ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้ Circular Economy

โครงการยกระดับผลิตภาพภาคอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนด้วยแนวคิด
เศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Model)
ปีงบประมาณ 2566

วันอังคารที่ 14 มีนาคม 2566

ณ ห้อง Orchid 2-3 ชั้น 11 โรงแรม จัสมิน ซิตี้ อโศก (สุขุมวิท 23)

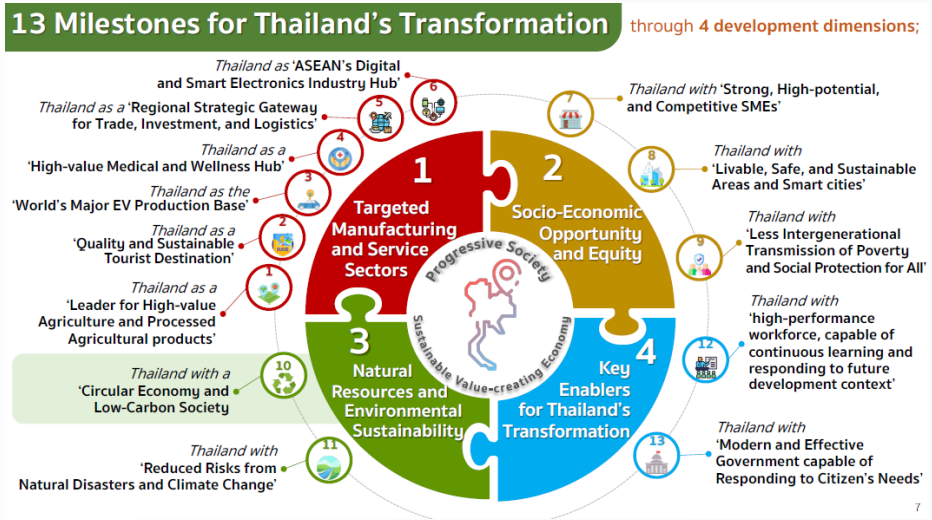
ดร.นงนุช พูลสวัสดิ์
สถาบันเทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (TIIS)
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ สวทช.

สถาบันเทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (TIIS)

TIIS

MTEC a member of NSTDA

Policy



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

BCG
เพิ่มคุณภาพชีวิต เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
Enhancing Our Quality of Life and the Environment

Network

APRSCP ASIA-PACIFIC ROUNDTABLE for SUSTAINABLE CONSUMPTION & PRODUCTION

SCP THAI SCP NETWORK

UN environment United Nations Environment Programme

Life Cycle Initiative

SDSN Thailand

Asia Carbon Footprint Network (ACFN)

Resource

วช. NRCT

สวทช NSTDA

PMUC Program Management Unit for Competitiveness

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

JAIF asean

asean

UN environment United Nations Environment Programme

สวก. ARDA สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) AGRICULTURAL RESEARCH DEVELOPMENT AGENCY (PUBLIC ORGANIZATION)

Thailand Science Research and Innovation

โมเดลเศรษฐกิจ BCG

สร้างความสามารถ
ในการพึ่งตนเอง

สร้างภูมิคุ้มกัน

ฟื้นตัวเร็ว

อนุรักษ์ ฟื้นฟู จัดการ
การใช้ประโยชน์และเพิ่มพูนทรัพยากร
ความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรม

B C G

สร้าง Value Creation
จากทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพ
และวัฒนธรรม

วิสัยทัศน์

"เศรษฐกิจเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน ประชาชนมีรายได้ดี คุณภาพชีวิตดี รักษาและฟื้นฟูฐานทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพ
และวัฒนธรรม ให้มีคุณภาพที่ดี **ด้วยการใช้ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรม"**

การประชุมคณะกรรมการบริหารการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจ BCG Model ครั้งที่ 2/2564

เป้าหมายและตัวชี้วัด BCG: 2570

เพิ่มอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ

- มูลค่า GDP ของเศรษฐกิจ BCG เพิ่มขึ้น 1 ล้านล้านบาท
- สัดส่วนผลิตภัณฑ์และบริการมูลค่าสูงเพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 20
- การเพิ่มขึ้นของรายได้ของเศรษฐกิจฐานรากไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

ลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม

- ลดความเหลื่อมล้ำทางรายได้ 10 ล้านคน
- จำนวนผู้ประสบปัญหาขาดแคลนอาหารและทุพโภชนาการต่ำกว่าร้อยละ 5
- จำนวนผู้เข้าถึงยา เวชภัณฑ์และเครื่องมือแพทย์ราคาแพง แม้ในภาวะวิกฤตได้เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 3 แสนคน
- จำนวนชุมชนมีความสามารถในการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 20

สร้างความยั่งยืนของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

- ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติลง 1 ใน 4 จากปัจจุบัน
- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20-25 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2548
- ทรัพยากรธรรมชาติได้รับการฟื้นฟู เช่น เพิ่มพื้นที่ป่าไม้ 3.2 ล้านไร่

การพึ่งพาตนเอง

- จำนวนผู้ที่ได้รับการพัฒนาให้มีทักษะที่สูงขึ้น ไม่น้อยกว่า 1 ล้านคน
- จำนวนสตาร์ตอัปและ IDEs (Innovative Driven Enterprises) ที่เกี่ยวข้องกับ BCG 1,000 ราย
- ดุลการชำระเงินทางเทคโนโลยีขาดดุลลดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 20
- การนำเข้าผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และสุขภาพลดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 20

กระทรวงการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

สวทช NSTDA Anniversary

เศรษฐกิจหมุนเวียน

แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทย BCG Model พ.ศ. 2564-2570

ทำไมถึงต้องมีการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน

สวทช NSTDA Anniversary

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร
ทรัพยากรธรรมชาติมีจำกัด เสื่อมโทรม
พฤติกรรมการบริโภคที่ฟุ่มเฟือย

ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร
ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจต่ำ

ปัญหามลพิษและสิ่งแวดล้อม
ปัญหา Climate change
รุนแรงมากขึ้น

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

การพัฒนาอย่างยั่งยืน สร้างสมดุล
ทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด

สร้างการเติบโตของเศรษฐกิจแนวใหม่

United Nations Climate Change

CO_2

ประเทศไทยให้คำมั่นสัญญา
ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ 20-25% ในปี 2573

เศรษฐกิจหมุนเวียนเกี่ยวข้องกับทุก Sector
ของการพัฒนาเศรษฐกิจ BCG

การประชุมสมัชชา BCG : โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

กลไกการขับเคลื่อน สาขาเศรษฐกิจหมุนเวียน

1. ขับเคลื่อนด้วย Key projects
2. Focus sector/Co-benefits เพื่อสร้างแบบอย่างความสำเร็จ

พลาสติก

เกษตรและอาหาร

ก่อสร้าง

เป็นโมเดลขยายผลไปยังกลุ่มอื่น ๆ

อุตสาหกรรมเป้าหมาย

1 พลาสติกครบวงจร

เน้นการ**สร้างระบบการจัดการครบวงจร** ประกอบด้วย รวบรวม แยก จัดเก็บ หมุนเวียน ใช้ประโยชน์ สร้างจิตสำนึกผู้บริโภค สร้างเศรษฐกิจชุมชน สร้างระบบและกลไก

2 เกษตรและอาหาร

เน้นสร้างระบบและกลไกจัดการ **ลด Food loss/Food waste ตลอด supply chain** และ**สร้างจิตสำนึกผู้บริโภค**

3 วัสดุก่อสร้าง

เน้นการลดการใช้ทรัพยากรโดยสร้างความสามารถนวัตกรรมและเทคโนโลยี **รูปแบบการก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม** สนับสนุนการขับเคลื่อน Smart City ตามนโยบายรัฐบาล

โอกาสของประเทศไทยในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียน

“เศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นรูปแบบของการพัฒนาเศรษฐกิจใหม่ที่ช่วยสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจและการจ้างงาน ควบคู่กับการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า สอดคล้องบริบทการพัฒนาที่ยั่งยืน”

เศรษฐกิจ

- สร้างโอกาสการลงทุนในธุรกิจใหม่
  - : ธุรกิจรีไซเคิลขยะคุณภาพสูง
  - : ธุรกิจพลังงานชีวมวล/ชีวภาพ
  - : ธุรกิจแบบ sharing platform
  - : ธุรกิจ remanufacturing
  - : ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี

สิ่งแวดล้อม

- ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด และแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม
- ป้องกันไม่ให้เกิดขยะและของเสียที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม โดยครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต การบริโภค การจัดการของเสีย

สังคม

- ประชาชนผู้บริโภคมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น
- มีตัวเลือกในการบริโภคที่เพิ่มขึ้น พร้อมๆ กับการ มีสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น

ตัวชี้วัด

1 ลดการใช้ทรัพยากรลง 1 ใน 4 จากปัจจุบัน

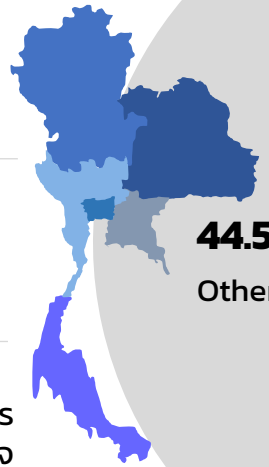
2 ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่น้อยกว่า 3.5 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

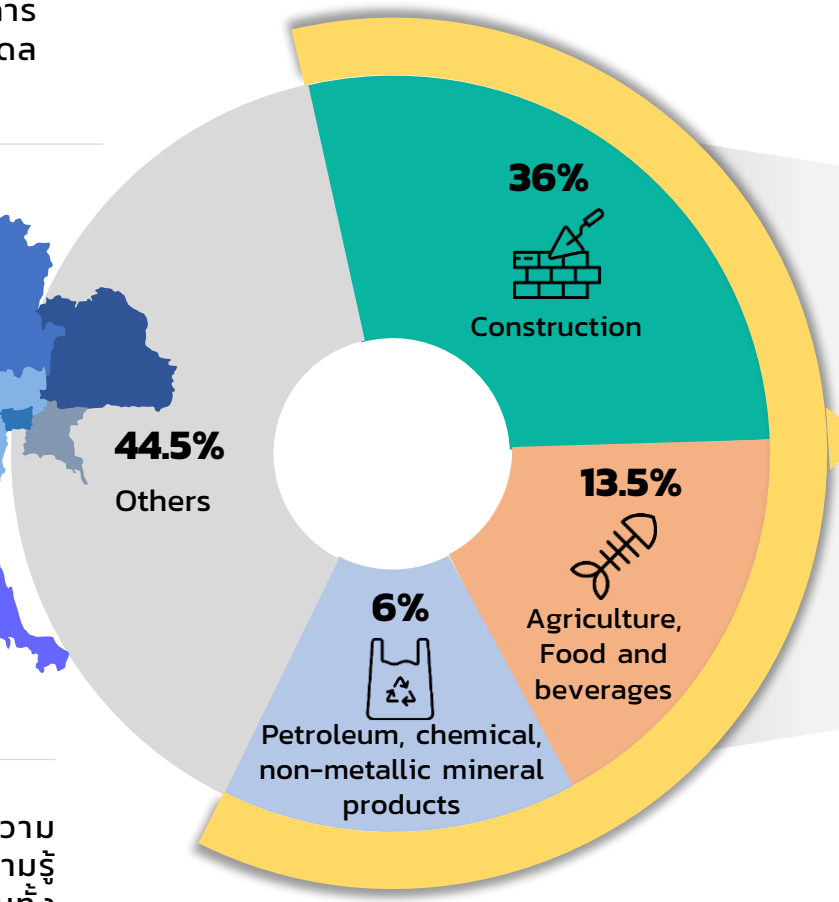
3 ลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม ไทยถูกจัดลำดับการทิ้งขยะทะเลที่ดีขึ้น(สูงกว่าระดับ 6 ของโลก)

แนวทางและเป้าหมายสาขาเศรษฐกิจหมุนเวียน

1. การพัฒนาเศรษฐกิจด้วยโอกาสการลงทุนและการสร้างตลาดด้วยโมเดลธุรกิจเศรษฐกิจหมุนเวียน
2. ส่งเสริมงานวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อให้เกิดคิดค้นผลิตภัณฑ์และบริการใหม่จากการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่
3. การพัฒนาแพลตฟอร์มและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อส่งเสริมการขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียนอย่างเป็นระบบ
4. การสร้างระบบกลไกการบริหารจัดการที่เอื้ออำนวยการขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียนของประเทศ
5. สร้างกำลังคนที่มีความรู้และความเข้าใจ ผ่านการถ่ายทอดองค์ความรู้จากการอบรมหรือหลักสูตร รวมทั้งสร้างความตระหนักในการผลิตและบริโภคที่ยั่งยืนเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียน

Consumption in Thailand





3 กลุ่มเป้าหมาย
55.5%

ลดการใช้ทรัพยากร
1 ใน 4
25%

ที่มา : Resolved MRIO (R-MRIO) database (2015)

ผลิตภัณฑ์กลุ่มเป้าหมาย BCG

เลิกใช้พลาสติกเป้าหมาย 100% ภายในปี 2565

ถุงหูหิ้วแบบบาง

กล่องโฟมบรรจุอาหาร

แก้วพลาสติกแบบบาง

หลอดพลาสติก

นำเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ไม่น้อยกว่า 50% ภายในปี 2570

ถุงหูหิ้วแบบหนา

บรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติกขั้นเดียว

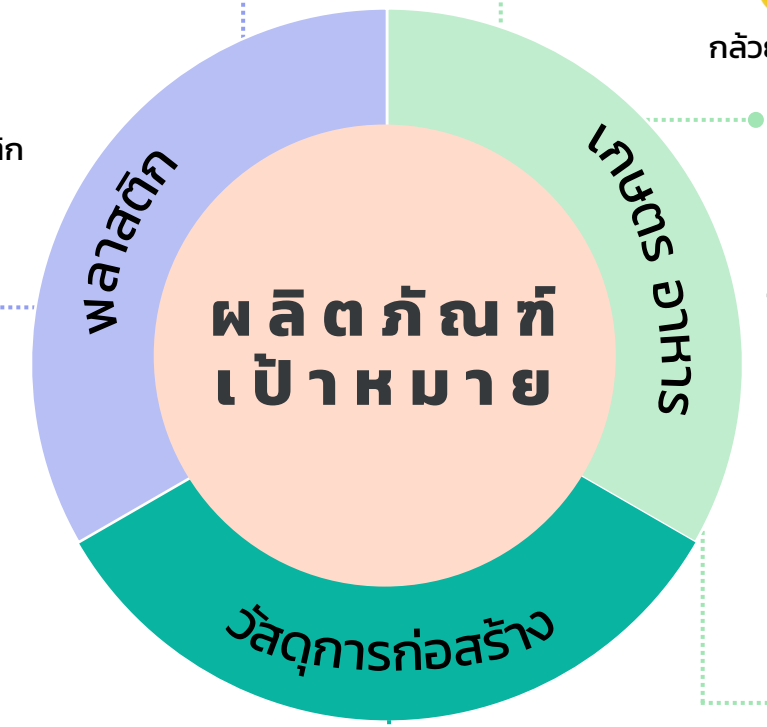
ขวดพลาสติกทุกชนิด

ฝาขวด

ถาดและกล่องอาหาร

แก้วพลาสติก

ช้อน ส้อม มีดพลาสติก



Food loss กลุ่มสินค้าทานสด

กล้วยหอมทอง

มะม่วงน้ำดอกไม้

พริกขี้หนูผลใหญ่

สลัดและผักกาดหอม

Food loss กลุ่มสินค้าแปรรูปเพื่อการบริโภค

ถั่วเขียวและวุ้นเส้น

ลำไยสดและอบแห้งทั้งเปลือก

ไก่สดและไก่ทอดแช่แข็ง

ไข่ไก่และไข่เหลว

กุ้งสดและกุ้งชุบแป้งทอดแช่แข็ง

ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม

อ้อยและน้ำตาลทราย

Food waste ขยะอาหารจากชุมชน

การหมุนเวียนของวัสดุการก่อสร้าง

การจัดซื้อและจัดจ้างสีเขียวภาครัฐ (Green Public Procurement)

กฎหมายสัญญาสีเขียว (Green contract Law)

กลุ่มปูนซีเมนต์

กลุ่มคอนกรีต

กลุ่มเหล็ก

กลุ่มไม้และวัสดุเทียมไม้

กลุ่มวัสดุกันความร้อน

กลุ่มวัสดุทนไฟ

ตัวชี้วัดและเป้าหมายการพัฒนาสาขาเศรษฐกิจหมุนเวียน

ตัวชี้วัด 2565-2570

- A1 : ขยะพลาสติกกลับมาใช้หมุนเวียนเพิ่มขึ้น (ปี 2565-2566)
- A2 : ธุรกิจใหม่ตามแนวโมเดลธุรกิจและผลิตภัณฑ์ CE (ปี 2565-2566)
- A3 : ลดการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร
- A4 : เพิ่มการหมุนเวียนวัสดุ
- A5 : สร้างองค์ความรู้ด้าน CE ผ่านสื่อประชาสัมพันธ์
- A6 : start up

กลไกและปัจจัยที่เอื้อการขับเคลื่อน

- กลไก PPP เพื่อเร่งรัดการพัฒนานวัตกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพิ่มบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ผลิตภัณฑ์Eco-Design, Design for Recycle, products as services
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์หมุนเวียน
- ระบบ EPR (Extended Producer Responsibility)
- งบแผ่นดิน
- เงินลงทุน
- เงินกู้

ระยะสั้น

ระยะยาว 2570

ลดการใช้ทรัพยากร 1 ใน 4
GDP เพิ่มขึ้น 1%
GHG ลดลง 1 ล้านตัน

2565 — 2% — ลดพลาสติก A1 10% (0.17 ล้านตัน) A2 50 ราย/ผลิตภัณฑ์ GHG 0.37 ล้านตัน

2566 — 5% — ลดพลาสติก A1 15% (0.26 ล้านตัน) ลดขยะอาหาร A3 5% (0.13 ล้านตัน) สร้างองค์ความรู้ A5 2,000 ราย start up A6 10 ราย GHG 0.83 ล้านตัน

2567 — 10% — ลดพลาสติก A1 20% (0.35 ล้านตัน) ลดขยะอาหาร A3 10% (0.27 ล้านตัน) GHG 1.28 ล้านตัน

2568 — 15% — ลดพลาสติก A1 30% (0.52 ล้านตัน) ลดขยะอาหาร A3 15% (0.40 ล้านตัน) GHG 1.93 ล้านตัน

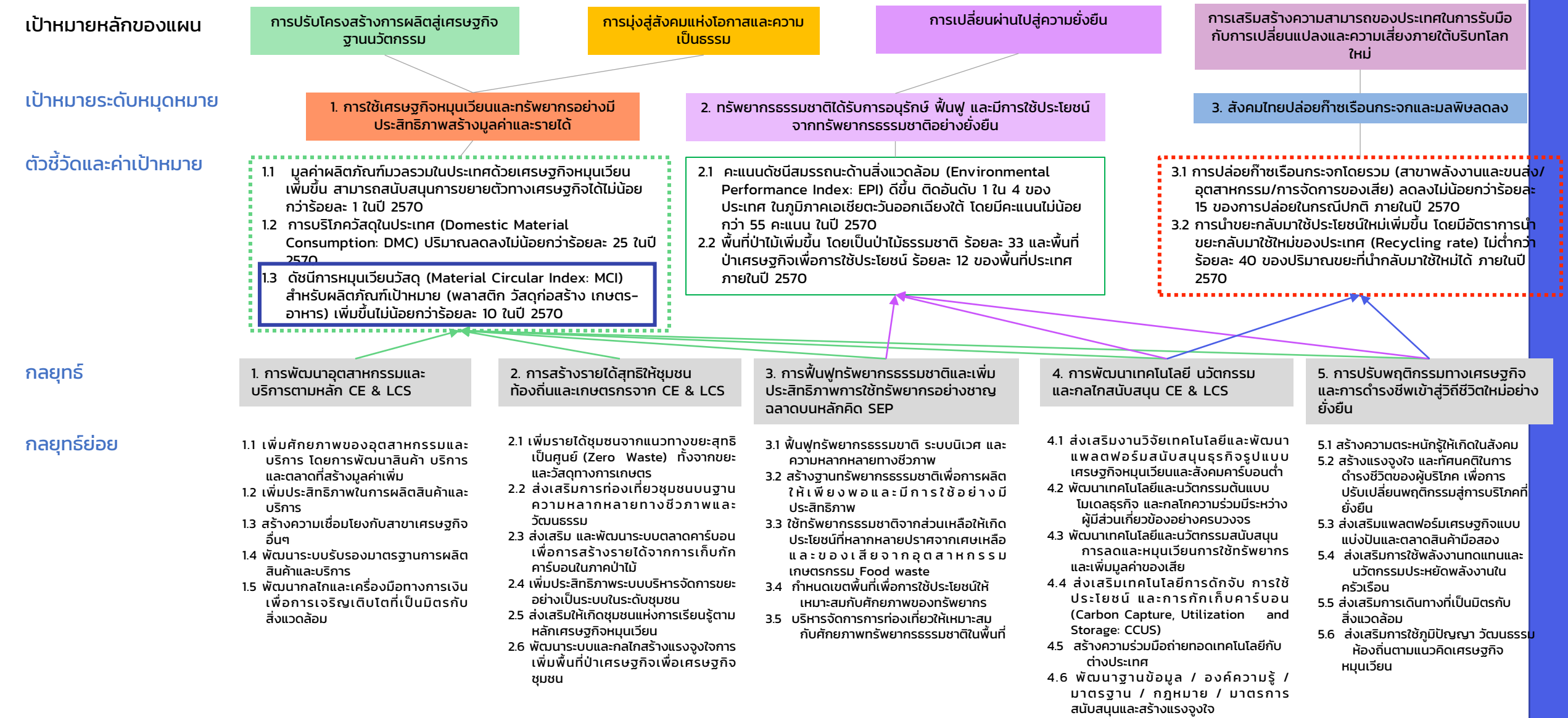
2569 — 20% — ลดพลาสติก A1 40% (0.69 ล้านตัน) ลดขยะอาหาร A3 20% (0.53 ล้านตัน) GHG 2.57 ล้านตัน

2570 — 25% — ลดพลาสติก A1 50% (0.87 ล้านตัน) ลดขยะอาหาร A3 30% (0.80 ล้านตัน) A4 10% GHG 3.48 ล้านตัน

