environdec.com/library/epd6696

Case study

Environmental performance

Potential environmental impact

1 kg of edible product plus its packaging.

PARAMETER	Unit	Upstream	Core	Downstream	TOTAL
Global warming potential (GWP)					
Fossil	kg CO_2 eq.	2.247	0.180	0.358	**2.785**
Biogenic	kg CO_2 eq.	0.110	0.007	2.E-04	**0.117**
Land use and land transformation	kg CO_2 eq.	1.837	3.E-04	0.001	**1.838**
TOTAL	**kg CO_2 eq.**	**4.195**	**0.187**	**0.359**	**4.740**
Acidification potential (AP)	kg mol H^+ eq.	0.027	0.001	0.004	**0.032**
Eutrophication potential (EP)					
Aquatic freshwater	kg P eq.	0.004	3.E-05	3.E-05	**0.004**
Aquatic marine	kg N eq.	0.012	3.E-04	0.001	**0.014**
Aquatic terrestrial	mol N eq.	0.100	0.003	0.015	**0.118**
Photochemical oxidant creation potential (POCP)	kg NMVOC eq.	0.020	0.001	0.004	**0.025**
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC 11 eq.	2.E-07	1.E-07	7.E-08	**4.E-07**
Abiotic depletion potential (ADP)					
Metals and minerals	kg Sb eq.	1.E-05	7.E-07	1.E-06	**1.E-05**
Fossil resources	MJ, net calorific value	29.510	1.922	5.036	**36.470**
Water deprivation potential (WDP)	m^3 world eq.	1.378	0.010	0.016	**1.405**

Source: https://www.environdec.com/library/epd6696

Case study

Product name:
IUS NATURAE
Valdobbiadene Prosecco Superiore D.O.C.G.
Brut Millesimato

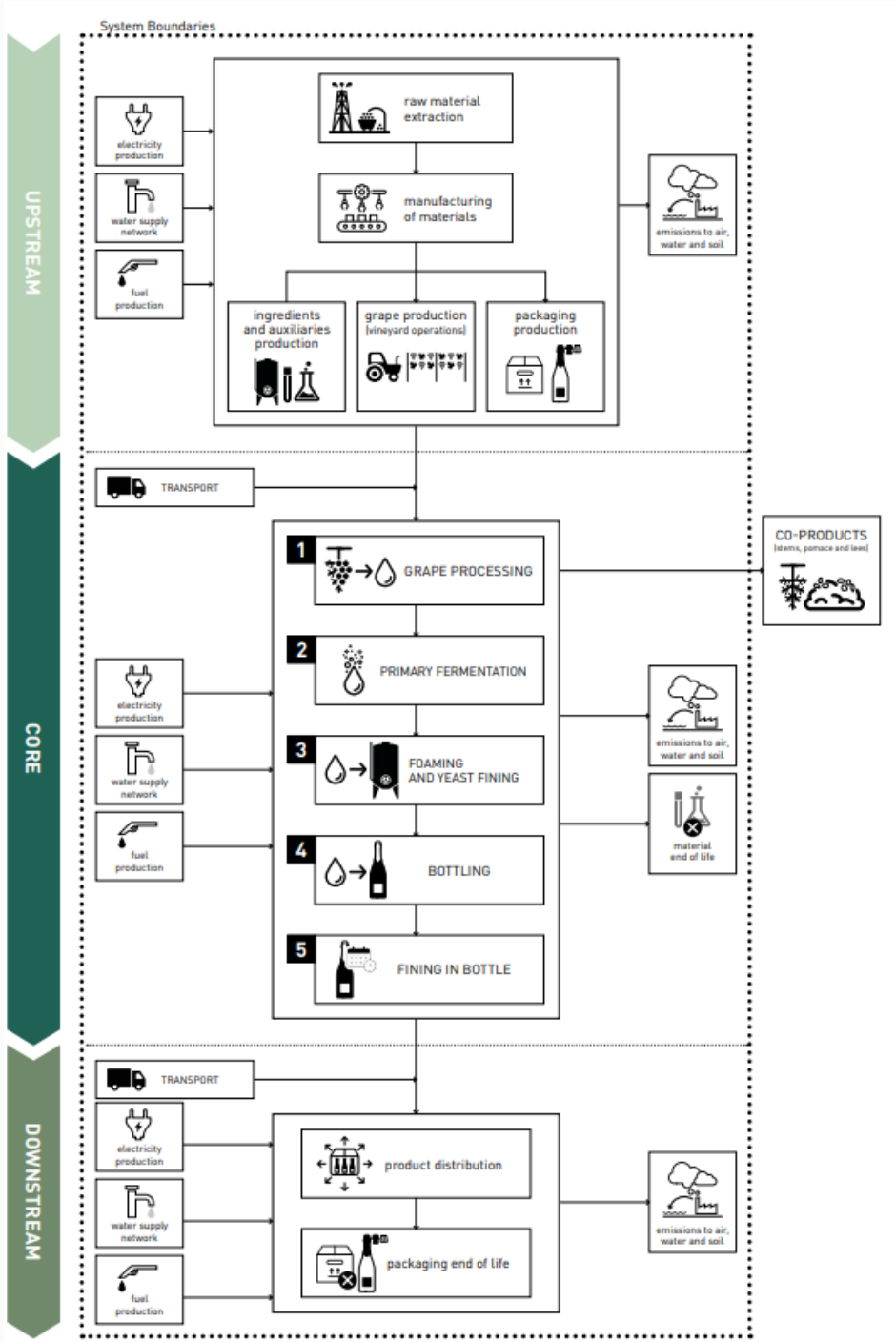
UN CPC code:
24211 - Sparkling wine of fresh grapes