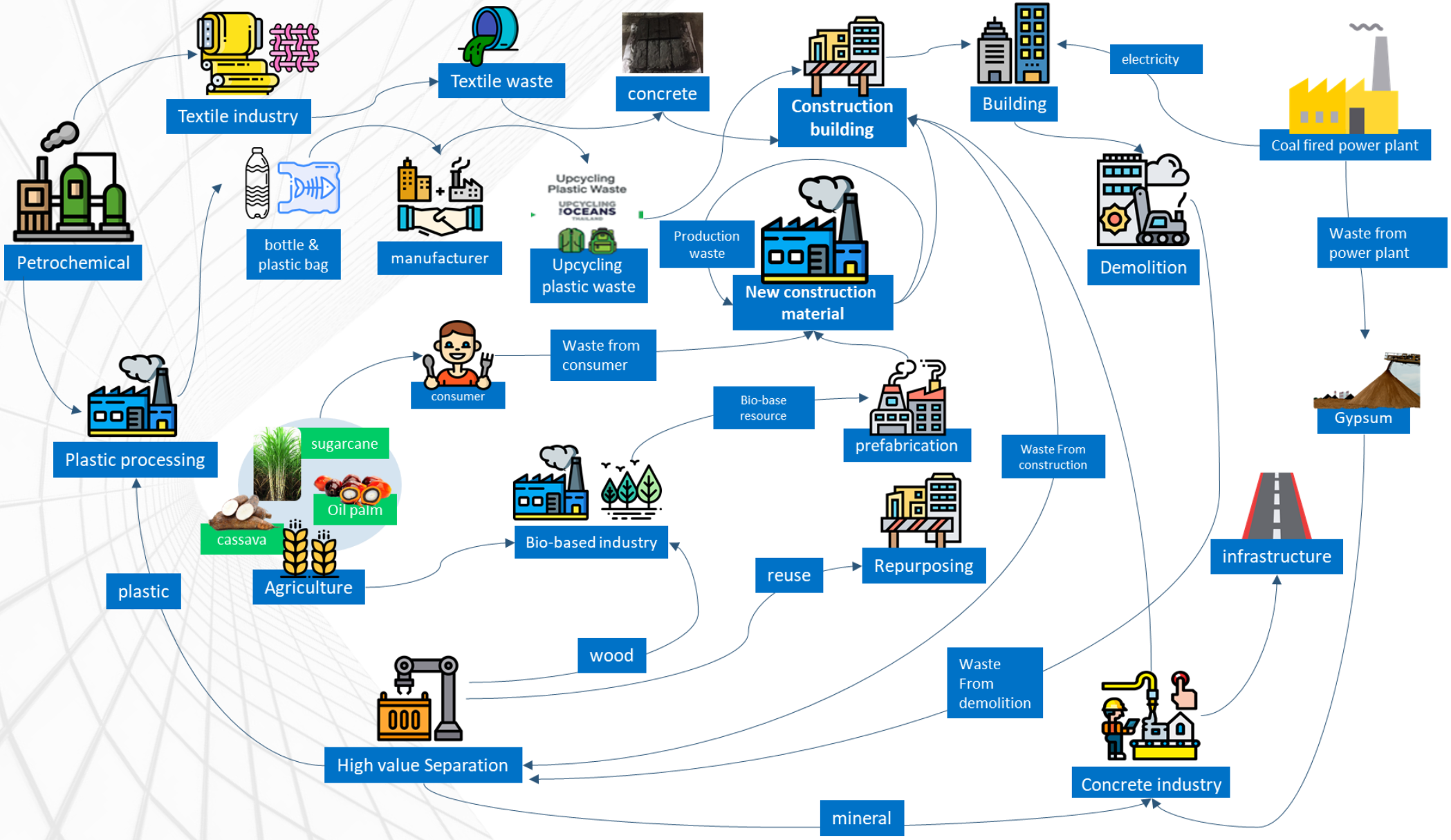
13 หมุดหมาย เพื่อพลิกโฉมประเทศ

แบ่งตาม 4 มิติการพัฒนา

หมุดหมายที่ 10 ไทยมีเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำ

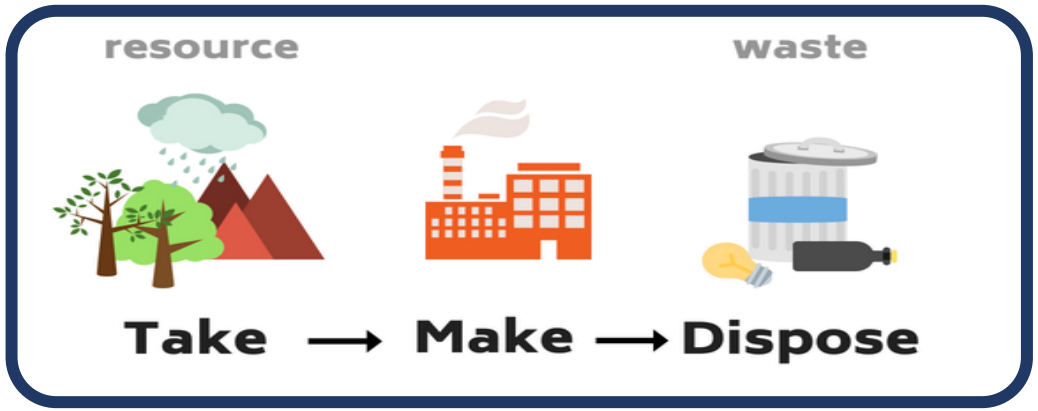


CE Opportunities



เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

[1]เศรษฐกิจที่ได้รับการฟื้นฟูและปฏิรูปโดยการออกแบบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบ และวัสดุ มีการใช้ประโยชน์ได้สูงสุด และมีคุณค่าตลอดเวลา โดยมีความแตกต่างระหว่างวัฏจักรทางเทคนิค และวัฏจักรทางชีวภาพ



ปรับเปลี่ยน

เศรษฐกิจเส้นตรง (Linear Economy)

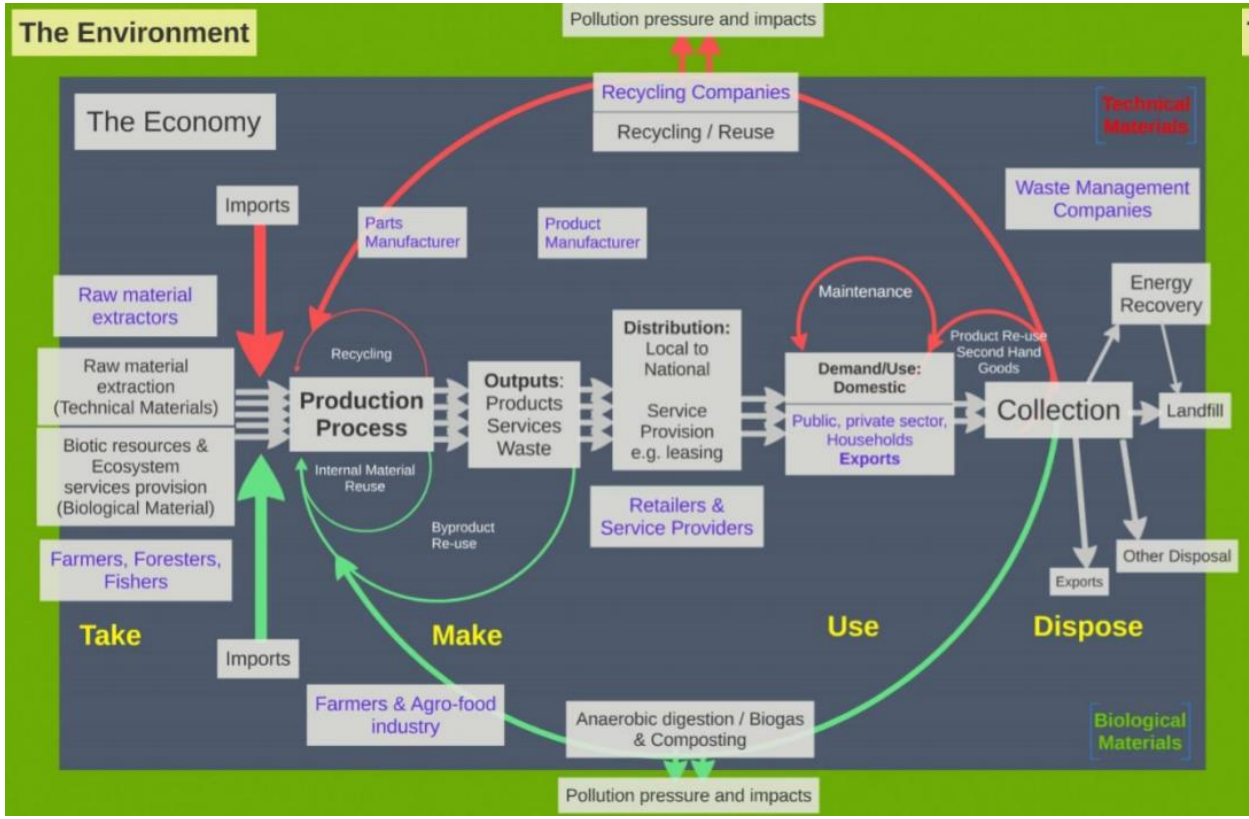
ให้ความสำคัญกับการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตเท่านั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงการกำจัดขยะมูลฝอยและของเสียจากการผลิตและบริโภคสินค้าเหล่านั้นในระยะยาว

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

รูปแบบเศรษฐกิจที่ให้ความสำคัญกับการจัดการขยะและของเสียภายหลังจากการบริโภคมาใช้ประโยชน์ใหม่ การนำทรัพยากรหมุนเวียนกลับมาใช้เพื่อลดการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์หรือตัวบรรจุภัณฑ์ ไม่ให้สร้างผลกระทบด้านลบ ต่อทั้งสังคมและสิ่งแวดล้อม

[1]ที่มา: อบก. อ้างอิงจาก มาตรฐานการตรวจสอบและรับรองแหงชาติ มตช. 2-2562 แนวทางการใชหลักการเศรษกิจหมุนเวียนในองคกร

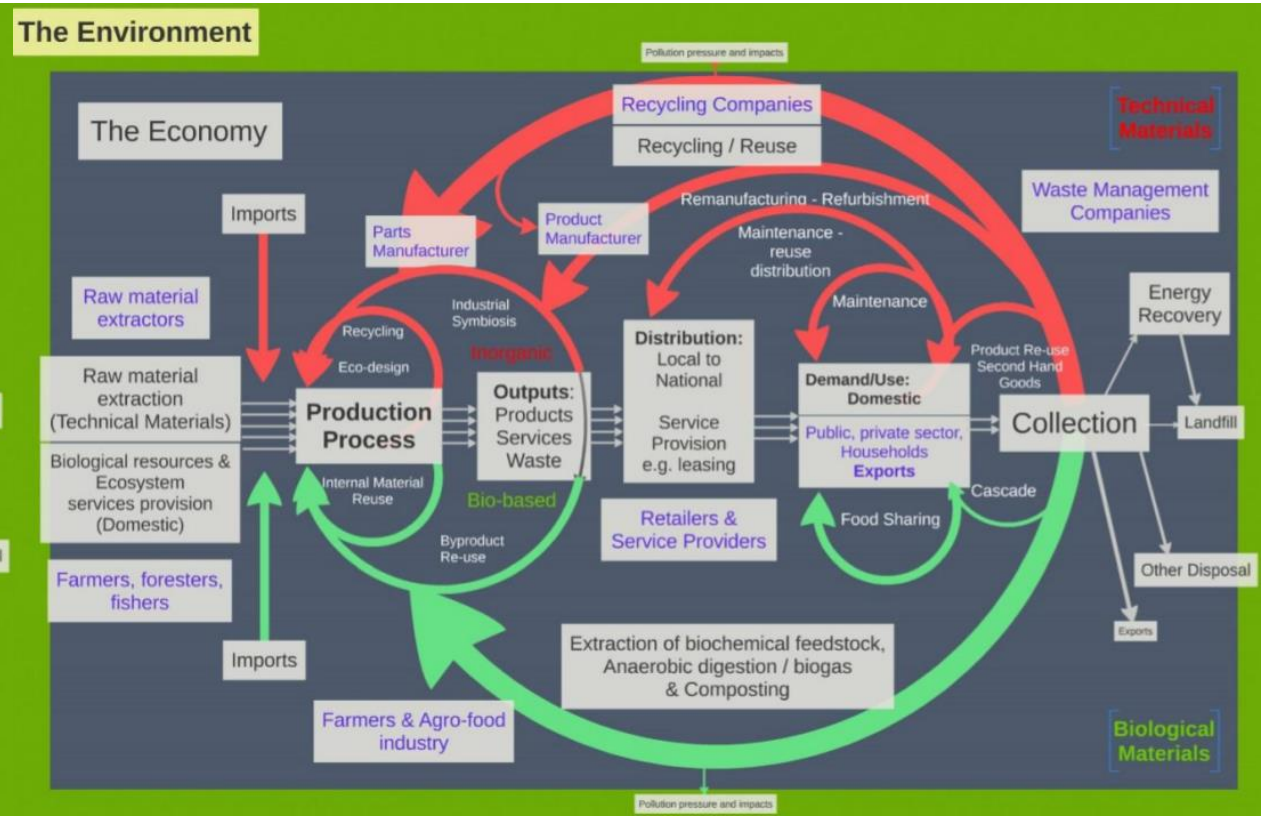
เศรษฐกิจเส้นตรง



การใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิต โดยไม่ได้คำนึงถึงการกำจัดขยะมูลฝอยและของเสียจากการผลิตและบริโภคสินค้าเหล่านั้นในระยะยาว

P ten Brink, P Razzini, S. Withana and E. van Dijl (IEEP), 2014

เศรษฐกิจหมุนเวียน



- การหมุนเวียนใช้ทรัพยากรธรรมชาติในห่วงโซ่คุณค่า
- เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการของเสีย วัตถุดิบ สินค้าที่หมดอายุ และพลังงาน ให้กลับไปเป็นทรัพยากรที่หมุนเวียนอยู่ในระบบด้วยกระบวนการที่เหมาะสม

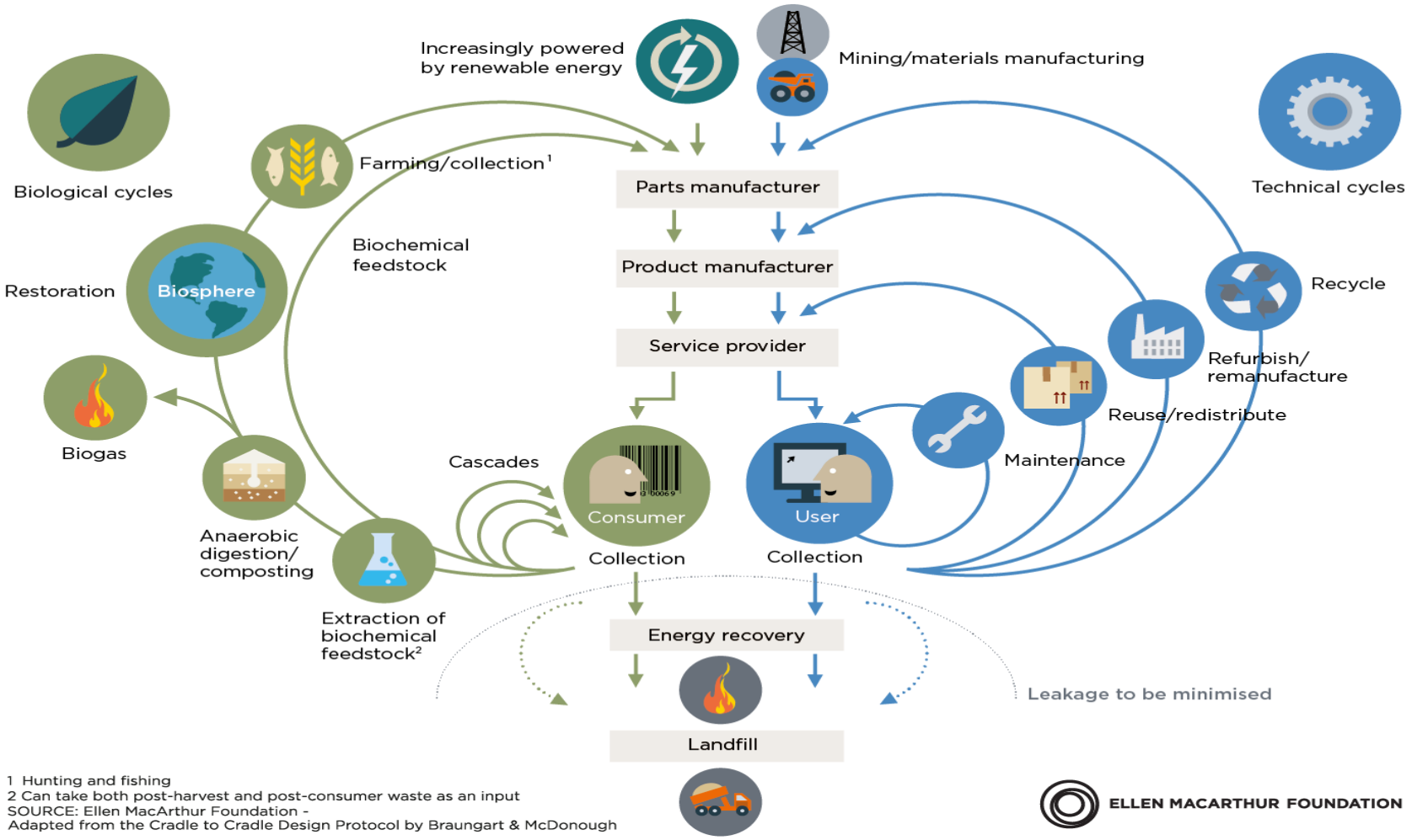
Circular Economy Concepts

Improved efficiency will not solve the problem of finite resources – a full system change is needed.

McDonough & Braungart (2002) - two types of material flows in a circular economy:

- **Biological ('consumable') Materials – Re-enter the biosphere to build natural capital;**
- **Technical ('durable') Materials – High quality, high added-value. Designed to circulate and not enter biosphere.**

CE Framework based on 3 strategies



Closing loop

- Creating a circular flow of resource
- Resulting from the use phase

Slowing loops

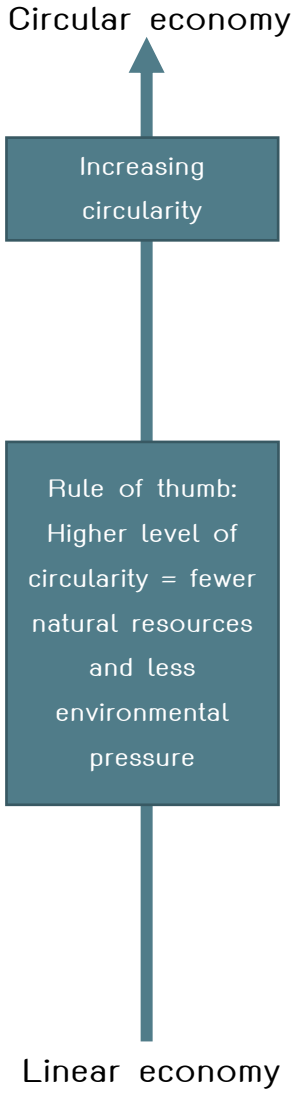
- Lengthening the use and reuse of product such as repair, refurbishment and remanufacture

Narrowing loops

- Reducing the use of resource
- Maximizing efficiency in production processes.

(L.A. Lopez Ruiz et al. (2020)

9 R: กลยุทธ์การเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน



Smart product use and manufacture	R0 (Refuse)	ปฏิเสธการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีหน้าที่ซ้ำซ้อนกันโดยไม่จำเป็น
	R1 (Rethink)	ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเกิดแรงจูงใจในการใช้
	R2 (Reduce)	เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตหรือการใช้ผลิตภัณฑ์โดยใช้ทรัพยากรและวัสดุธรรมชาติน้อยลง
Extend lifespan of product and its parts	R3 (Reuse)	นำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่
	R4 (Repair)	การซ่อมแซม
	R5 (Refurbish)	การปรับปรุงใหม่
	R6 (Remanufacture)	การผลิตใหม่
	R7 (Repurpose)	การเปลี่ยนวัตถุประสงค์การใช้งาน
Useful application of materials	R8 (Recycle)	การดำเนินการในการแปรสภาพผลิตภัณฑ์
	R9 (Recover)	การเผาวัสดุด้วยการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่

Circular Business Model

Closed loop recycling → การใช้ผลิตภัณฑ์รีไซเคิลเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่

Downcycling → เปลี่ยนวัสดุจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วไปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพต่ำกว่า

Upcycling → เปลี่ยนวัสดุจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วไปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพ

Industrial symbiosis → การแบ่งปันบริการ สาธารณูปโภค และผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของทรัพยากร

Collection services → บริการรับของเก่าหรือของใช้แล้ว

Enabling Business Model

Product service system → นำเสนอโซลูชันมากกว่าผลิตภัณฑ์เท่านั้น นำไปสู่ผลิตภัณฑ์และบริการที่สามารถทำการตลาดตอบสนองความต้องการของผู้ใช้

Lock-in → ส่งเสริมให้ผู้บริโภคใช้ผลิตภัณฑ์หรือบริการอย่างต่อเนื่อง

Modularity → การออกแบบที่แบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็นชิ้นส่วน สามารถสร้าง ใช้ และเปลี่ยนได้อย่างอิสระ

Local loop → การผลิตในท้องถิ่นและเป็นประโยชน์ต่อการรวมกลุ่มของอุตสาหกรรม

Personalisation → สามารถปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ในแบบของตนเอง

VALUE CREATION

The power of the inner circle

ลดการใช้วัสดุโดยใช้ซ้ำ

The power of circling longer

เพิ่มการใช้ซ้ำ หลีกเลี่ยงการผลิตใหม่

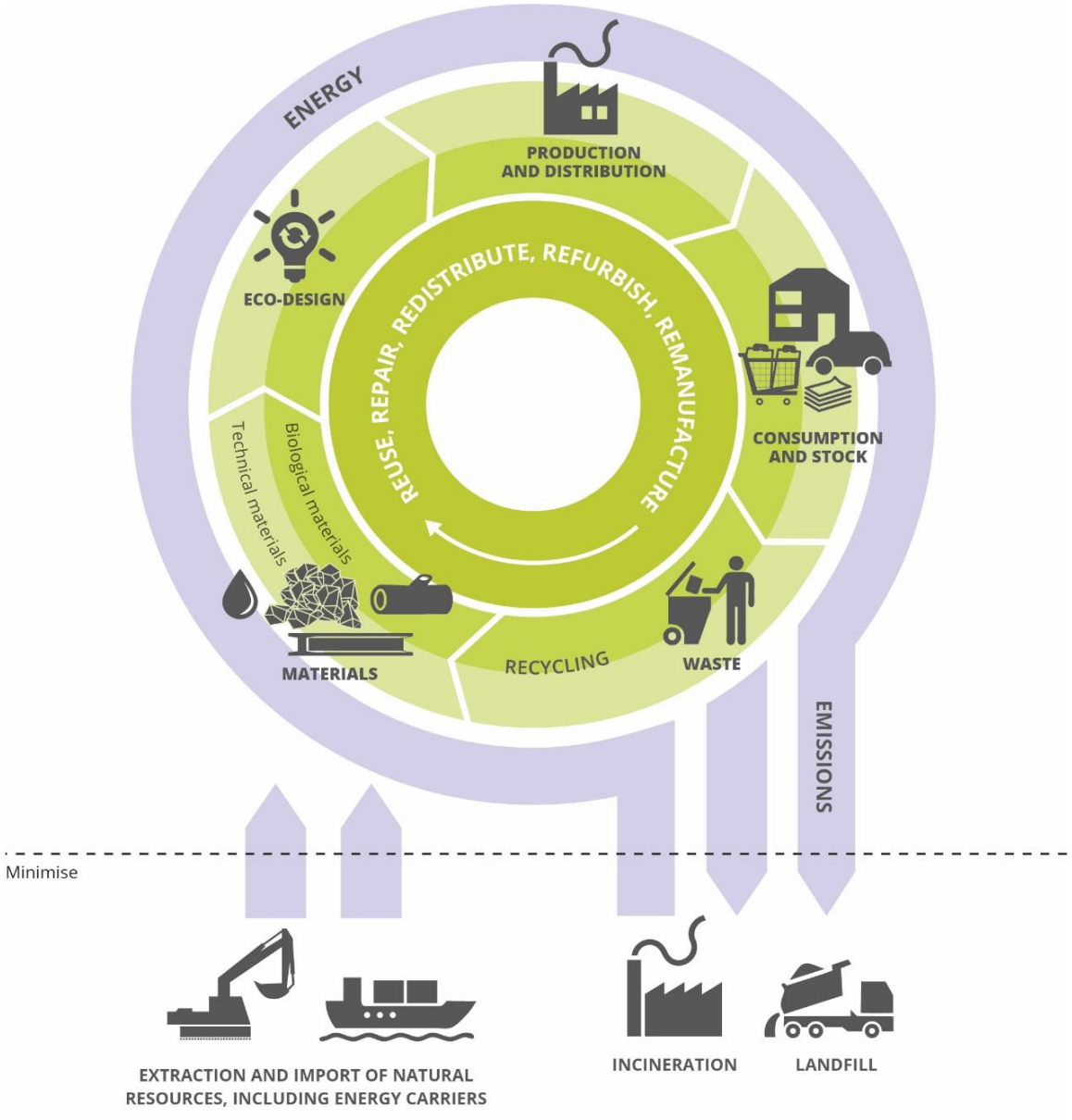
The power of cascading

มีการใช้ซ้ำที่หลากหลายทั่วทั้งห่วงโซ่คุณค่า แทนที่วัสดุบริสุทธิ์ที่ใช้ก่อนหน้านี้ด้วยวัสดุที่มีอยู่

The power of pure inputs

หลีกเลี่ยงวัสดุที่ปนเปื้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรวบรวมและการนำกลับมาใช้ใหม่

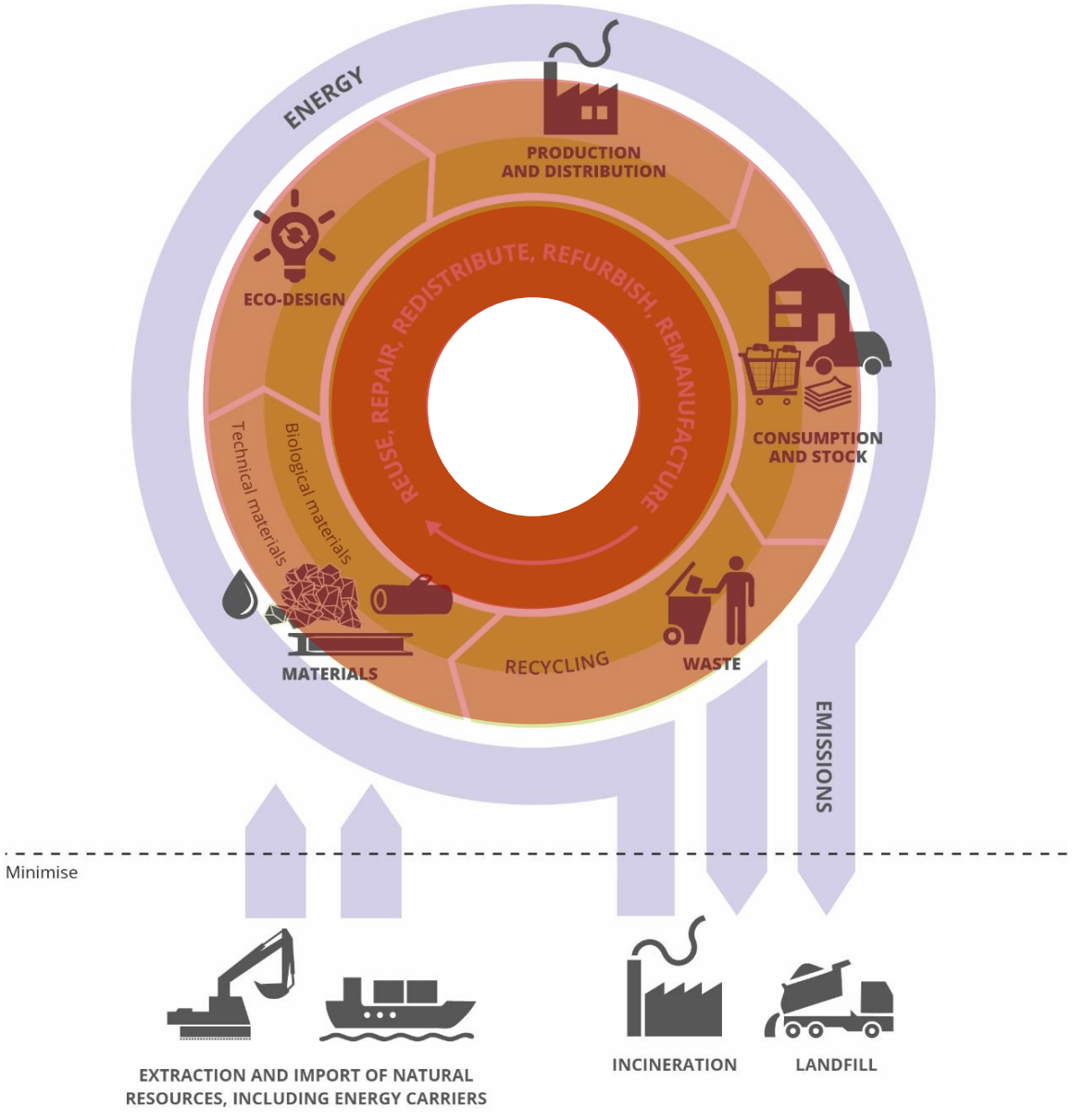
Assessing circular economy



Information needs:

Material flows and waste statistics
Enablers/barriers
CE related policies
Product design and lifespan
Business models and trends
Environmental impacts/benefits
Economic impacts/benefits

Assessing circular economy



Information needs:

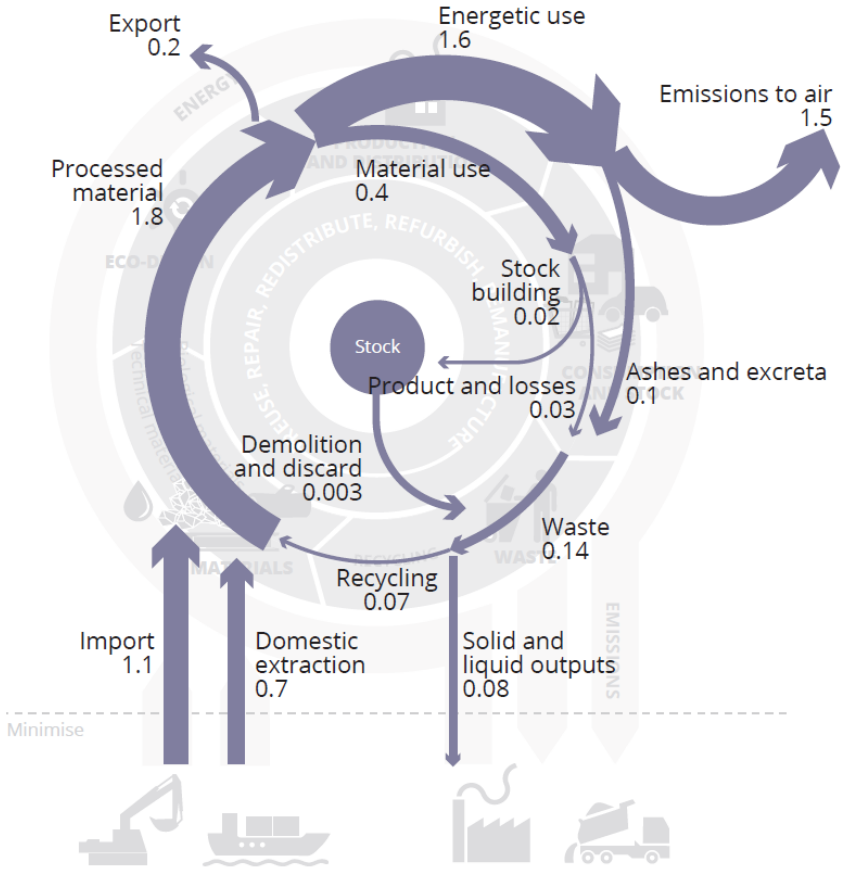
Material flows and waste statistics
Enablers/barriers
CE related policies
Product design and lifespan
Business models and trends
Environmental impacts/benefits
Economic impacts/benefits

'Inner circle' and early life-cycle stages!

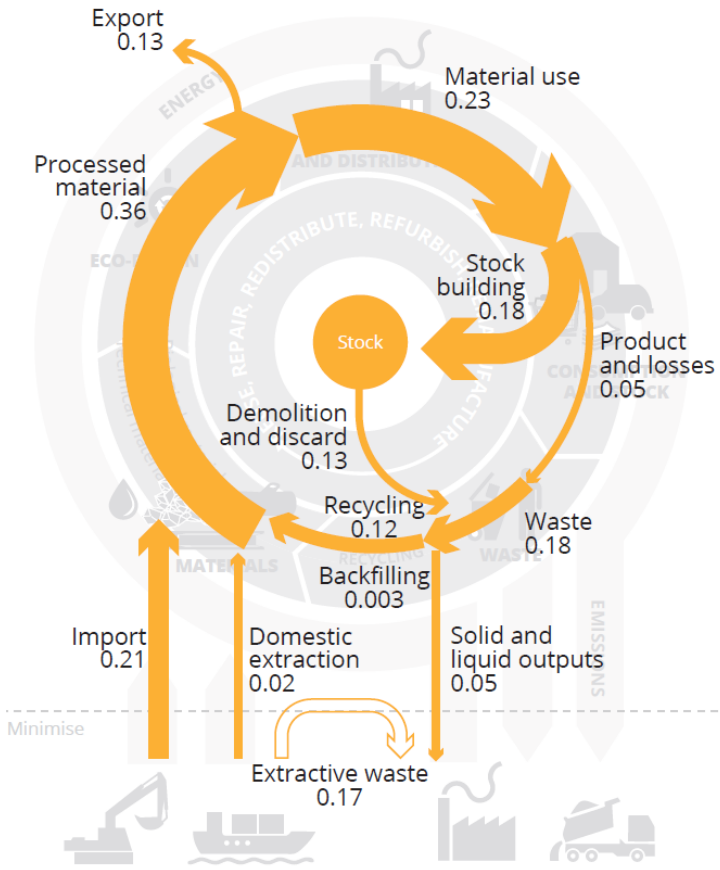
European Environment Agency

Material flow statistics

Fossil materials



Metal ores



Roughly **10 %** of the materials used in Europe are recovered and reused.

This circularity rate varies from less than **1 %** for materials like lithium and silicon to more than **50 %** for silver and lead.

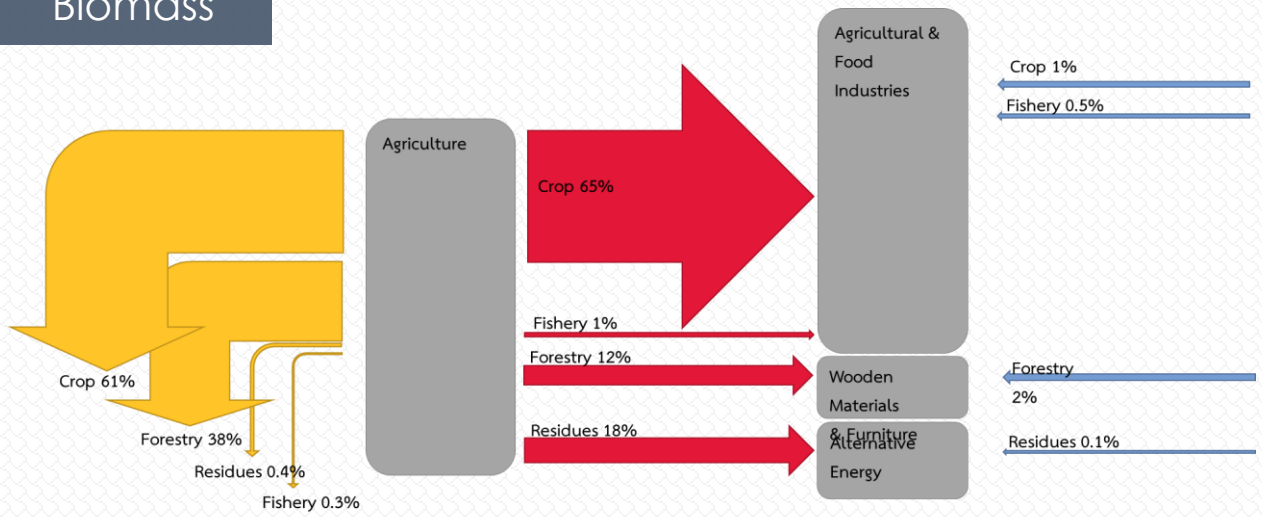
Waste volumes went up by **3 %** between 2010 and 2016, but the share of recycled waste also grew (from **50-54 %**).

Landfilling decreased from 29 % to 24 %.

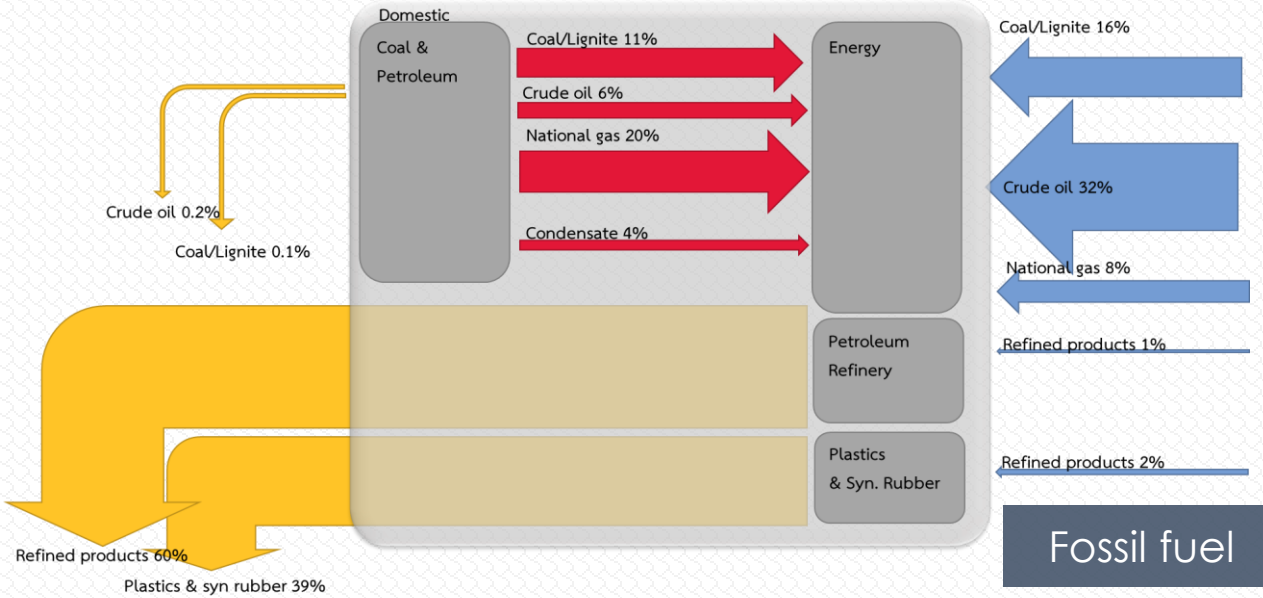
European Environment Agency

Material Consumption in Thailand

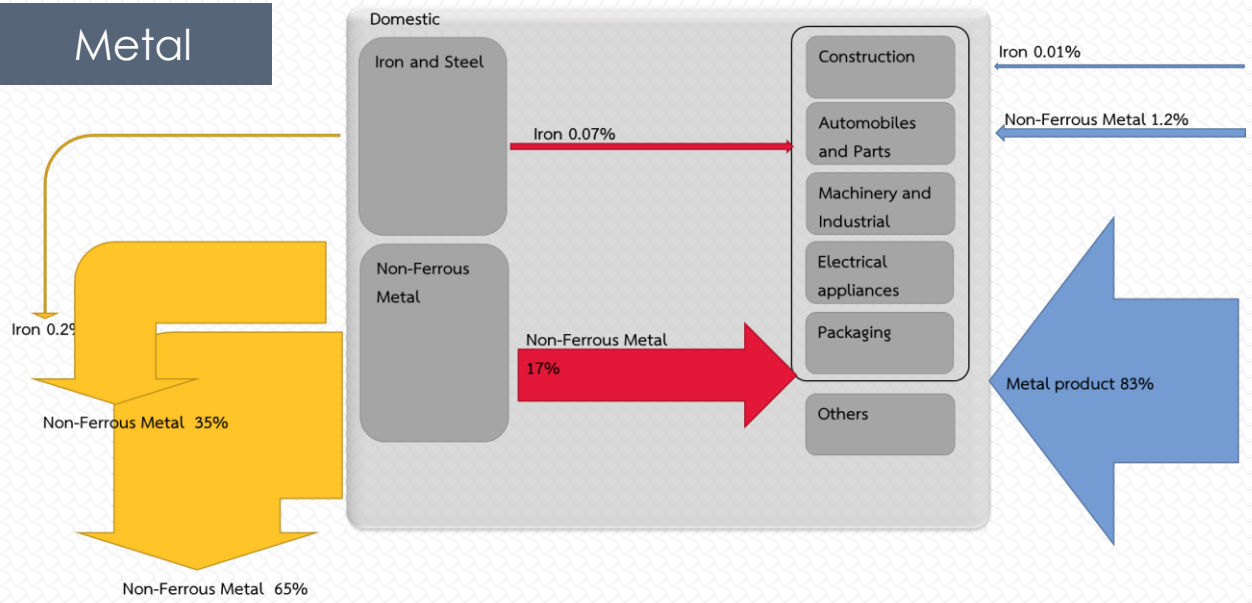
Biomass



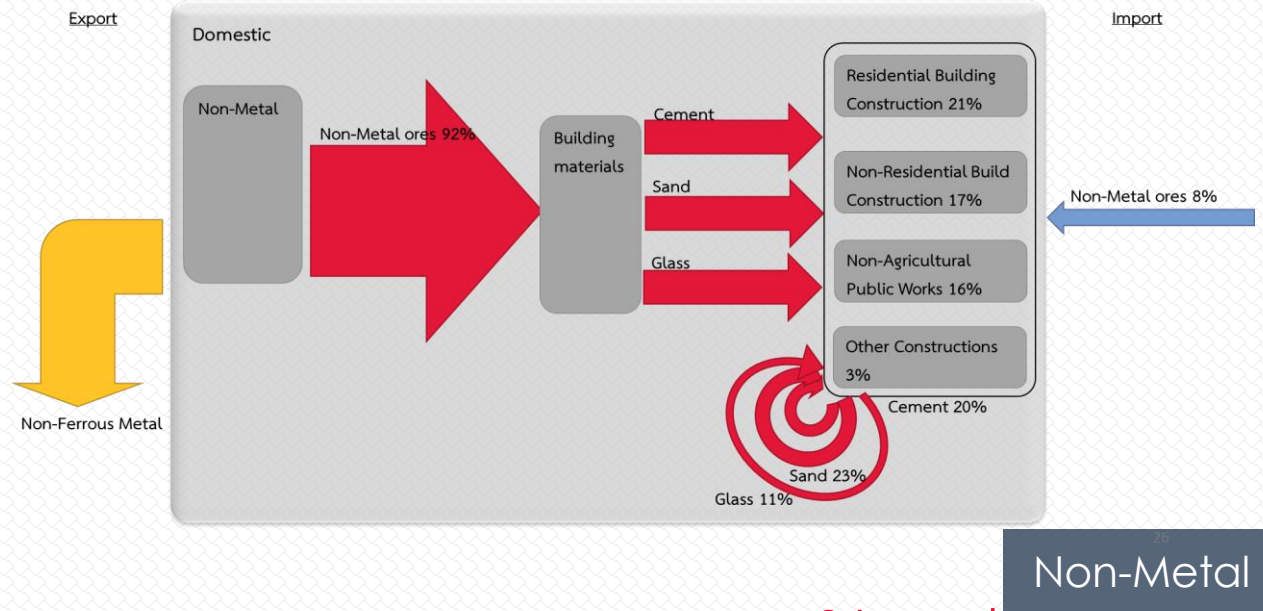
Fossil fuel



Metal

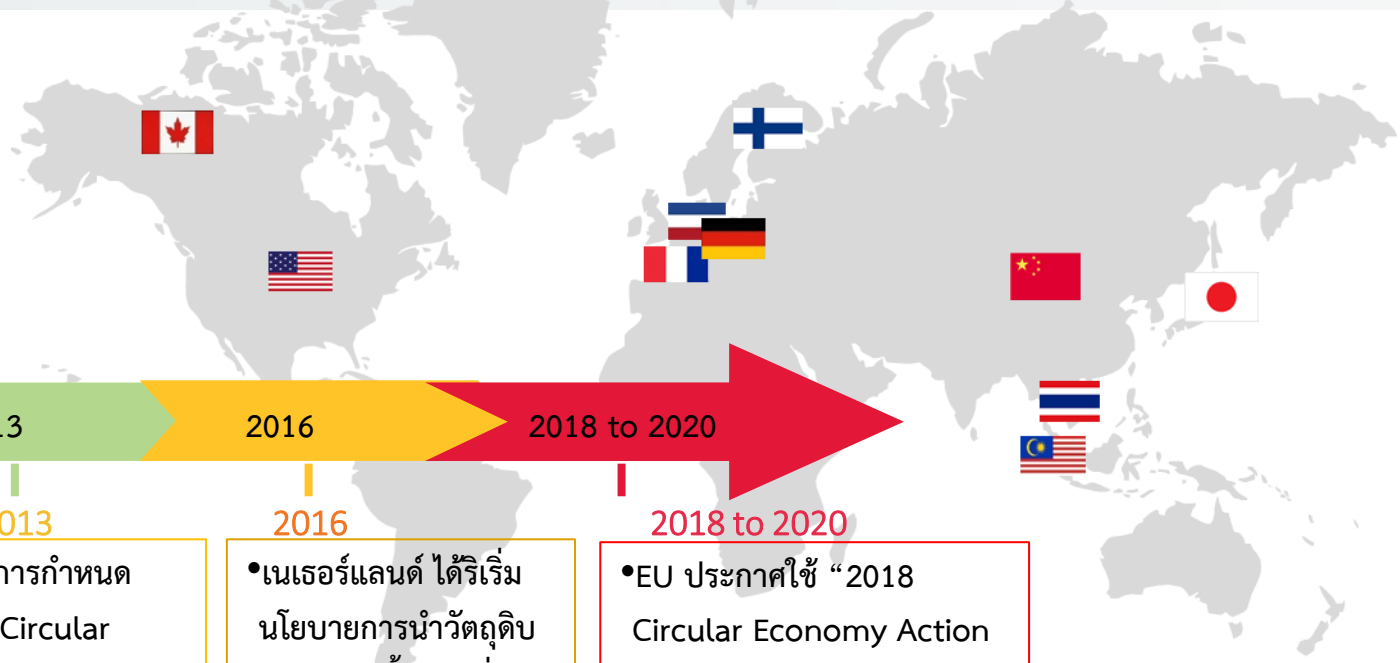


Non-Metal



การริเริ่มนำแนวคิด Circular Economy มาใช้ในไทยและต่างประเทศ

ปัจจุบันแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งในประเทศผู้นำหลักอย่าง เยอรมนี ญี่ปุ่น จีน และแม้กระทั่งในไทยก็มีนโยบายสนับสนุนให้มีการขับเคลื่อนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในทุกภาคอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ไปสู่ความยั่งยืน



1996 → 2000 → 2008 → 2013 → 2016 → 2018 to 2020

1996
- เยอรมัน เริ่มใช้ The German Closed Substance Cycle Waste Management Act
- จีน เริ่มมีการกล่าวถึง Circular Economy