Geographical scope:
Europe

Product name: IUS Nature

Functional Unit/ Declared Unit : 0.75L of wine

Characteristics and Content	
Area of origin	Valdobbiadene (TV)
Varietal	100% Glera
Training system	Double inverted
Harvest period	Early September
Winemaking	Off skins by gentle pressing
Primary fermentation	Controlled temperature with selected yeasts
Foaming	25-30 days
Yeast fining	3 months
Fining in bottle	2 months
Colour	Pale yellow
Sparkling winemaking method	Martinotti - Charmat
Alcol	11,50 % vol.
Sugar residue	10,00 g/l
Total acidity	5,50 g/l
Total sulphites	90g/l



Source: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/e488484e-765c-49de-5975-08d90559b7e2/Data

Case study

UPSTREAM

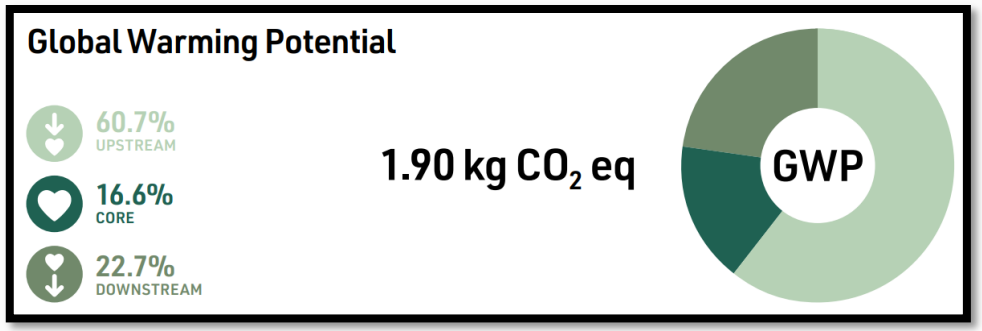
CORE

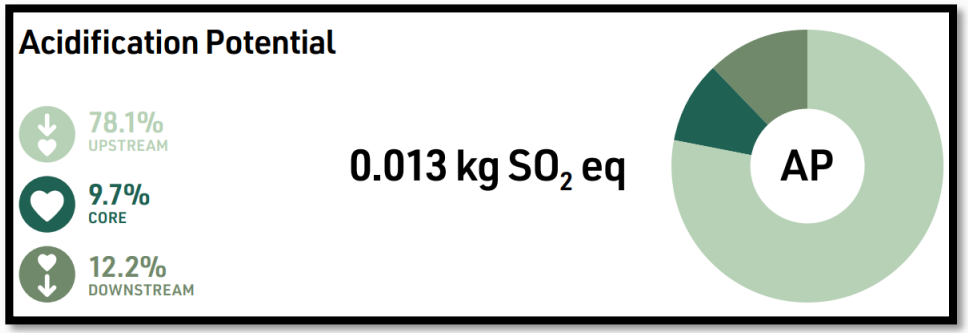
DOWNSTREAM

Downstream scenario: S1 distribution to Europe (roadway)

Parameter		Unit			EU	Total
GWP	fossil	kg CO_2 eq	1.14E+00	3.14E-01	4.19E-01	**1.87E+00**
	biogenic	kg CO_2 eq	9.42E-03	3.23E-03	9.93E-03	**2.26E-02**
	luluc	kg CO_2 eq	1.12E-03	1.06E-04	1.64E-04	**1.39E-03**
	Total	**kg CO_2 eq**	**1.15E+00**	**3.17E-01**	**4.29E-01**	**1.90E+00**
AP		kg SO_2 eq	1.04E-02	1.29E-03	1.62E-03	**1.33E-02**
EP		kg PO_4^{3-} eq	2.63E-03	3.65E-04	3.63E-04	**3.36E-03**
POFP		kg NMVOCeq	5.63E-03	1.01E-03	2.01E-03	**8.66E-03**
ADP	elements	kg Sb eq	5.44E-05	6.24E-06	1.33E-05	**7.40E-05**
	fossil	MJ	1.42E+01	4.01E+00	6.09E+00	**2.43E+01**
WSP		m^3 eq	2.40E-01	1.16E-01	1.76E-02	**3.74E-01**
NLT		m^2	2.79E-04	6.55E-05	1.46E-04	**4.90E-04**

NLT= Natural Land Transformation; WSP = Water scarcity potential;





Source: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/e488484e-765c-49de-5975-08d90559b7e2/Data

Step 4: Interpretation

© 2023 BSI. All rights reserved.