2000
- ญี่ปุ่น เริ่มสนับสนุน The Promotion of Effective Utilization of Resources Law
- เยอรมันสามารถนำของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้ใหม่ได้ร้อยละ 14

2008
- จีนได้ประกาศใช้ Circular Economy Law of the People's Republic of China

2013
- จีนมีการกำหนดแผน Circular Economy Development Strategy and the Recent Action Plan

2016
- เนเธอร์แลนด์ ได้ริเริ่มนโยบายการนำวัตถุดิบกลับมาใช้ทั้งหมดที่จะทำให้สำเร็จ50%ในปี 2030
- เยอรมันสามารถสร้างเงินหมุนเวียนได้ 4 หมื่นล้านยูโร และเกิดการจ้างงานกว่า 200,000 คน
- ฟินด์แลนด์ เป็นประเทศแรกที่ launch a national roadmap

2018 to 2020
- EU ประกาศใช้ "2018 Circular Economy Action Package"
- ญี่ปุ่น launched the 4th Plan of Establishing a Circular Society in 2018
- มาเลเซียเริ่มทำ CE Road Map for Plastic
- ฝรั่งเศสต้องการให้มี 70% of construction waste
- แคนาดา มีนโยบาย Zero Waste Canada

แนวทางการขับเคลื่อน Circular Economy ในสหภาพยุโรปและไทย

ยุโรป

1. ด้านการผลิตในภาคอุตสาหกรรม

1.1 ด้านผลิตภัณฑ์

1.1.1 ออกข้อบังคับในการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ง่ายต่อการแปรรูปและนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงเพิ่มอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์

1.1.2 เพิ่มข้อกำหนดด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจในแผนอนาคต โดยเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน

1.2 ด้านวัตถุดิบ

1.2.1ทำแผนศูนย์ European Resource Efficiency Excellence โดยคำนวณปริมาณการใช้วัตถุดิบ เพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2.2สนับสนุนแหล่งเงินกับผู้ประกอบการ SMEs ที่มีการดำเนินการใช้วัตถุดิบในการผลิตที่สูญเสียน้อยที่สุด

1.2.3พัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือ กระบวนการ ด้วยนวัตกรรม เพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรและวัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ด้านการใช้งานและบริโภค

เน้นการให้ผู้บริโภคจากการครัวเรือนมีการใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยภาครัฐมีการส่งเสริม การวางแผนฉลากพลังงาน (Energy Labeling) การออกกฎระเบียบที่เข้มงวดต่อการรีไซเคิลในภาคครัวเรือน

ไทย

1. ด้านการผลิตในภาคอุตสาหกรรม

1.1 ผลิตภัณฑ์มีความทนทาน สามารถนำมาซ่อมแซมและ Recycle ใหม่ได้

1.2 มีการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-design) ที่มีการนำเอาเศษวัสดุเหลือใช้มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพสูงและมูลค่าสูงขึ้น

1.3 ใช้หลักการ EPR (Extended Producer Responsibility) ในการจัดการซากผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

1.4 ใช้น้อย ใช้ซ้ำ และนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 สินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น สินค้าฉลากเบอร์ 5 ฉลากสีเขียว

1.6 นำสินค้าที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาปรับปรุงแปรสภาพให้มีคุณสมบัติเหมือนของใหม่ เช่น สินค้าสมาร์ทโฟน เป็นต้น

2. ด้านการใช้งานและบริโภค

2.1 สนับสนุนให้มีการจัดซื้อจัดจ้างสีเขียว (Green Procurement)

2.2 Eco Label และ Environmental Footprint เช่น ผลิตภัณฑ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2) หรือที่เรียกว่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์

2.3 การรับประกันสินค้า และบริการ เช่น สินค้าฉลากสีเขียว ที่พิจารณาผลิตภัณฑ์ว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ทำหน้าที่เดียวกัน โดยประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA)

แนวทางการขับเคลื่อน Circular Economy ในสหภาพยุโรปและไทย

ยุโรป

3. ด้านการจัดการขยะหรือของเสีย

3.1 ลดพื้นที่เก็บขยะ และการเผาทำลายขยะที่อาจส่งผลต่อการเกิดมลพิษ

3.2 ผลักดันการใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ในการจัดการสิ่งแวดล้อม เช่น การเก็บภาษีสิ่งแวดล้อม หรือ ภาษีค่าธรรมเนียมผลิตภัณฑ์

3.3 ผลักดันประเทศในกลุ่มสมาชิก เพื่อลดการใช้เทคโนโลยีทางความร้อนที่เกินความจำเป็นจากการเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงาน

4. ด้านการใช้วัตถุดิบรอบสอง

4.1 สนับสนุนโครงการวิจัยการแปรรูปวัตถุดิบที่ถูกใช้แล้ว

4.2 จัดตั้งตลาดซื้อขายวัตถุดิบรีไซเคิล

4.3 ปรับปรุงข้อบังคับ หรือกฎเกณฑ์ ด้านคุณภาพวัตถุดิบรีไซเคิลให้เข้มงวด จำนวนครั้งที่นำกลับมาใช้ใหม่ และควบคุมสารเคมีที่ตกค้าง ในวัตถุดิบจากการรีไซเคิล

ไทย

3. ด้านการจัดการขยะหรือของเสีย

3.1 ส่งเสริมให้มีการลงทุนในด้านการจัดการขยะ โดยปลดล็อคพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ

3.2 สนับสนุนให้มีการ Recycle ทั้งขยะบ้านเรือน และบรรจุภัณฑ์

3.3 ลดการจัดการขยะด้วยวิธีฝังกลบ

3.4 ปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการขยะ ส่งเสริมให้มีการรีไซเคิล โดยสร้างความตระหนักให้เกิดการคัดแยก โดยใช้หลัก 3Rs

4. ด้านการใช้วัตถุดิบรอบสอง

4.1 พัฒนากฎหมาย ข้อบังคับด้านการจัดการขยะ โดยกระทรวงมหาดไทยได้จัดทำร่างพระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยมาตรา 19 กำหนดให้มีการปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ง่ายต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ และเพิ่มสัดส่วนการใช้งานของวัสดุหรือชิ้นส่วนที่ได้จากการนำกลับมาใช้ใหม่ ด้วยกระบวนการรีไซเคิล

4.2 เพิ่มการใช้วัสดุรีไซเคิล ภาครัฐได้มีการส่งเสริมการใช้งาน และพัฒนาวัตถุดิบทดแทนที่ได้จากการรีไซเคิลจากขยะหรือของเสีย โดยกรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน และการเหมืองแร่

4.3 จัดมาตรฐานการใช้วัตถุดิบรีไซเคิล และควบคุมการปนเปื้อนของสินค้ารีไซเคิล การกำหนดให้มีการจัดภาชนะรองนับมูลฝอย เพื่อแยกประเภทมูลฝอย

แนวทางการขับเคลื่อน Circular Economy ในไทย

สำหรับประเทศไทยตอนนี้กำลังอยู่ในช่วงของการกำหนด Road Map เศรษฐกิจหมุนเวียน ในทุกภาคอุตสาหกรรม โดยมีแผนกำหนดเศรษฐกิจหมุนเวียน ให้เป็น**อุตสาหกรรมเป้าหมายลำดับที่ 12** ของรัฐบาล[1] (New S-curve ที่ 12) และได้สร้าง BCG Model มาครอบคลุมอุตสาหกรรมเป้าหมายทั้งหมด 4 อุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร อุตสาหกรรมพลังงานและเคมีชีวภาพ อุตสาหกรรมการแพทย์และสุขภาพ และอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ทั้งนี้ 12 อุตสาหกรรมเป้าหมาย (10+2)[2] มีดังนี้

(ที่มา [1] : https://www.ieat.go.th/assets/uploads/cms/file/20190607091726496860846.pdf, 2563)

(ที่มา [2] : https://www.eeco.or.th/pr/news/IndustryMinisterOfficeOfIndustrialEconomicsSCurve, 2563)

เป้าหมายที่ 1-5 (S-Curve)

1. อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่
2. อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ
3. อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวกลุ่มรายได้ดีและการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ
4. อุตสาหกรรมการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ
5. อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร

เป้าหมายที่ 6-12 (New S-Curve)

6. อุตสาหกรรมหุ่นยนต์เพื่ออุตสาหกรรม
7. อุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร
8. อุตสาหกรรมขนส่งและการบิน
9. อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ
10. อุตสาหกรรมดิจิทัล
11. อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ
12. อุตสาหกรรมพัฒนาคนและการศึกษา

CIRCULAR ECONOMY INDICATORS

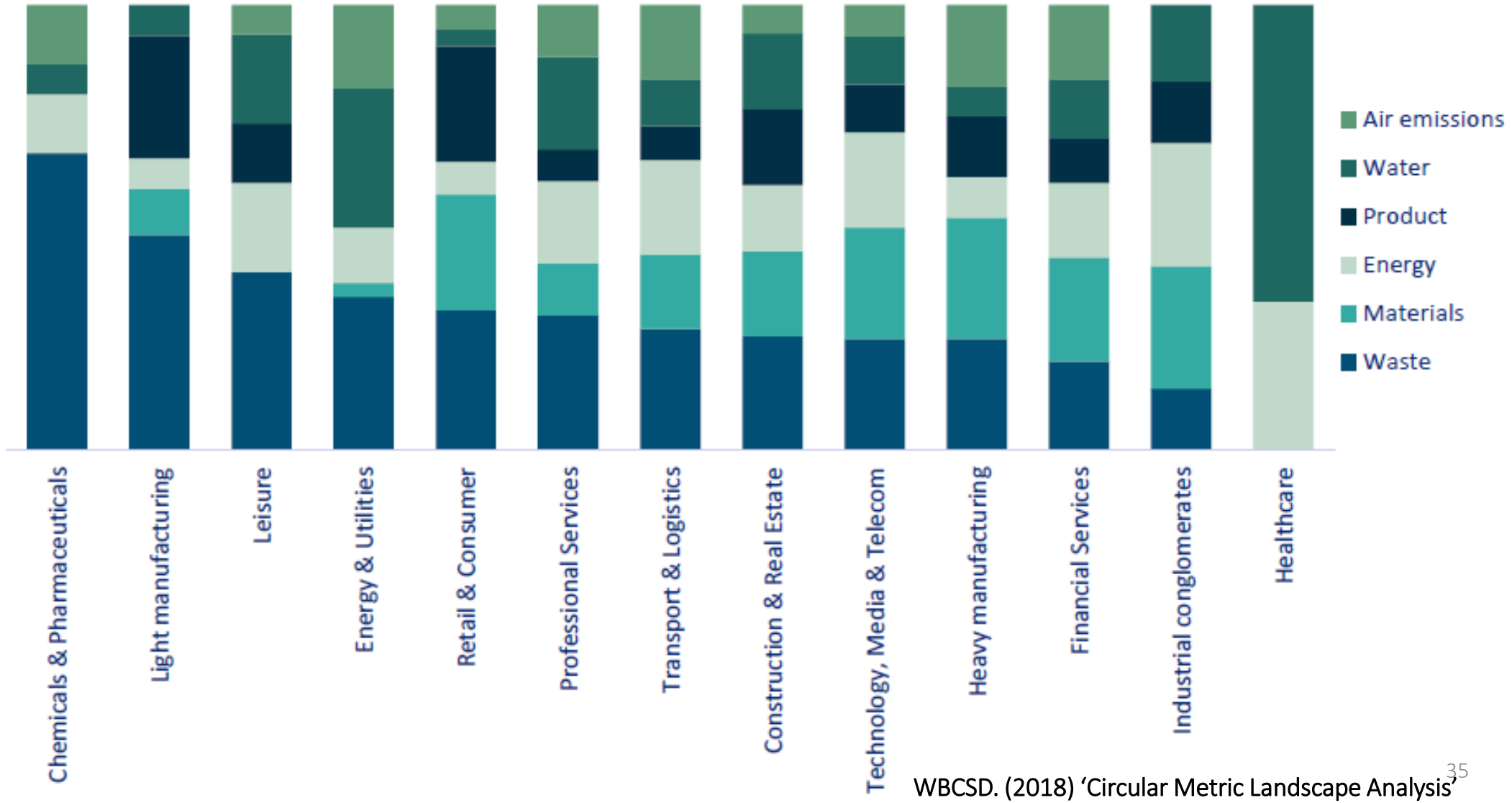
Why are businesses measuring circularity?

1. Drive business performance or strategy
2. Justify achievement externally
3. Integrate circularity across the business
4. Manage risks associated with the existing linear business model
5. Know the impact of their circular activities

WBCSD. (2018) 'Circular Metric Landscape Analysis'

Environmental type by industry:

Source: Review of 140 annual reports of worldwide companies



WBCSD. (2018) 'Circular Metric Landscape Analysis'

Circular metrics in business

Agriculture → Soil fertility (improve)

Healthcare → Hazardous waste (reduce)

Construction → Virgin material (reduce)

Manufacturing → Close loop (ensure)

Waste management → Down cycling (minimize)

Mining → Urban Mining (Leverage)

Financial services → Circularity of portfolio (increase)

Transport & Logistics → Fleet use and lifetime (Leverage)

WBCSD. (2018) 'Circular Metric Landscape Analysis'

ตัวชี้วัด CE

01 ผลผลิต/การเกษตร

❑ **เกษตรและธุรกิจการเกษตร**

- การหมุนเวียนของแร่ธาตุ/สารอาหาร (Closing Mineral Cycle)
- การหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient Circularity)
- ดัชนีความสูญเสียอาหาร (Food Loss Index)
- ปริมาณการนำเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์

❑ **เศรษฐศาสตร์**

- ต้นทุนการผลิต/มูลค่าสินค้าเกษตร

02 อุตสาหกรรม

❑ **อาหารและเครื่องดื่ม**

- การหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient Circularity)
- การหมุนเวียนของวัสดุ (Material Circularity Indicator: MCI)

❑ **วัสดุก่อสร้างและการก่อสร้าง**

- การหมุนเวียนของวัสดุ (Material Circularity Indicator: MCI)
- Longevity Indicator (LI)
- ศักยภาพการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse potential indicator: RPI)

❑ **พลาสติก**

- อัตราการรีไซเคิลขยะพลาสติกในอุตสาหกรรมก่อสร้าง
- อัตราการรีไซเคิลขยะพลาสติกประเภท PVC ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

❑ **เศรษฐศาสตร์**

- อัตราการเติบโตของอุตสาหกรรม

03 บริโภค

❑ **เมืองและชุมชน**

- ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัว
- ปริมาณขยะมูลฝอย และปริมาณขยะอาหารต่อจำนวนประชากรในเขตเมือง
- สัดส่วนพื้นที่สีเขียวต่อประชากรในเขตเมือง
- จำนวนร้อยละของประชากรในเขตเมืองที่เดินทางไปทำงาน โดยใช้ระบบขนส่งสาธารณะ จักรยาน และการเดินเท้า

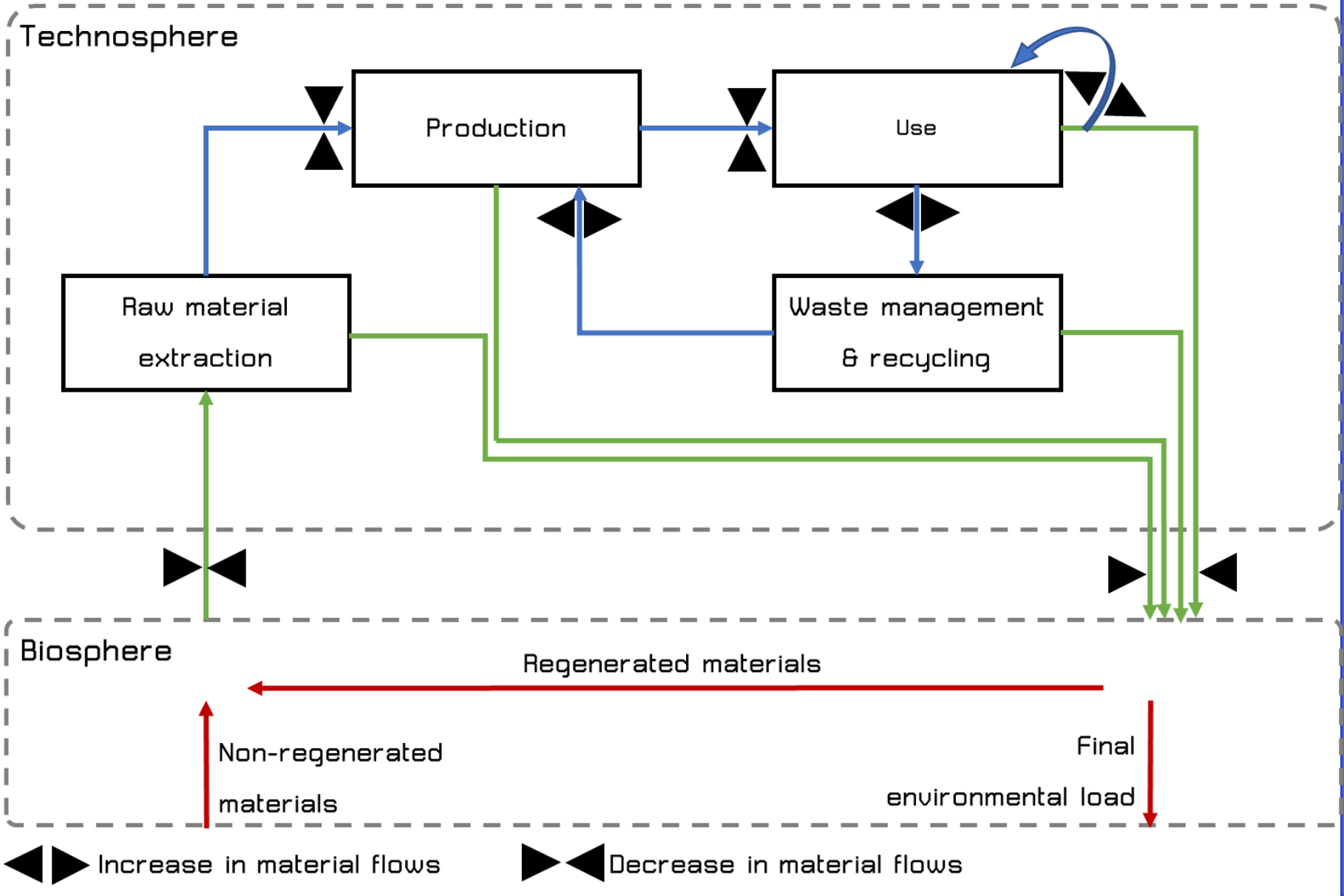
❑ **พลาสติก**

- อัตราการรีไซเคิลขยะพลาสติก
- อัตราการรีไซเคิลขยะบรรจุภัณฑ์พลาสติก
- อัตราการรีไซเคิลขยะบรรจุภัณฑ์พลาสติกตามประเภท

❑ **เศรษฐศาสตร์**

- รายได้ครัวเรือน
- อัตราการว่างงาน

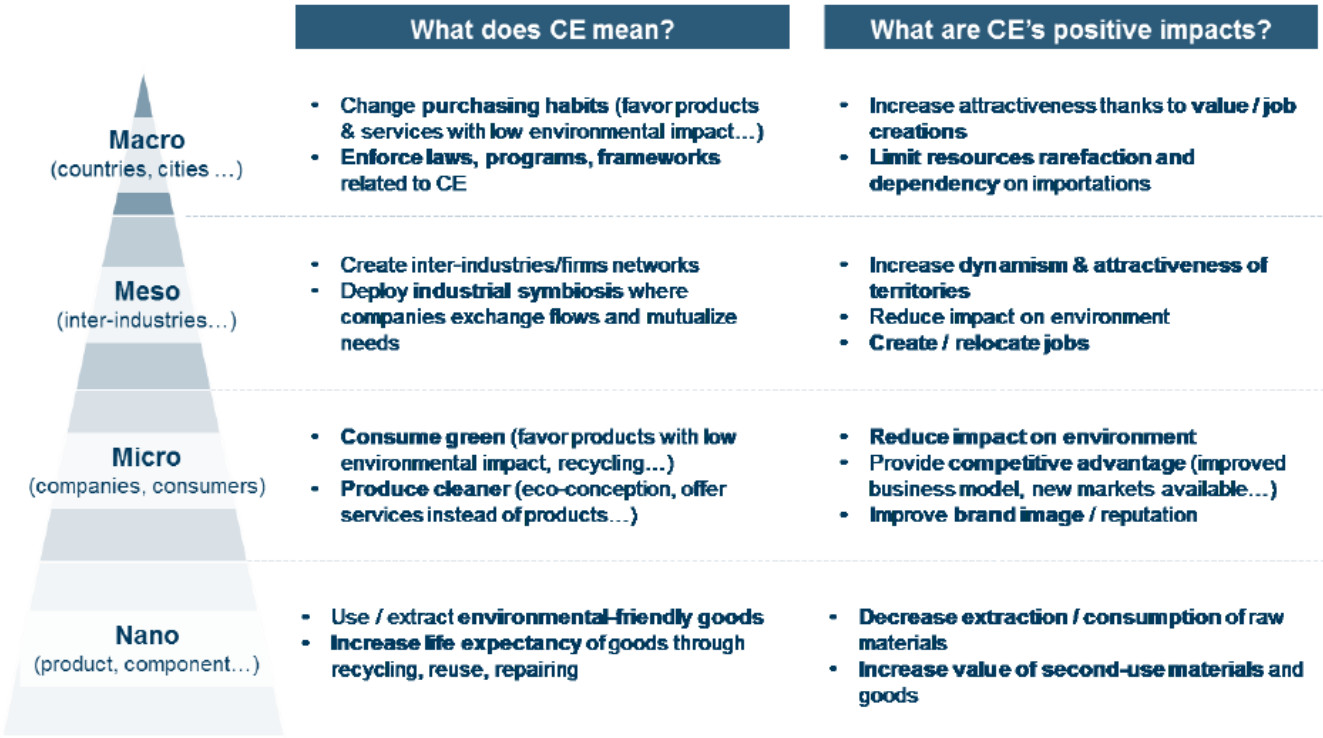
MODEL OF THE ENVIRONMENT FLOWS



Levels of Measurement

WBCSD. (2018) 'Circular Metric Landscape Analysis'

DEPARTMENT OF ECONOMY SCIENCE & INNOVATION



Macro Level

- are useful to support decisions in areas such as economic, trade and environmental policy integration, sustainable development strategies and action plans and national waste management and resource conservation policies.
- describe the characteristics of a country or larger region mostly in relation to interactions with the rest of the world through trade flows.

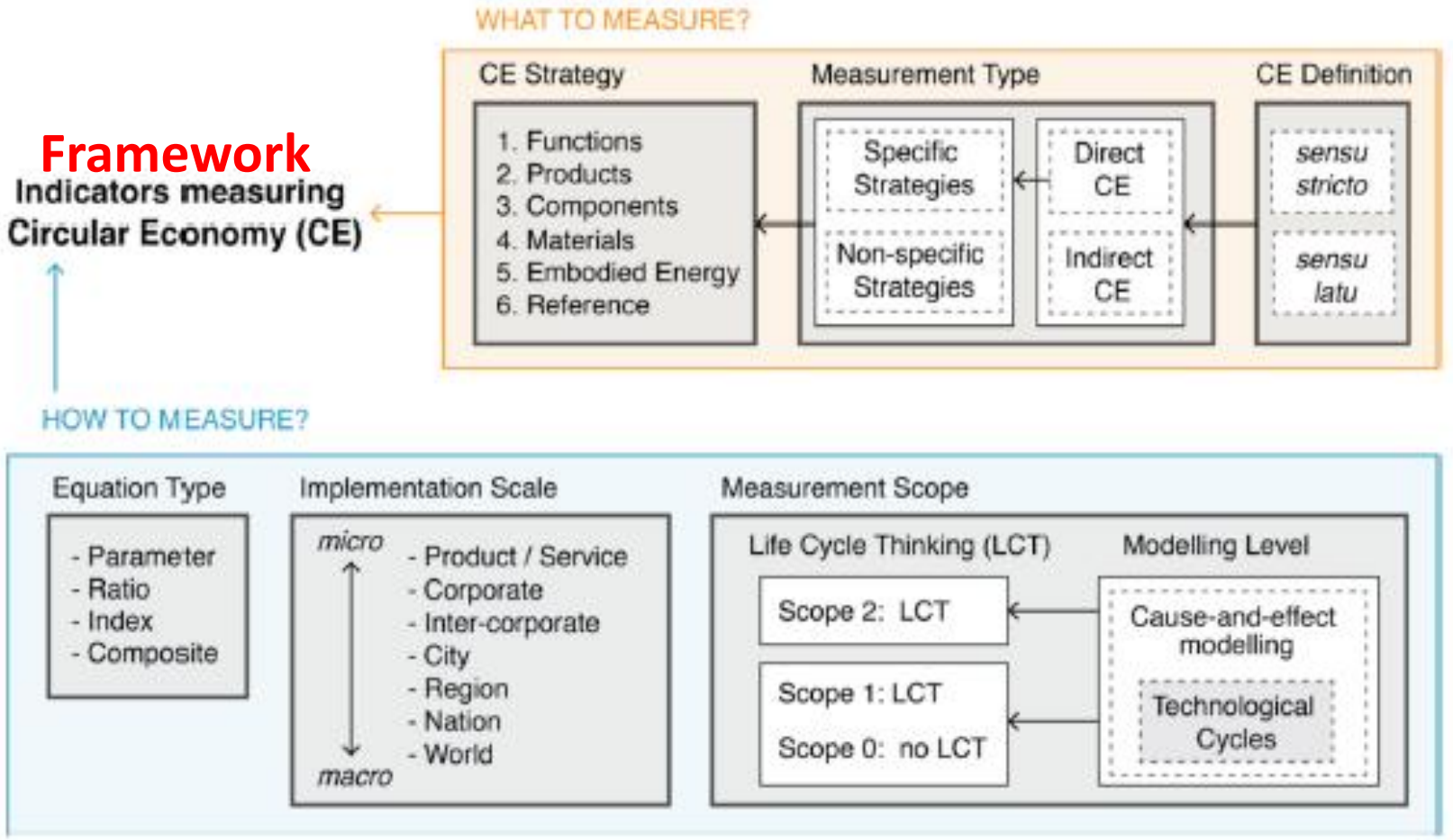
Meso Level

- These meso level indicators focus on the industry, consumption activity or particular material level helping to detect waste of materials, pollution sources and opportunities for efficiency gains in specific sectors or consumption domains.
- Describe the economic, environmental or social performance of a region, a product group or an industry.

Micro Level

- indicators provide detailed information for specific decision processes at business or local level or concerning specific substance or individual products
- describe the economic, environmental or social performance of a city, product or company

Implementation Scale



Micro scale	Macro scale
single product, company, or consumer	A city, province, region, or nation

Focus ระดับแคบ มุ่งเน้นไปที่ the technological cycle of resources

Focus ระดับกว้าง มุ่งเน้นไปที่ sustainability และ effects

Ref. Gustavo Moragaa, Sophie Huysveld, et al. Circular economy indicators: What do they measure? Resources, Conservation & Recycling 146 (2019) 452–461

Indicators for Macro scale

	Indicator and area	Unit(s)
	Production and consumption	
1	**EU self-sufficiency for raw materials**	%
2	**Green public procurement**	Number, % GDP
3	**Waste generation**	
	• Generation of municipal waste (per capita)	kg per capita
	• Generation of waste excluding major mineral wastes, per GDP unit	kg per thousand euro, chain linked volumes (2010)
	• Generation of waste excluding major mineral wastes, per domestic material consumption	%
4	**Food waste**	tonne
	Waste management	
5	**Recycling rates**	
	• Recycling rate of municipal waste	%
	• Recycling rate of all waste excluding major mineral waste	%
6	**Recycling for specific waste streams**	
	• Recycling rate for overall packaging	%
	• Recycling rate of plastic packaging	%
	• Recycling rate of wooden packaging	%
	• Recycling rate of e-waste	%
	• Recycling of bio-waste	kg per capita
	• Recovery rate of construction and demolition waste	%

EUROPEAN COMMISSION

Strasbourg, 16.1.2018
SWD(2018) 17 final

COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT

Measuring progress towards circular economy in the European Union – Key indicators for a monitoring framework

Accompanying the document

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS on a monitoring framework for the circular economy

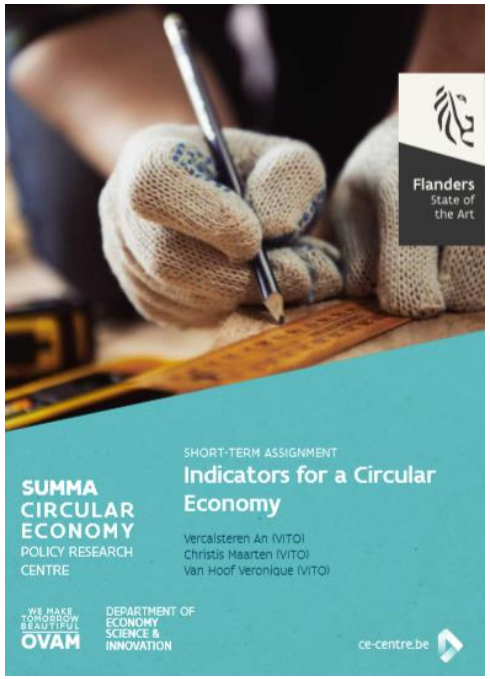
{COM(2018) 29 final}

	Secondary raw materials	
7	**Contribution of recycled materials to raw materials demand**	
	• End-of-life recycling input rates for raw materials	%
	• Circular material use rate	%
8	**Trade in recyclable raw materials**	tonne / thousand euro
	Competitiveness and innovation	
9	**Private investment, jobs and gross value added related to circular economy sectors**	
	• Gross investment in tangible goods	million euro, %GDP
	• Number of persons employed	Number, % employment
	• Value added at factor cost	million euro, % GDP
10	**Number of patents related to recycling and secondary raw materials**	Number, % world

Circular Economy

Ref. EUROPEAN COMMISSION. 2018. Commission Staff Working Document. Measuring progress towards circular economy in the European Union – Key indicators for a monitoring framework.

Indicators for Macro scale



Naam Indicator
Raw Material Consumption (incl. link DMC)
Material flows in the CE Material System Analysis (MSA)
Trade in secondary raw materials Gross exports of selected waste materials Trade in selected waste materials to and from the EU Value and volume of selected waste and by products that are shipped across intra- and extra EU borders

Recycling's contribution to meeting materials demand End-of-life recycling input rate (EOL-RIR)	Raw Materials Scoreboard (EIPrM, 2016) https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1ee65e21-9ac4-11e6-868c-01aa75ed71a1 Monitoring framework for CE http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/monitoring-framework.pdf
WEEE management Reuse and recycling of WEEE per capita EEA put on market, WEEE collected, reused and recycled	Raw Materials Scoreboard (EIPrM, 2016) https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1ee65e21-9ac4-11e6-868c-01aa75ed71a1
EU self-sufficiency for CRM $\frac{Import - Export}{Domestic\ production + Import - Expo}$	Monitoring framework for CE http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/monitoring-framework.pdf
Green Public procurement Share of public procurement procedures above EU tresholds, in number and value, which include environmental elements.	Monitoring framework for CE http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/monitoring-framework.pdf
Waste generation: (municipal waste, food waste, all waste)	Monitoring framework for CE http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/monitoring-framework.pdf
Recycling rates	Monitoring framework for CE

Ref.Vercalsteren An, Christis Maarten, Van Hoof Veronique. 2018. Indicators for a Circular Economy. SUMMA Circular Economy Policy Research center.

Indicators for Macro scale

Recycling rate of municipal waste
Recycling rate, all waste excl. major mineral waste
Functional recycling rates as they occur on a macro scale.

Recycling rates for specific waste streams
Overall packaging
Plastic packaging
WEEE
Wood packaging
Biowaste
Construction and demolition

Private investment, jobs and GVA: recycling sector, repair and reuse sector
Gross investment in tangible goods
number of persons employed
VA at factor costs

Number of patents related to recycling and secondary raw materials
Number of patent applications

Number of patents related to recycling and secondary raw materials
Number of patent applications

Cyclical material use rate
Share of cyclical use of materials (Uc)in total use of materials (DMI + Uc)

Material Circularity Indicator –MCI
Product Level Circularity Metric

Company Level Circularity Metric

Annual material cost saving opportunity

Monitor Groene Economie in Vlaanderen

25 sleutelindicatoren

Milieudruk indicatoren productieactiviteiten (ontkoppelingsindicator

en)
Voetafdruk indicatoren

Milieurekeningen NL

Expanding the material monitor

Life Cycle Assessment[7] based indicators

Product Environmental Footprints **(PEF)** indicators

Resource footprint indicator based on Cumulative Exergy Extracted from the Natural Environment (CEENE) by a specific product

Recyclability benefit indicator & Energy recoverability benefit rate

Other indicators that are under development measure specific characteristics of a product, such as recycled content, recyclability or repairability

Other indicators that may be of relevance, but focus on more specific aspects:
- Amount of hazardous substances that are

Ref.Vercalsteren An, Christis Maarten, Van Hoof Veronique. 2018. Indicators for a Circular Economy. SUMMA Circular Economy Policy Research center.

Indicators for Macro scale

No.	Indicator	Sub indicator	Unit	Env	Eco	Soc	Sector
1	Self-sufficiency for raw materials	-	%	√			All
2	Green public procurement	-	Number, % GDP		√		All
3	Waste generation	Generation of municipal waste per capita	Kg/capita	√	√		All
		Generation of waste per GDP	Kg/1000euro		√		All
		Generation of waste per DMC	%		√		All
4	Food waste	-	tonne	√			Food&Agroindustry
5	Recycling rates	Recycling rate of municipal waste	%	√			All
		Recycling rate of all waste	%	√			All
6	Recycling/recovery for specific waste streams	Recycling rate of over all packaging	%	√			All
		Recycling rate of packaging waste by type	%	√			All
		Recycling rate of wooden packaging	%	√			Construction material &Furniture/All
		Recycling rate of e-waste	%	√			Electronic
		Recycling of bio-waste	Kg/capita	√			Agriculture

Ref. Gustavo Moragaa, Sophie Huysveld, et al. Circular economy indicators: What do they measure? Resources, Conservation & Recycling 146 (2019) 452–461

Indicators for Macro scale

No.	Indicator	Sub indicator	Unit	Env	Eco	Soc	Sector
7	Contribution of recycled materials to raw materials demand	End-of-life recycling input rates	%	√			All
		Circular material use rate	%	√			All
8	Trade in recyclable raw materials	Imports from non-EU countries	tonne /1000euro		√		All
		Exports to non-EU countries	tonne /1000euro		√		All
		Imports from EU countries	tonne /1000euro		√		All
		Exports to EU countries	tonne /1000euro		√		All
9	Private investments, jobs and gross value added	Gross investment in tangible goods	million euro, %GDP		√		All
		Number of persons employed	Number, % employment			√	All
		Value added at factor cost	million euro, % GDP		√		All
10	Patents related to recycling and secondary raw materials	Patents of recycling and secondary materials	Number, % world			√	All

Ref. Gustavo Moragaa, Sophie Huysveld, et al. Circular economy indicators: What do they measure? Resources, Conservation & Recycling 146 (2019) 452–461

Indicators for Micro scale

30 indicators for CE on a micro level

Indicator	Abbreviation
Disassembly Effort Index	DEI
Remanufacturing Product Profiles	REPRO^2
Circular Economy Toolkit	CET
End-of-life Index	EOLI
Reuse Potential Indicator	RPI
Circular Economy Index	CEI
Material Circularity Indicator	MCI
Circularity Calculator	CC
Eco-cost/Value Ratio	EVR
Longevity Indicator (resource duration)	LI
Material Reutilization Score (C2C certification framework)	MRS
Recycling Indices	RI
Circular Economy Indicator Prototype	CEIP
Eco-efficient Value Creation	EEVC
End-of-life Indices (Design Methodology)	EOLI-DM
Model of Expanded Zero Waste Practice	EZWP
Product-level Circularity Metric	PLCM
Recycling Desirability Index	RDI
Value-based Resource Efficiency Indicator	VRE
Circularity Design Guidelines	CDG
Combination Matrix	CM
Decision Support Tool for Remanufacturing	DSTR
Ease of Disassembly Metric	eDiM
Effective Disassembly Time	EDT
Product Recovery Multi-criteria Decision Tool	PR-MCDT
Sustainability Indicators in CE	SICE
Design Method for End-of-use Product Value Recovery	EPVR
Multi-criteria Decision Analysis Combining Material Circularity Indicators & Life-cycle based Indicators	MCDA-ML
Mathematical Model to Assess Sustainable Design and End-of-life Options	SDEO
Typology for Quality Properties	TQP

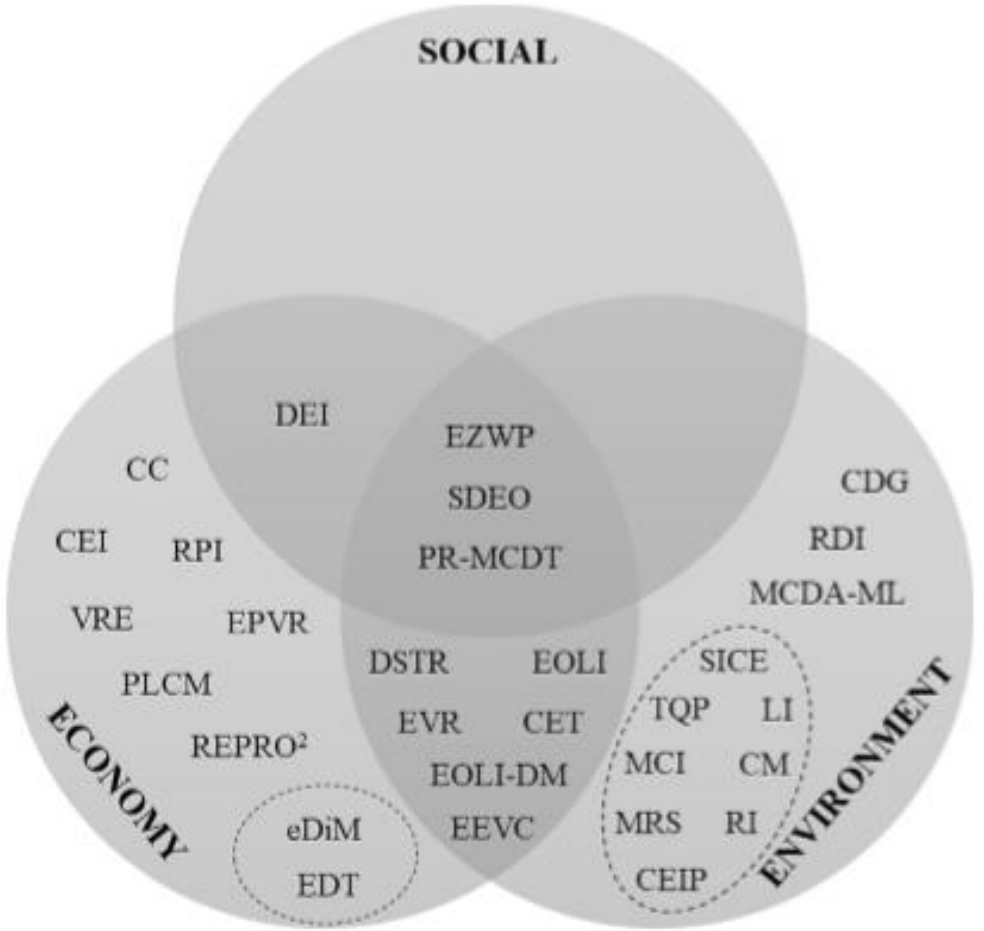
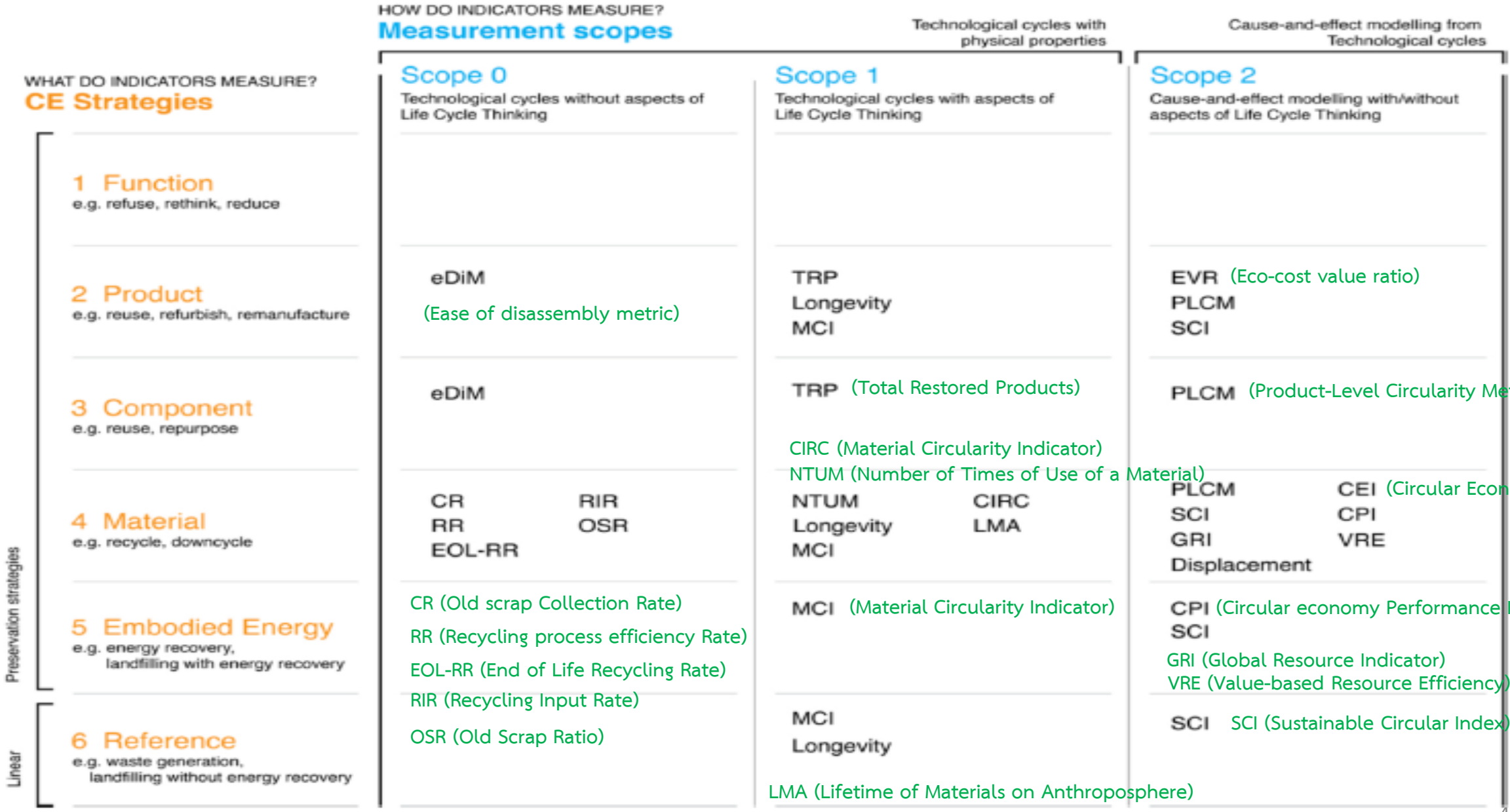


Fig. 6. Mapping of micro level indicators in sustainability dimensions. Dotted circle within economy: time-based indicators, and dotted circle within environment: resource-efficiency and longevity indicators.