Step 4: Interpretation

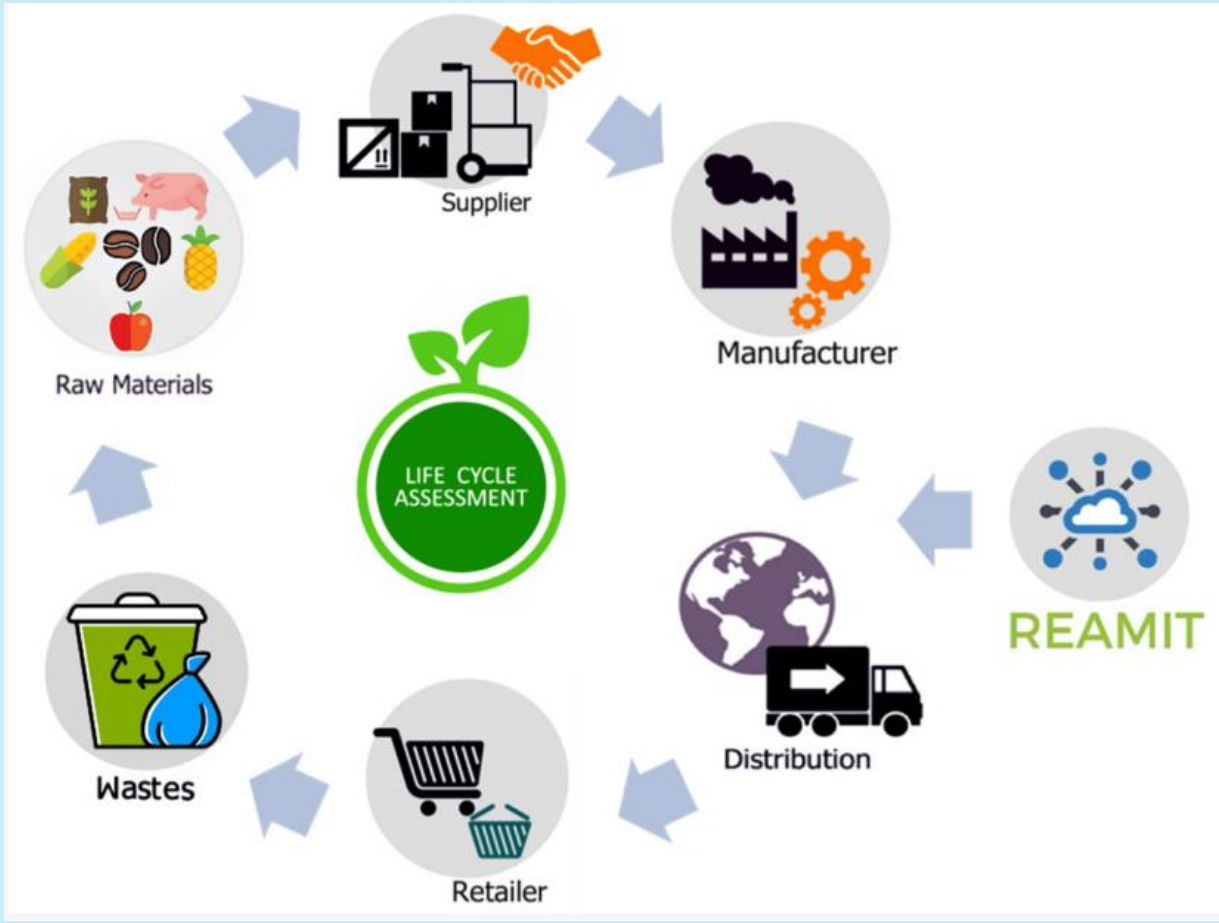
- การแปรผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินวัฏจักรชีวิต ในขั้นตอนนี้ผู้ประเมินจะต้องแปรผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 (LCIA) เพื่อวิเคราะห์จุด hotspot ของแต่ละผลกระทบ หรือเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นระหว่างผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเป้าหมายและขอบเขตที่ได้ตั้งไว้ในขั้นตอนที่ 1
- การแปรผลควรจะสามารถนำไปสู่การกำหนดกลยุทธ์ในการปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ได้
- นอกจากนั้นประเด็นเรื่องคุณภาพของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ และข้อจำกัดต่างๆ ที่พบระหว่างการดำเนินการควรได้นำมาอภิปรายในขั้นตอนนี้ได้

Sensitivity analysis

Uncertainty analysis

© 2023 BSI. All rights reserved.

สรุป LCA for packaging



Source: Costa, T.P.d.; Gillespie, J.; Pelc, K.; Adefisan, A.; Adefisan, M.; Ramanathan, R.; Murphy, F. Life Cycle Assessment Tool for Food Supply Chain Environmental Evaluation. Sustainability 2023, 15, 718. https://doi.org/10.3390/su15010718

Contact us

www.bsigroup.com/th-TH/

BSI Thailand

@bsithailand

Tel: 02 294 4889-92 Email: infothai@bsigroup.com