Circular Economy

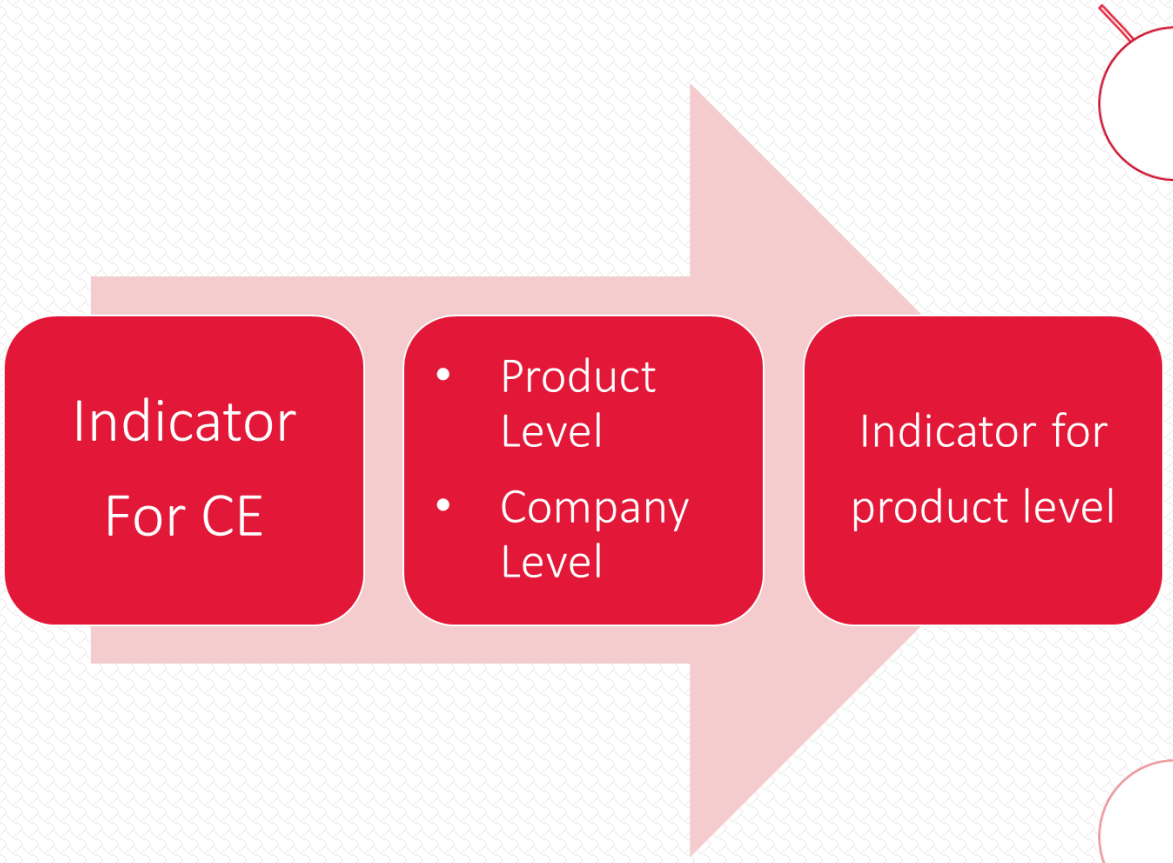
Ref. Heidi Simone Kristensen, Mette Alberg Mosgaard. A review of micro level indicators for a circular economy e moving away from the three dimensions of sustainability?. Journal of Cleaner Production 243 (2020) 118531

Indicators for Micro scale



Ref. Gustavo Moragaa, Sophie Huysveld, et al. Circular economy indicators: What do they measure? Resources, Conservation & Recycling 146 (2019) 452–461

A Metric for Quantifying Product-Level Circularity



- Material Circularity Indicator (MCI)
  : Ellen MacAuthur Foundation and Granta (2015)
- Eco-Efficient value ratio
  : Shceepen et. al
- Circular Economy Index :
  : Di Maio and Rem 2015
- REPRO : Gehin et.al.2008
- Material reutilization part –Cradle-to-Cradle (C2C2014)

M. Linder., S. Sarasini., and P. van Loon. (2017). “A Metric for Quantifying Product-Level Circularity”

M. Linder., S. Sarasini., and P. van Loon. (2017).

Summary of reviewed product-level circularity metrics

The Ellen MacArthur Foundation

MCI

- การหมุนเวียนของวัสดุหรือที่เรียกว่า Material Circularity Indicator : MCI ถูกพัฒนาขึ้นค่า MCI ประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลัก คือ Linear flow index และ Utility
- ข้อเสียเปรียบประการหนึ่งที่อาจเกิดขึ้นจากการมุ่งเน้นไปที่การไหลของมวลสัมพันธ์กับการรวมกันของวัสดุและส่วนประกอบต่าง ๆ ไว้ในเลขเดียว (ค่า MCI อยู่ในช่วง 0-1)
- นอกจากนี้ยังคำนวณปัจจัยด้านการใช้งานตามการประมาณการอายุผลิตภัณฑ์เฉลี่ย

Scheepens and colleagues

Eco-Eff..Value Ratio

- ได้พัฒนาตัวชี้วัดการหมุนเวียนสำหรับผลิตภัณฑ์โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิด LCA ซึ่งถูกนำมาใช้ในระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน แบบจำลองสัดส่วนของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศน์ ประเมินความยั่งยืนผ่านสามมิติ ได้แก่ ราคาสินค้า มูลค่าทางการตลาด และ ราคาที่เป็นปัจจัยภายนอก (eco-costs เช่น externalities)
- ผลิตภัณฑ์หรือบริการถูกพิจารณาว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะอาดเมื่อ eco-cost อยู่ต่ำกว่าค่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้
- หมายความว่าผลิตภัณฑ์และบริการสามารถปรับปรุงได้โดยลดราคาที่เป็นปัจจัยภายนอกหรือเพิ่มมูลค่าทางการตลาดเพื่อป้องกันผลสะท้อนกลับ ในขณะที่การเพิ่มการหมุนเวียนอาจหมายถึงการลด externalities cost

M. Linder., S. Sarasini., and P. van Loon. (2017).

Summary of reviewed product-level circularity metrics

Di Maio and Rem (2015)

CEI

- ดัชนีชี้วัดเศรษฐกิจแบบวงกลมนี้วัดการหมุนเวียนในรูปของสัดส่วนค่าการรีไซเคิลวัสดุจากผลิตภัณฑ์ EoL เปรียบเทียบกับมูลค่าวัสดุที่นำมารีไซเคิลในกระบวนการที่จำเป็นต้องผลิตสินค้าผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่เป็นรุ่นใหม่ โดยการจับประเด็นที่ประสิทธิภาพในการรีไซเคิล
- การกู้คืนซากของวัสดุจะไม่นับรวม ตัวชี้วัดนี้ยังมีจุดอ่อนบางประการในเรื่องของความเที่ยงตรงตามโครงสร้างในการวัดการหมุนเวียน

Gehin et.al.(2008)

REPRO

- เป็นอีกตัวชี้วัดที่ดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติของภาพจำลองผลิตภัณฑ์ end-of-life (EoL) ที่แตกต่างกันตามเกณฑ์ 82 เกณฑ์
- REPRO ช่วยให้นักออกแบบสามารถเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ของพวกเขากับผู้อื่นที่ได้รับการผลิตซ้ำเรียบร้อยแล้วด้วยมุมมองเพื่อปรับปรุงอัตราการผลิตซ้ำ
- จุดอ่อน คือ มีการคำนึงถึงการหมุนเวียน รวมถึงความถูกต้องของโครงสร้างต่ำ เนื่องจากไม่รวมการใช้ซ้ำและการรีไซเคิล นอกจากนี้เครื่องมือไม่ได้วัดอัตราการผลิตซ้ำจริงโดยมุ่งเน้นที่เกณฑ์ที่มีแนวโน้มที่จะปรับปรุงอัตราการผลิตซ้ำ

M. Linder., S. Sarasini., and P. van Loon. (2017).

Summary of reviewed product-level circularity metrics

The Cradle-to-Cradle Product Innovation

C2C

- ได้พัฒนากรอบการรับรอง C2C ซึ่งมีผู้นำมาใช้แล้วกว่า 159 บริษัท มีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองถึง 2,500 ผลิตภัณฑ์
- กรอบการทำงานทำการประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์และบริการตามหลักการสำคัญห้าข้อ เหล่านี้รวมถึง: วัสดุ การเลือกและการนำกลับมาใช้ใหม่ การใช้พลังงานหมุนเวียน ในระบบการผลิต การดูแลน้ำ และความเป็นธรรมทางสังคม
- การมุ่งเน้นในวงกว้างนี้ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการสร้างของกรอบงานเป็นตัวชี้วัดสำหรับการหมุนเวียนวัสดุ การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ ส่วนที่แสดงความคล้ายคลึงกันกับหลักการของการวัดการหมุนเวียน ไม่ได้คำนึงถึงวัสดุประเภทต่างๆ จำนวนครั้งที่นำมาใช้ (รอบ) (นำมาใช้ซ้ำ, การผลิตซ้ำและการรีไซเคิล) และแตกต่างกันของวัสดุและส่วนประกอบ

M. Linder., S. Sarasini., and P. van Loon. (2017).

Summary of reviewed product-level circularity metrics

	Construct Validity	Reliability	TRansparentcy	Generality	Aggregation principles
M C I	Medium	Low	Low	High	Medium
Eco-Eff..Value Ratio	Low	Low	Medium	High	High
CEI	Low	High	High	Low	N/A
REPRO	Low	Low	Medium	Medium	Low
Material reutilization part –Cradle-to-Cradle (C2C2014)	Medium	Unknown	Low	High	Low

Type & Scope of indicators

01

Single quantitative

❑ Presenting circularity as a single number

Analytical tools

❑ Analytical guidelines, tools and models

02

03

Composite indicator sets

❑ Consisting of multiple indicators or combining 1 or 2

Single Quantitative

Indicators	Abbrev.	Year	Source	A/P	CE Categories
Reuse Potential Indicator	RPI	2014	Park and Chertow (2014)	A	Recycling
Circular Economy Index	CEI	2015	Di Maio and Rem (2015)	A	Recycling
Material Circularity Indicator	MCI	2015	Ellen MacArthur Foundation and Granta Design (2015)	P	Recycling: waste management ; lifetime extension
Eco-cost/Value Ratio	EVR	2016	Sheepen et al. (2016)	A	Resource efficiency
Longevity Indicator (Resource duration)	LI	2016	Franklin-Johnson et al. (2016)	A	Lifetime extention
Material Reutilization Score (C2C certification framework)	MRS	2016	Cradle-to-Cradle Products Innovation Institute (2016)	P	Recycling
Product-Level Circularity Metric	PLCM	2017	Linder et al. (2017)	A	Recycling; remanufacturing
Recycling Desirability Index	RDI	2017	Muhamed Sultan et al.(2017)	A	Recycling
Value-based Resource Efficiency Indicator	VRE	2017	Di Maio et al. (2017)	A	Resource efficiency
Ease of Disassembly Metric	eDiM	2018	Vanegas et al. (2018)	A	Disassembly
Effective Disassembly Time	EDT	2018	Marconi et al (2018)	A	Disassembly

Analytical tools

Indicators	Abbrev.	Year	Source	A/P	CE Categories
Remanufacturing Product Profiles	REPRO2	2006	Zwolinski et al. (2006)	A	Remanufacturing
Circular Economy Toolkit	CET	2013	Evans and Bocken (2013)	P	Multidimensional
Circularity Calculator	CC	2016	IDEAL&CO Explore (2016)	P	Recycling; reuse
Model of Expanded Zero Waste Practice	EZWP	2017	Veleva et al. (2017)	A	Waste management
Circularity Design Guidelines	CDG	2018	Bovea and Perez-Belis (2018)	A	Multidimensional
Product Recovery Multi-criteria Decision Tool	PR-MCDT	2018	Alamerew and Brissaud (2018)	A	End-of-life management
Design Method for End-of-use Product Value Recovery	EPVR	2019	Cong et al. (2019)	A	End-of-life management
Multi-criteria Decision Analysis Combining Material Circularity Indicators & Life-Cycle based Indicators	MCDA-ML	2019	Neiro and Kalbar (2019)	A	Multidimensional
Mathematical Model to Assess Sustainable Design and End-of-life Option Typology for Quality Properties	TQP	2019	Iacovidou et al. (2019)	A	Resource efficiency

Composite indicator sets

Indicators	Abbrev.	Year	Source	A/P	CE Categories
Disassembly Effort Index	DEI	2000	Das et al. (2000)	A	Disassembly
End-of-Life Index	EOLI	2014	Lee et al.(2014)	A	End-of-life management
Recycling Indices	RI	2016	Van Schaik and Reuter (2016)	A	Recycling
Circular Economy Indicator Prototype	CEIP	2017	Cayzer et al.(2017)	A	Multidimensional
Eco-efficiency Value Creation	EEVC	2017	Vogtlander et al.(2017)	A	Remanufacturing
End-of-life Indices (Design Methodology)	EOLI-DM	2017	Favi et al.(2017)	A	End-of-life management
Combination Matrix	CM	2018	Figge et al.(2018)	A	Lifetime extension : recycling remanufacturing
Sustainability Indicators in CE	SICE	2018	Mesa et al.(2018)	A	Waste management ; recycling reuse

Agriculture & Food sector

Circular Agronomics is working to provide a set of practical solutions to improve the current management of Carbon (C), Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K) by testing different agricultural, livestock and nutrient recovery practices.

These practices have the potential to make European agriculture an integral part of a **Circular Economy** while increasing resource efficiency and addressing environmental challenges such as greenhouse gas and ammonia emissions, as well as the eutrophication of water bodies.

The overall objective of the project is to **enable a transition** towards smart, sustainable, resilient and inclusive economies that are part of circular and **zero-waste societies**.

Linear economy

Current challenge

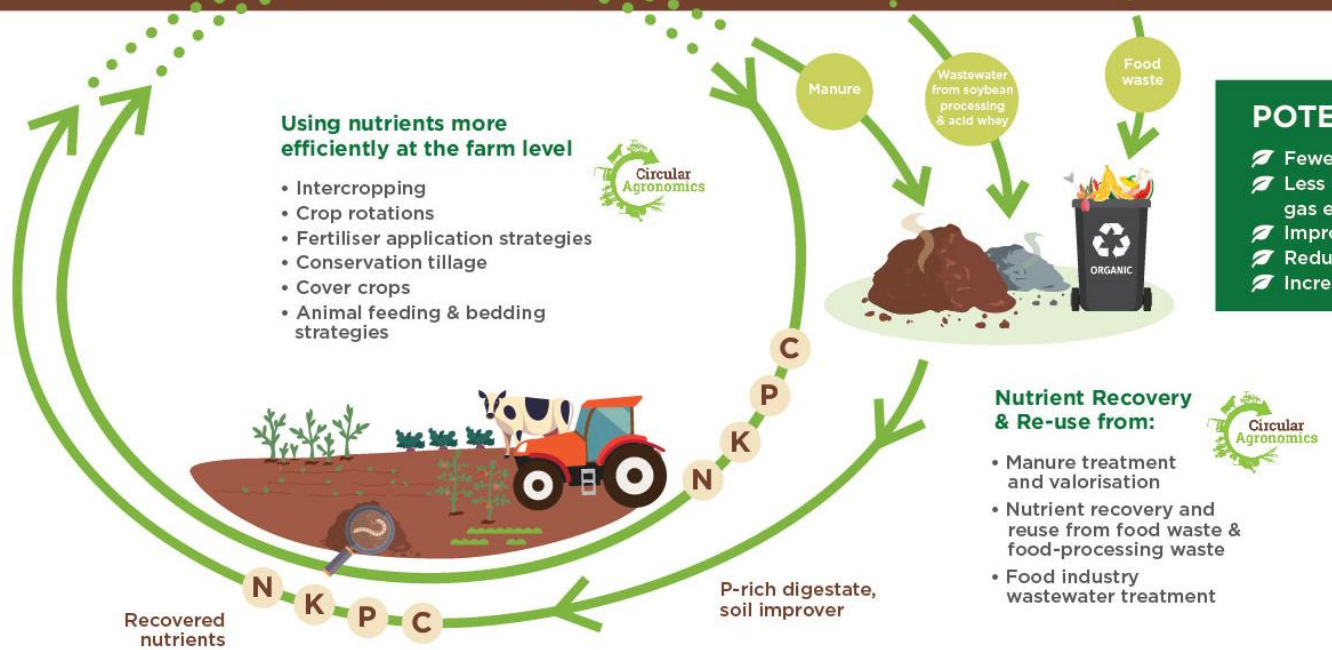
NEGATIVE IMPACTS

on the environment

Pollution to water and air, loss of soil.

Circular economy

Circular Agronomics approach



Using nutrients more efficiently at the farm level

- Intercropping
- Crop rotations
- Fertiliser application strategies
- Conservation tillage
- Cover crops
- Animal feeding & bedding strategies

Nutrient Recovery & Re-use from:

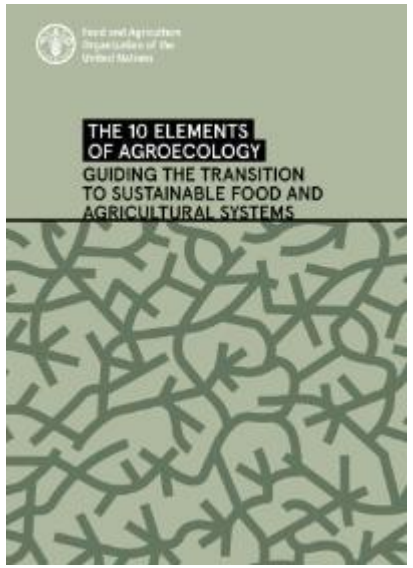
- Manure treatment and valorisation
- Nutrient recovery and reuse from food waste & food-processing waste
- Food industry wastewater treatment

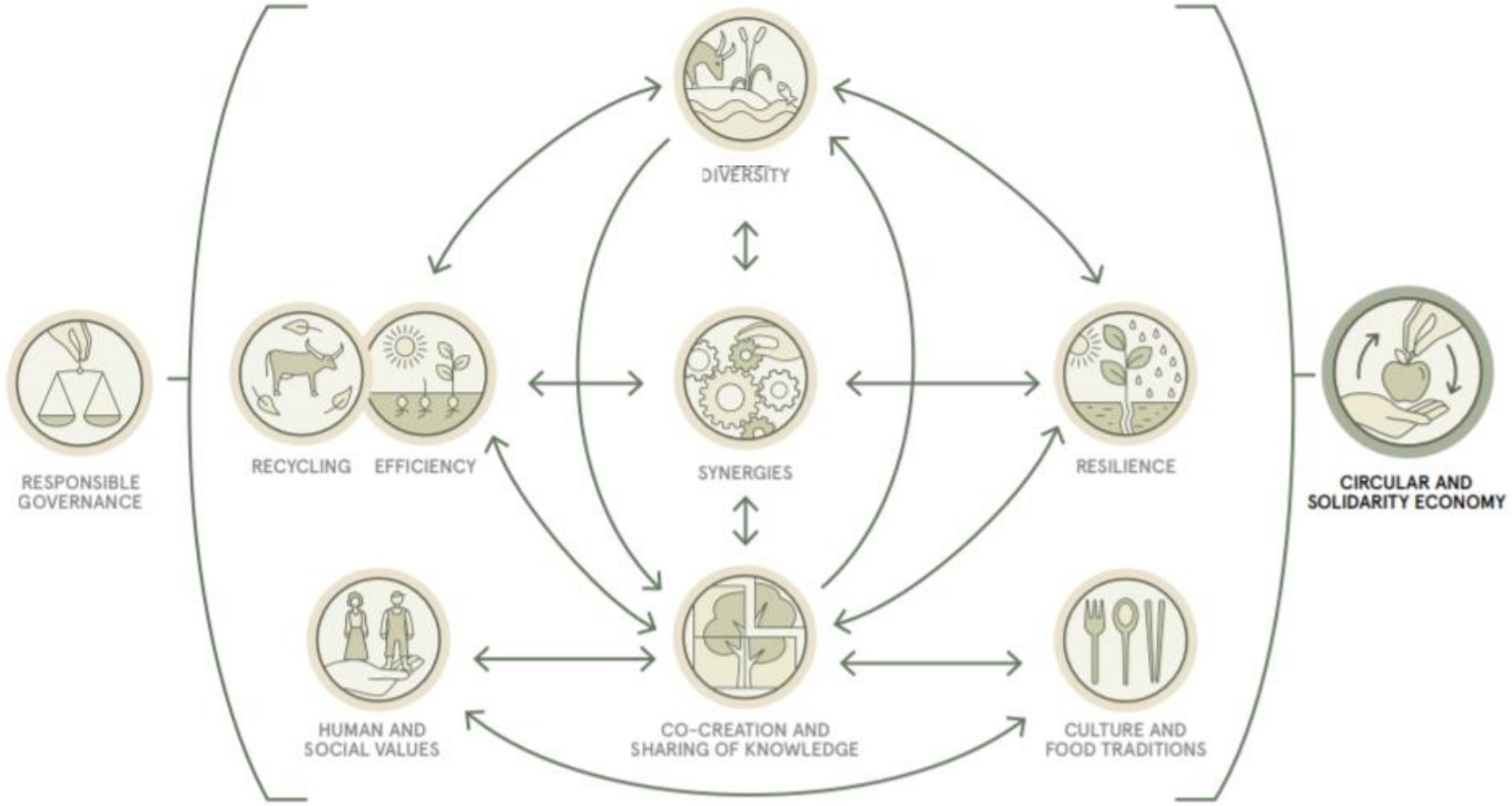
POTENTIAL BENEFITS

- Fewer emissions to air and water
- Less eutrophication and greenhouse gas emissions and NH_3 emissions
- Improved use of resources
- Reduced use of mineral fertilisers
- Increase of soil organic matter

Circular Agronomics receives funding from the European Union's Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation under Grant Agreement no. 773649

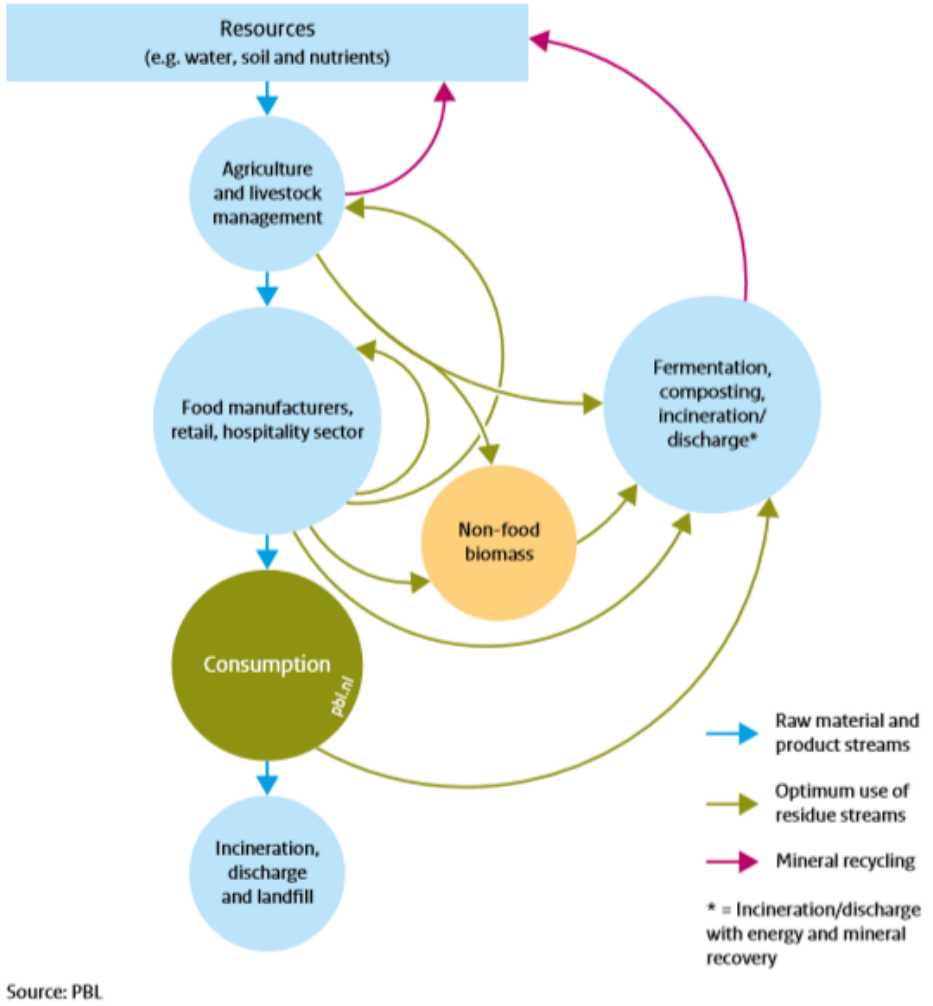
CIRCULAR AND SOLIDARITY ECONOMY

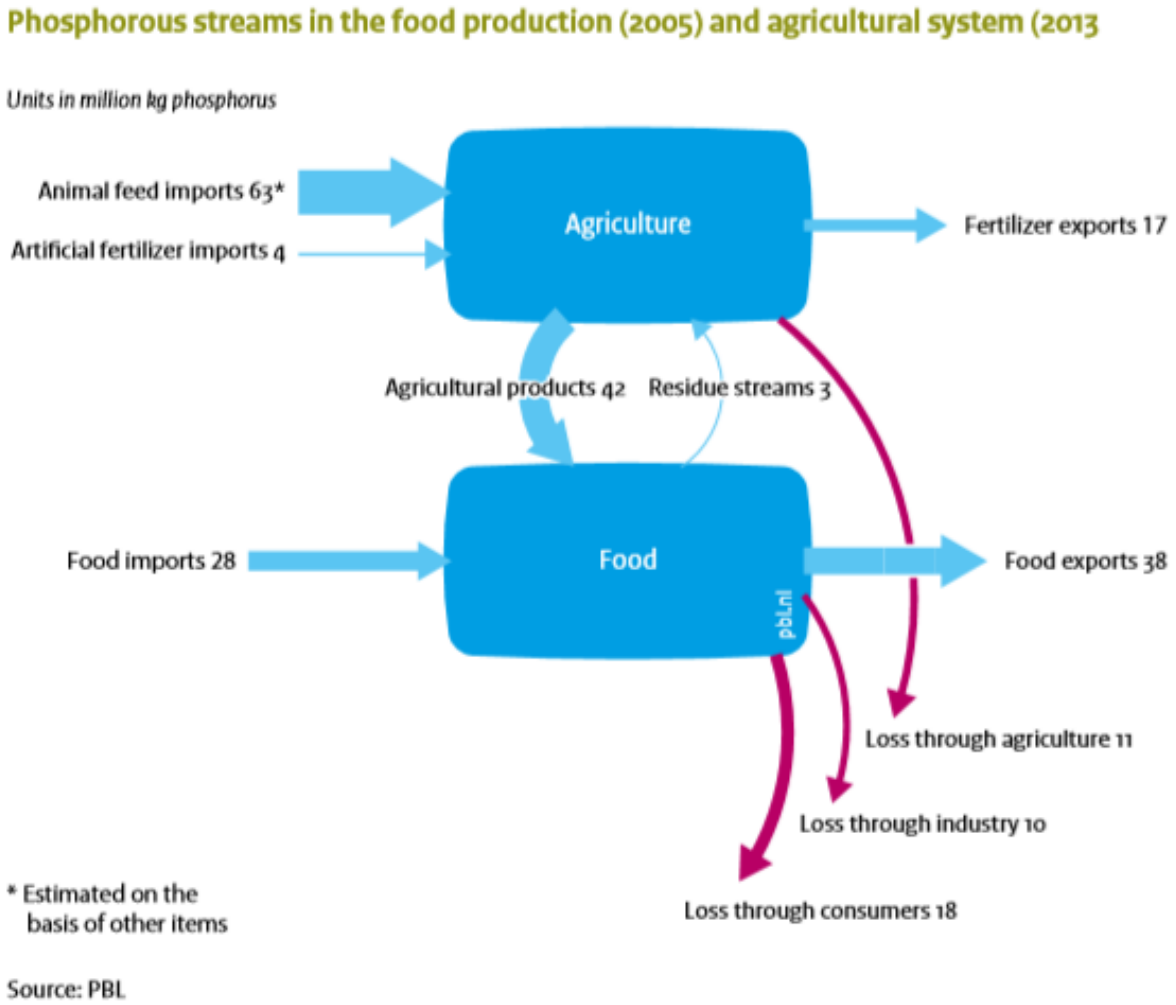




Ref. FAO. 2018. Guiding the transition to sustainable food and agricultural systems

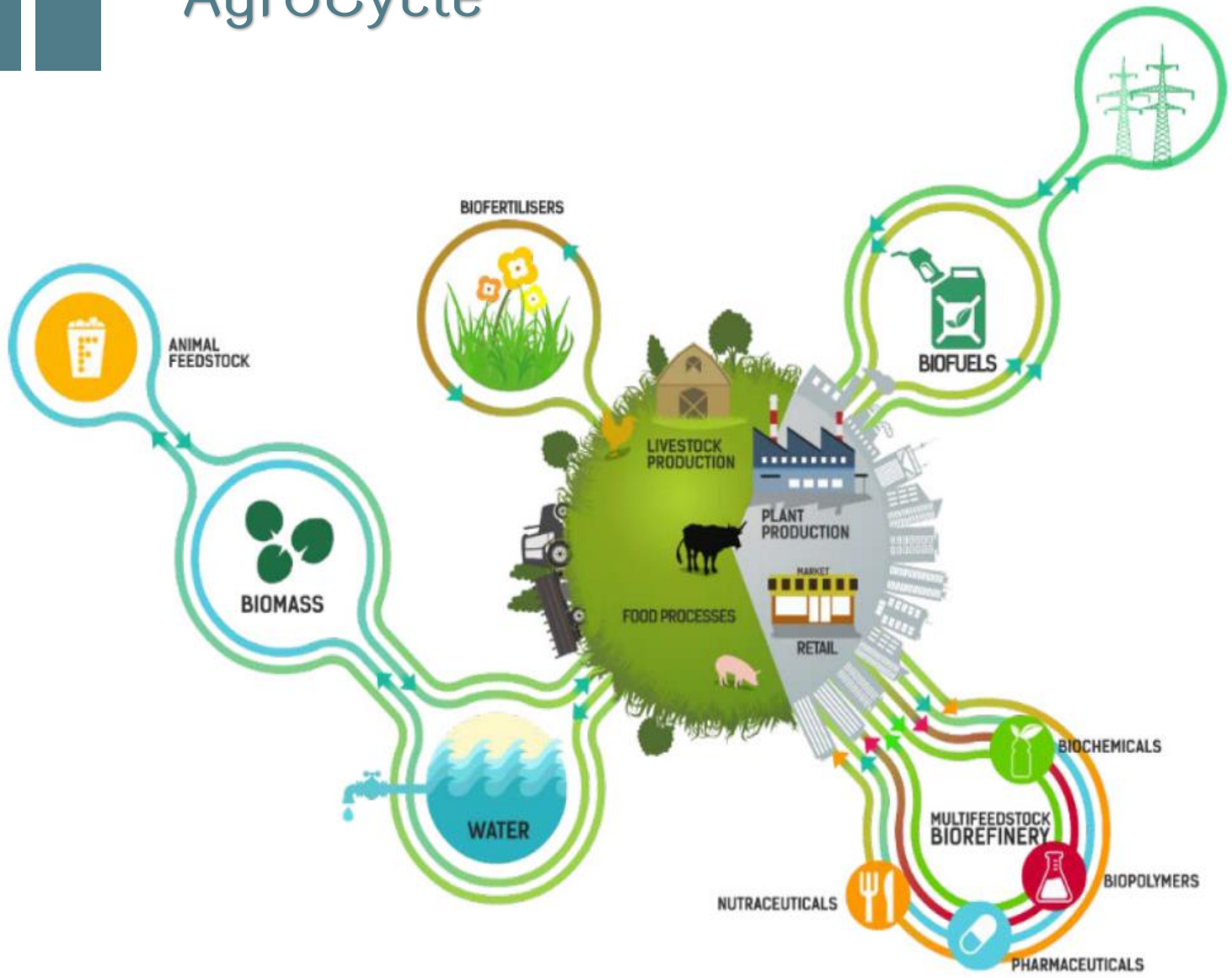
The circular economy for the food production system





Ref. Trudy Rood, Hanneke Muilwijk and Henk Westhoek. 2017. Food for the Circular Economy.

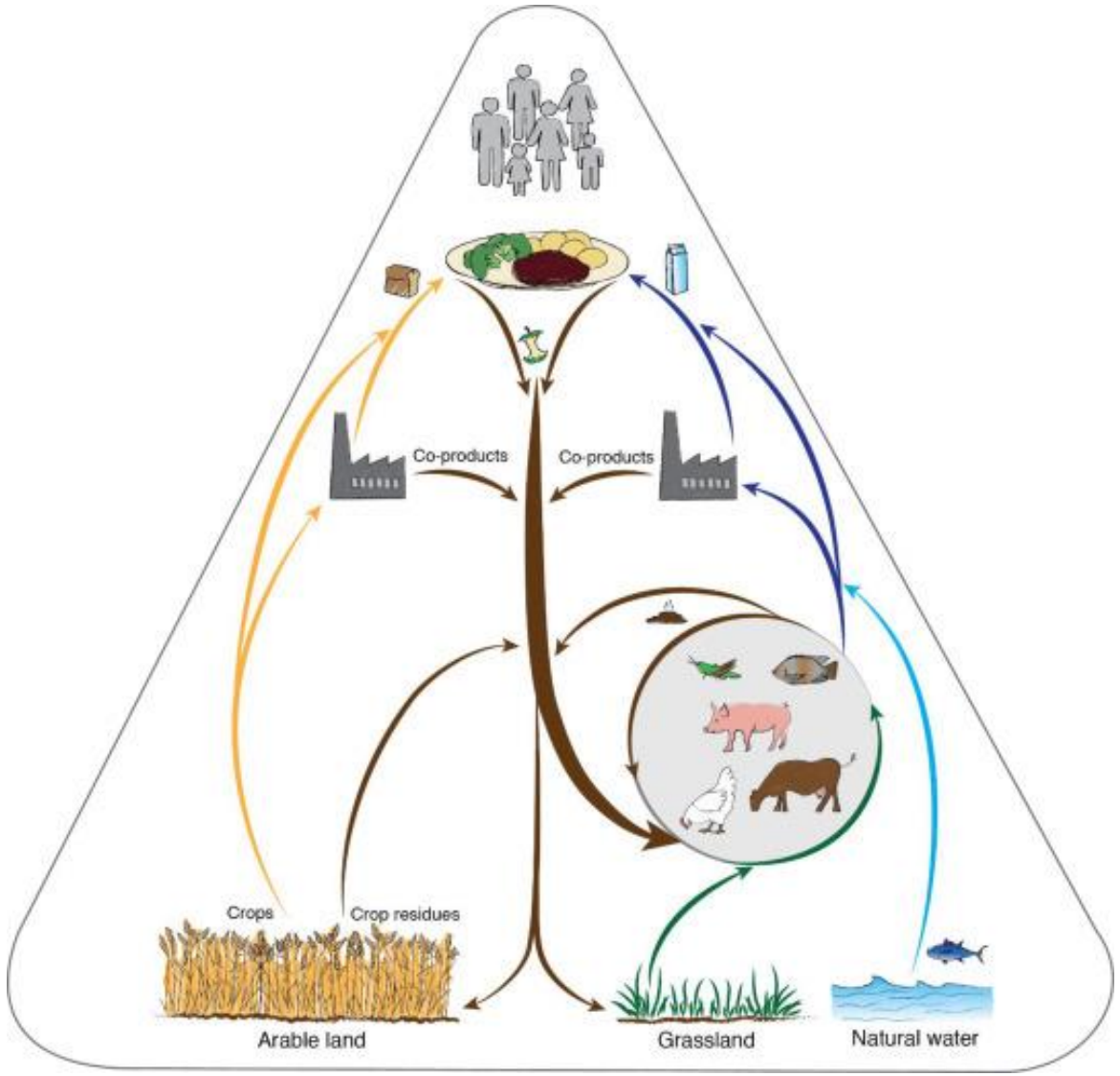
AgroCycle



Trisha A. Toop (2017)

วิเคราะห์เชิงบูรณาการของห่วงโซ่คุณค่าทางการเกษตรรวมถึงการปศุสัตว์และการผลิตพืชการแปรรูปอาหารและภาคการค้าปลีก ให้มีกลไกใน
การเพิ่มการรีไซเคิลและการทิ้งขยะ (recycling and valorisation of agricultural waste) จากการเกษตรโดยเพิ่มการใช้ผลพลอยได้และผลิตภัณฑ์ร่วมให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยการสร้างห่วงโซ่คุณค่าใหม่ที่ยั่งยืน โดยวัตถุประสงค์หลักคือการพัฒนาให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ของห่วงโซ่อุปทานการเกษตรรวมถึงการบ่งชี้คุณลักษณะและปริมาณของขยะเกษตรและความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง เชื้อเพลิงชีวภาพ และพลังงานจากของเสีย

Circular Food System

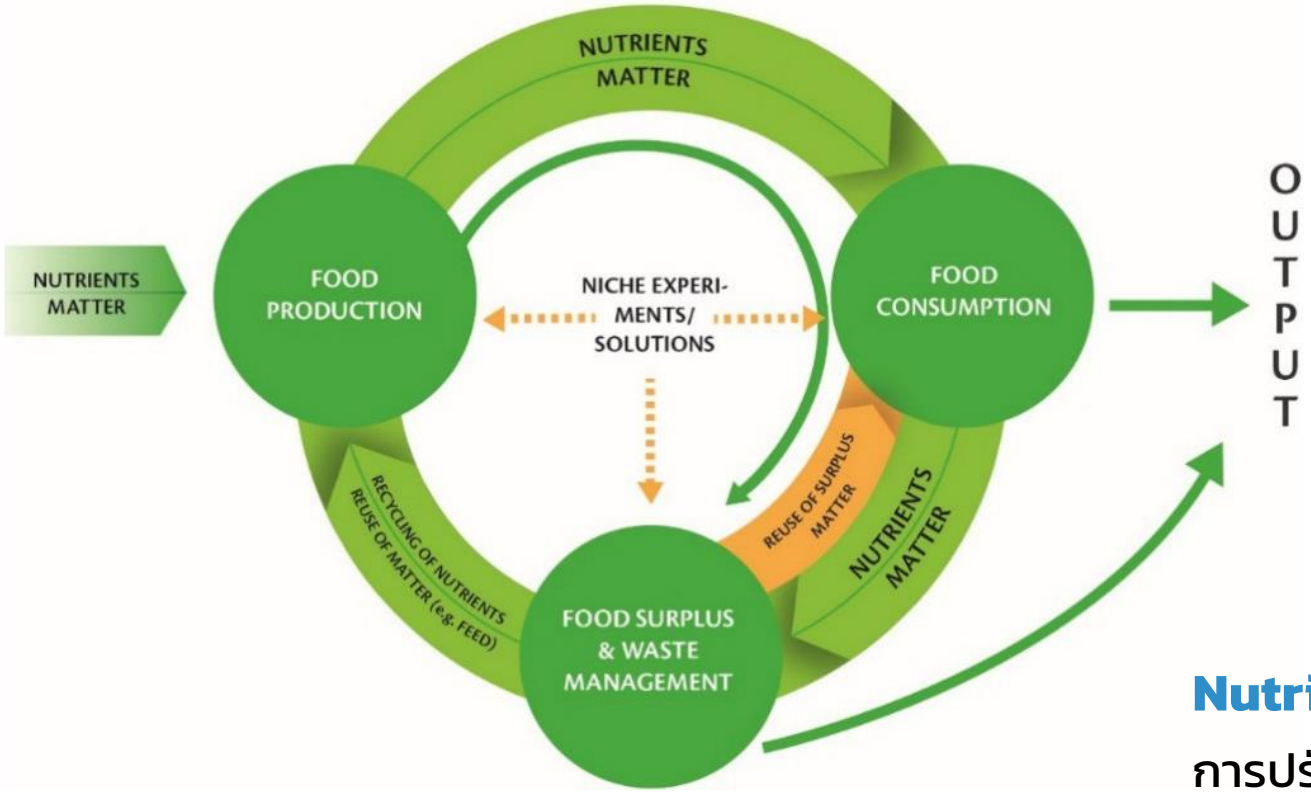


หลักการ

- ต้องให้ความสำคัญกับการบริโภคของคนก่อน
- เศษซากเหลือใช่หรือของเสียที่เกิดจากการผลิต การแปรรูป และการบริโภค ควรรีไซเคิลกลับคืนสู่ระบบอาหการ
- สัตว์สามารถเปลี่ยนชีวมวลหรือเศษเหลือทิ้งเพื่อกลับมาเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อคนได้

Ref: Van Zanten et al., 2019, The role of farm animals in a circular food system

Nutrient Circularity in Food System



EU Green Deal objectives

Reducing the excess of nutrients

Boost a circular bio-based economy

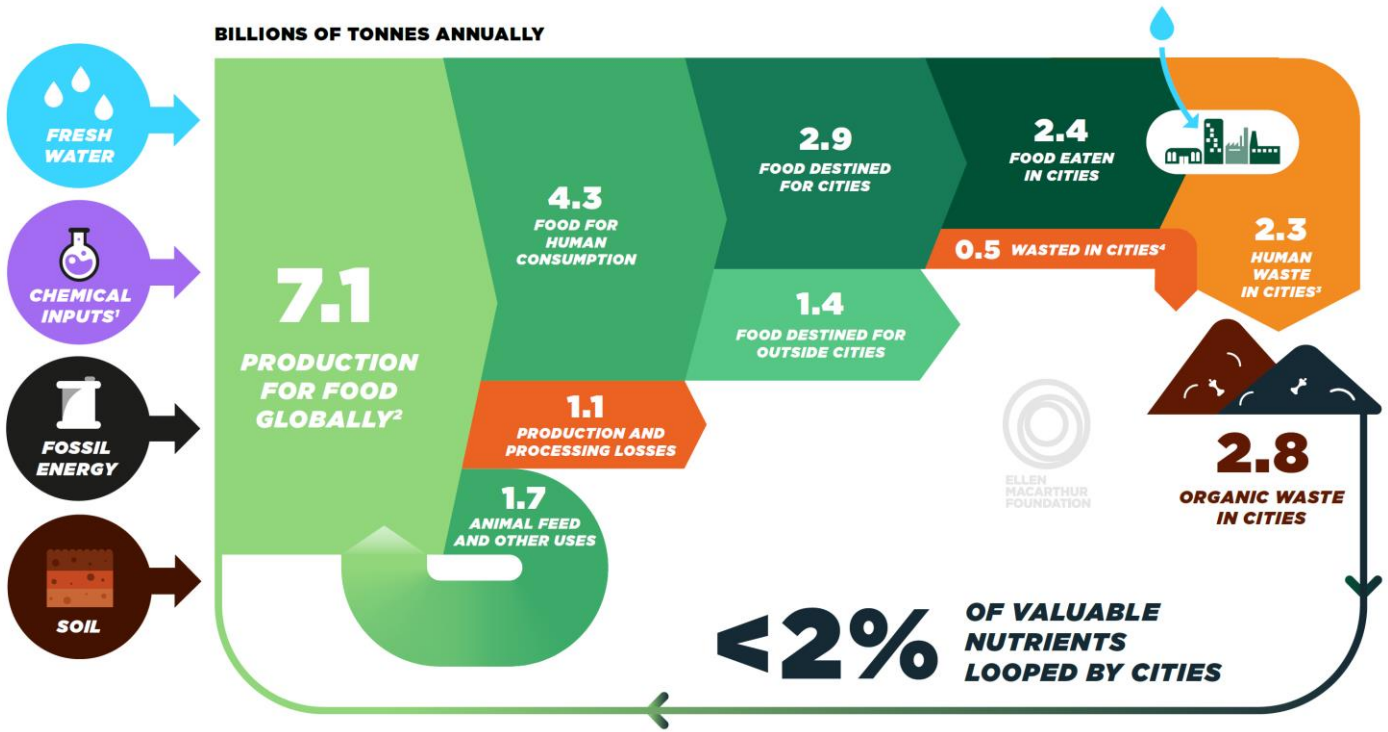
Reduce food waste

Nutrition efficiency

การปรับปรุงประสิทธิภาพของสารอาหารเป็นวัตถุประสงค์หลักของกลยุทธ์ Farm to Fork และเป็นสัญลักษณ์ของเป้าหมายที่ต้องการส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยการเชื่อมโยงประชากรมนุษย์ สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ที่ต้องการลดการสูญเสียสารอาหารในขณะที่เพิ่มประสิทธิภาพของสารอาหาร

Ref: Jurgilevich,A. et al., 2019, Transition towards Circular Economy in the Food System

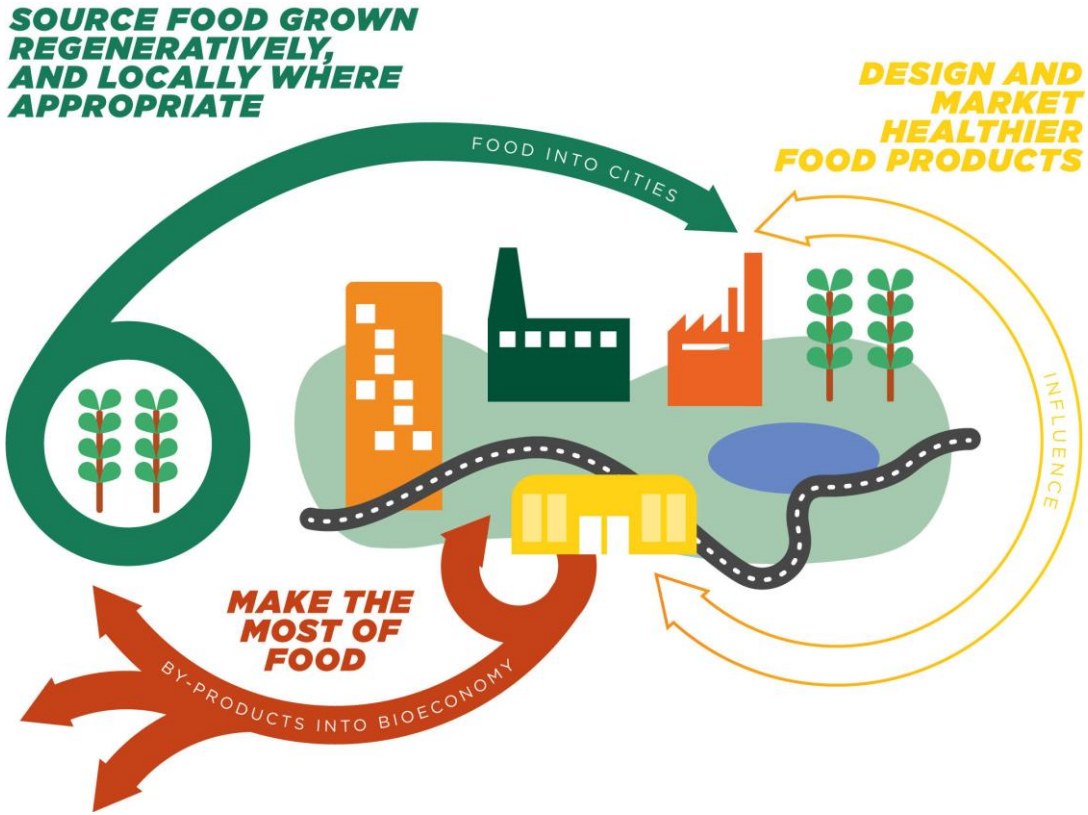
Material flow in the food system is *linear*



1. Such as fertilisers or pesticides;
2. As per FAOSTAT 'Production' definition, i.e. typically reported at the first production stage (farm level for crops and animal products; live weight for seafood);
3. Human waste includes solid and liquid waste, expressed in wet mass;
4. Food wasted in cities includes distribution and consumption stages

Source: FAOSTAT, *Food Balance Sheets* (2013); FAOSTAT, livestock manure (2013); WBA, Global Bioenergy Statistics (2017); The World Bank, *What a Waste* (2012); Scialabba, N., et al., *Food wastage footprint: impacts on natural resources* (2013), United Nations University, *Valuing human waste as an energy resource* (2015), *Cities and the Circular Economy for Food* analysis

Build a *Circular Economy* for food system in the city



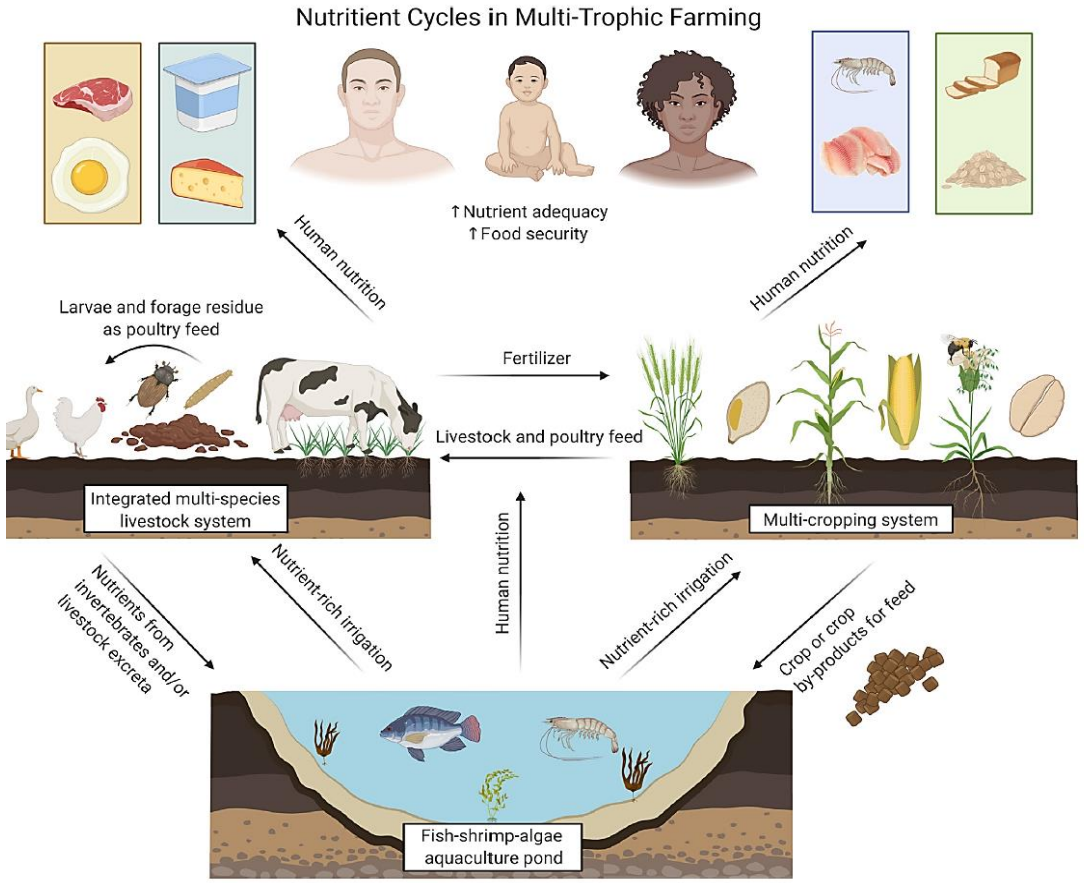
ELLEN MACARTHUR FOUNDATION https://ellenmacarthurfoundation.org

ตัวชี้วัดการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืนของกลุ่มสาขาการผลิตทางการเกษตร

แนวคิดการการหมุนเวียนของแร่ธาตุ/สารอาหาร (Closing Mineral Cycle) ของกลุ่มเกษตรและธุรกิจการเกษตรรวมถึงอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ประกอบด้วยตัวชี้วัดย่อย 3 ตัวชี้วัดได้แก่

- **การหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient Circularity Indicator :NCI)**
- **การสูญเสียอาหาร (Food loss)**
- **การใช้เศษเหลือทิ้งจากการ (Agri residue utilization)**

แบบจำลองแนวคิดการเชื่อมโยงของสารอาหารในระบบการผลิตทางการเกษตร



ที่มา: Ref; S.L. Kronberg, F.D. Provenza, S. van Vliet, S.N. Young, 2021. “Review: Closing nutrient cycles for animal production-Current and future agroecological and socio-economic issues”. Animal Biosciences 15 (2021) 100285.

ตัวชี้วัดกลุ่มเกษตรและธุรกิจการเกษตร

ตัวชี้วัดหลัก : การหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient Circularity)

- **ความสำคัญ**

การหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient Circularity) คือ การวัดระดับสารอาหารที่ไม่ถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายแต่จะถูกนำมาใช้ใหม่ในกระบวนการแทนที่การป้อนสารอาหารใหม่ทั้งจากภายนอก และภายในระบบเดิม ซึ่งสำหรับการเกษตร วัฏจักรสารอาหารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1: เมื่อสัตว์และ/หรือพืชออกจากฟาร์มเนื่องจากการเก็บเกี่ยวหรือการฆ่าสัตว์ รวมถึงปริมาณการสูญเสียและเศษเหลือทิ้งจากการเกษตร

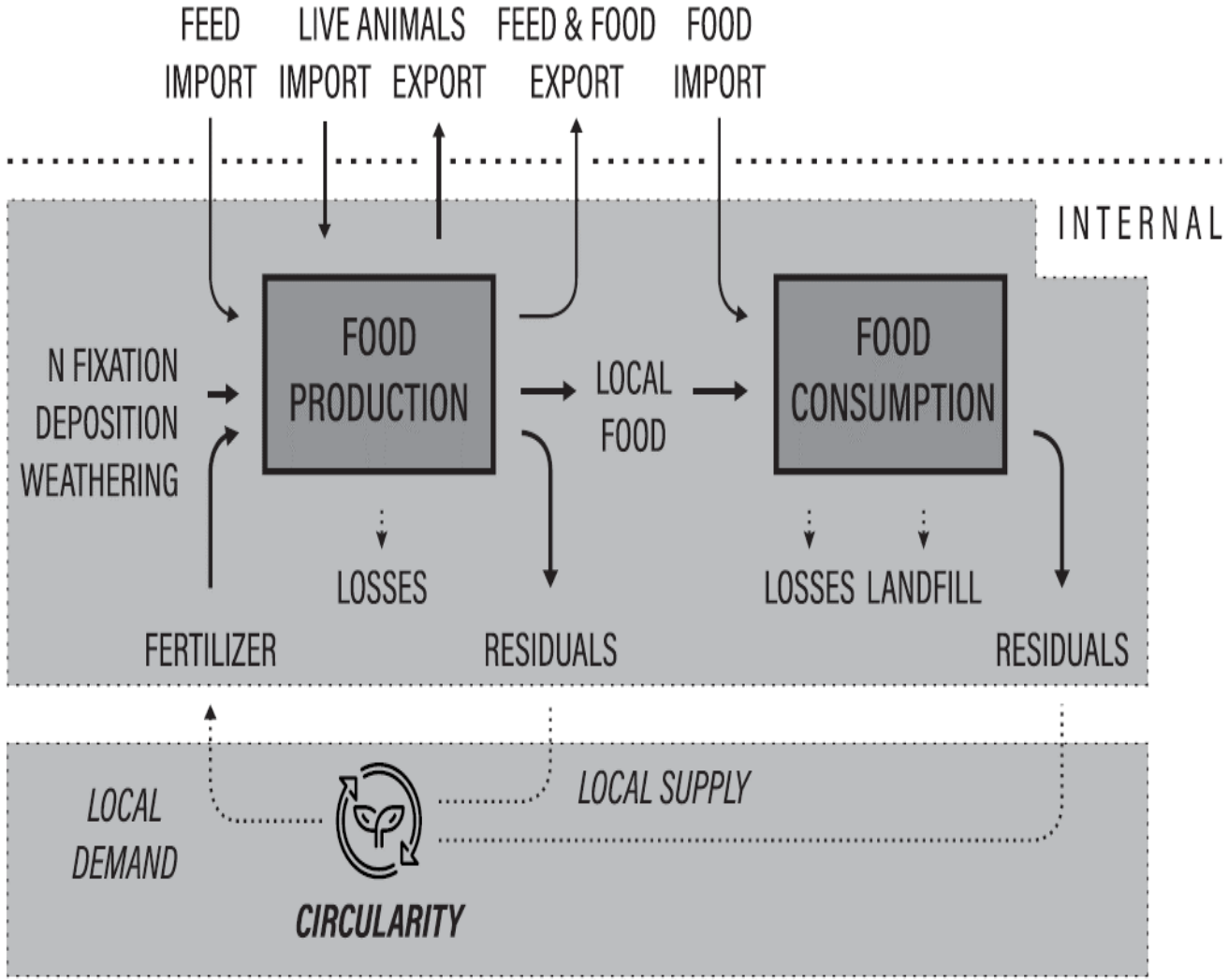
รูปแบบที่ 2: การรั่วไหลลงสู่สิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลพิษทางน้ำและอากาศ

- ☑ การรั่วไหลเหล่านี้อาจเกิดมาจากการชะล้าง (เมื่อสารอาหารลงไปในดินจนถึงระดับน้ำหรือน้ำใต้ดิน
- ☑ การระเหยกลายเป็นไอของกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นในดิน
- ☑ การไหลบ่าหรือการกัดเซาะที่เกิดจากน้ำชะหน้าดิน

ระเบียบวิธีวิจัย: ตัวชี้วัดย่อยที่ 1 : การหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient Circularity)

ระเบียบวิธีการ: ขั้นตอนที่ 1

กำหนดขอบเขตพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจงที่ต้องการศึกษา และพิจารณาการไหลของสารอาหารภายในและการไหลของสารอาหารที่เกี่ยวข้องแต่ข้ามขอบเขตในเชิงพื้นที่ (อยู่นอกขอบเขตเชิงพื้นที่ทั้งหมด) ด้วยการจัดทำแผนที่ความเชื่อมโยงอย่างกว้างๆ ของการไหลของสารอาหารที่เข้าหรือออกจากพื้นที่ระหว่างระบบย่อยภายในและภายนอกพื้นที่ หรือการประมาณการหมุนเวียนของสารอาหารโดยเปรียบเทียบความต้องการปุ๋ยกับการผลิตพืชผล และการจัดหาธาตุอาหารที่แท้จริง หรือที่เป็นไปได้จากสารอินทรีย์ตกค้าง เช่น มูลสัตว์ เศษอาหาร



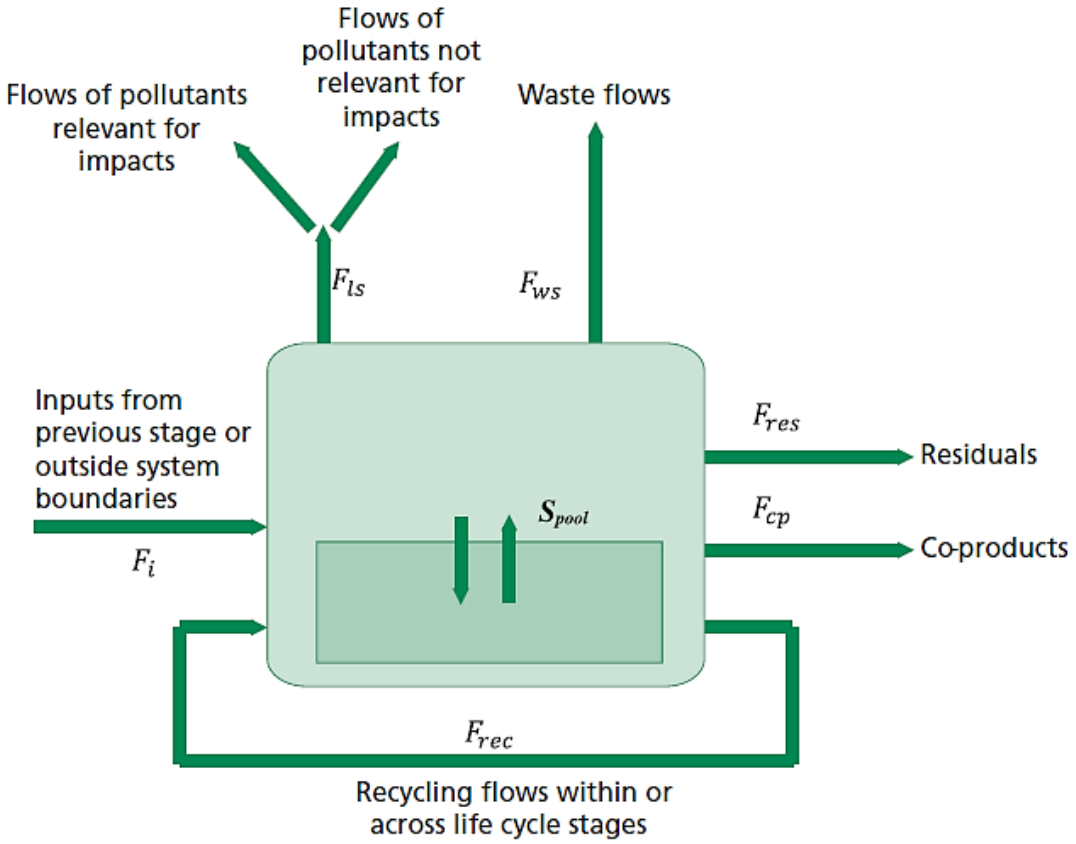
ที่มา: Robin H., Mario G., Sean S. “Towards a circular nutrient economy. A novel way to analyze the circularity of nutrient flows in food systems”. 2021. Resources, Conservation & Recycling 172 (2021) 105693.

ระเบียบวิธีวิจัย: ตัวชี้วัดย่อยที่ 1 : การหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient Circularity)

- วิธีการคำนวณ

ระเบียบวิธีการ: ขั้นตอนที่ 2

วิเคราะห์การไหลของสารอาหาร (Substance flow analysis: SFA)



ที่มา: FAO. 2018. Nutrient flows and associated environmental impacts in livestock supply chains: Guidelines for assessment (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Rome, FAO. 196 pp.

$$F_o + S_{pool} - F_i = 0$$

F_O คือ การไหลของสารอาหารขาออกทั้งหมดซึ่งคำนวนมากจากผลรวมของสารอาหารขาออกของผลิตภัณฑ์ร่วม (F_{cp}) การไหลของเศษเหลือทิ้ง (F_{res}) และการไหลของการสูญเสียสารอาหาร (F_{ls})

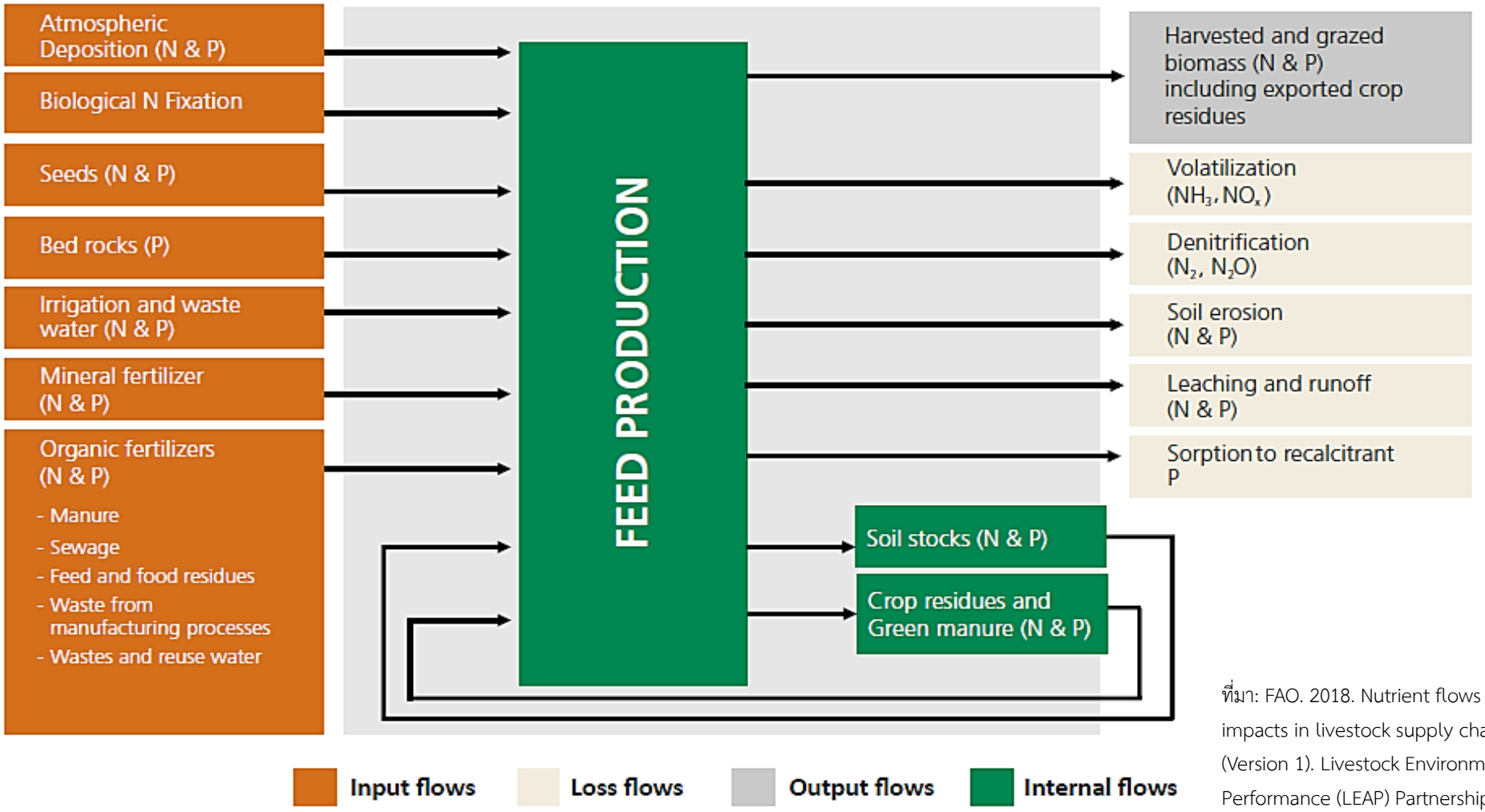
S_{pool} คือ สารอาหารที่ถูกกักเก็บไว้ในระบบที่ยังสามารถใช้ประโยชน์ได้

F_i คือ สารอาหารขาเข้าจากกระบวนการต้นน้ำ และสารอาหารที่เติมใหม่เข้าสู่ระบบ

ตัวชี้วัดกลุ่มเกษตรและธุรกิจการเกษตร

ระเบียบวิธีวิจัย: ตัวชี้วัดย่อยที่ 1 : การหมุนเวียนสารอาหาร (Nutrient Circularity)

ระเบียบวิธีการ: ขั้นตอนที่ 3 รวบรวมข้อมูลบัญชี (LCI)



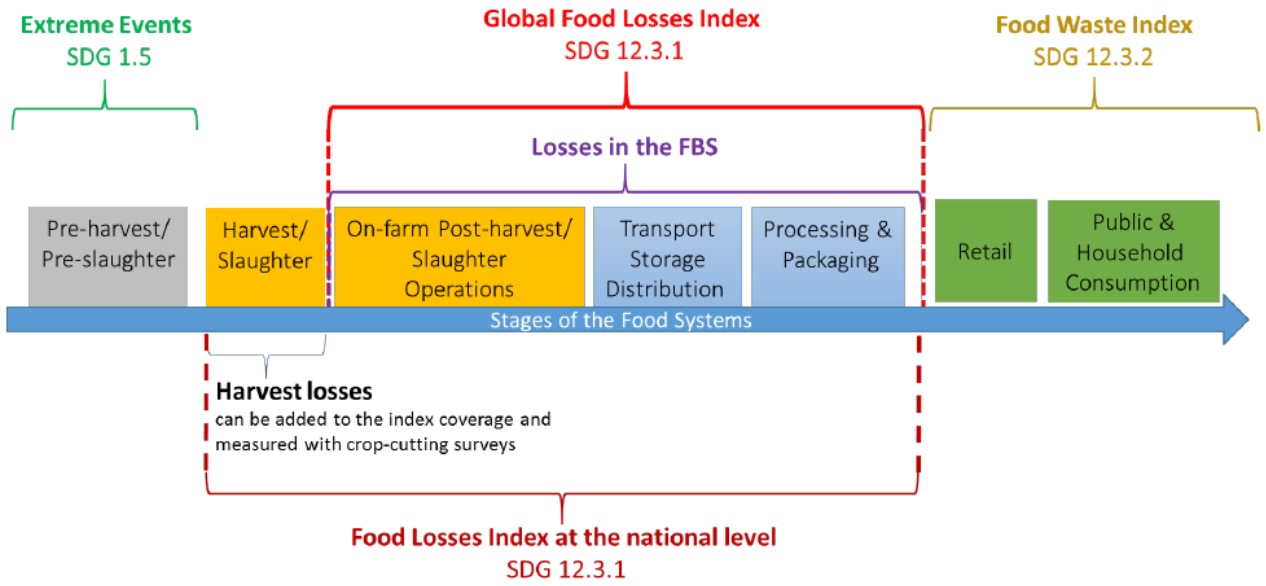
ที่มา: FAO. 2018. Nutrient flows and associated environmental impacts in livestock supply chains: Guidelines for assessment (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Rome, FAO. 196 pp.

ตัวชี้วัดย่อยที่ 2 : ดัชนีความสูญเสียอาหาร (Food Loss Index)

■ ความสำคัญ

การสูญเสียอาหารส่งผลกระทบต่อ

- ปัญหาความขาดแคลนอาหาร (ความมั่นคงด้านอาหาร)
- คุณภาพอาหาร
- ความปลอดภัย



เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

(Sustainable Development Goals: SDGs)

ตัวชี้วัดที่ 12.3.1 (a) ดัชนีการสูญเสียอาหารของโลก

(Global Food Loss Index) ครอบคลุมความสูญเสียของผลิตผลตั้งแต่แปลงเกษตรกร ภายหลังการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง การเก็บรักษา การกระจายผลิตผล การแปรรูป การบรรจุ และการขนส่งไปยังร้านค้าปลีก

ที่มา: FAO. 2011. Global food losses and food waste—extent, causes and prevention. Rome: UN FAO.

ตัวชี้วัดย่อยที่ 2 : ดัชนีความสูญเสียอาหาร (Food Loss Index)

ขั้นตอนการคำนวณการรวมการสูญเสียตลอดห่วงโซ่คุณค่า

- **วิธีการคำนวณ**

สมการการคำนวณ Food Loss Index (FLI)

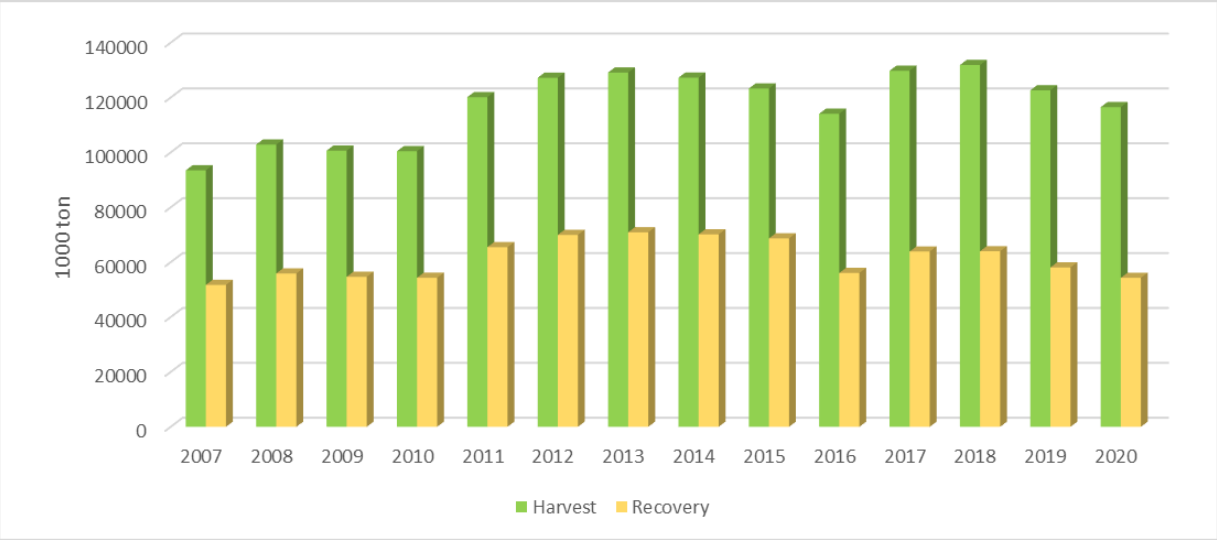
$$FLI_{it} = \frac{FLP_{it}}{FLP_{i0}} = \frac{\sum_j l_{ijt} * q_{ij0} * p_{j0}}{\sum_j l_{ij0} * q_{ij0} * p_{j0}} * 100$$

FLP_{it} = ร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียอาหารของประเทศในปีปัจจุบัน
FLP_{it0} = ร้อยละค่าเฉลี่ยการสูญเสียอาหารของประเทศในปีฐาน
i = ประเทศ
j = กลุ่มประเภทอาหาร (Commodity)
t = ปี และ t_0 = ปีฐาน
l_{ijt} = ร้อยละการสูญเสียอาหารของประเทศ (i) ของกลุ่มประเภทอาหาร (j) ในปีที่ประเมิน (t)
q_{ijt0} = ปริมาณการผลิตของประเทศ (i) ของกลุ่มประเภทอาหาร (j) ในปีฐาน (t_0)
p_{j0} = ราคาเฉลี่ยสากลระหว่างปี ค.ศ. 2004 – 2006 ($) ของกลุ่มประเภท อาหาร (i)

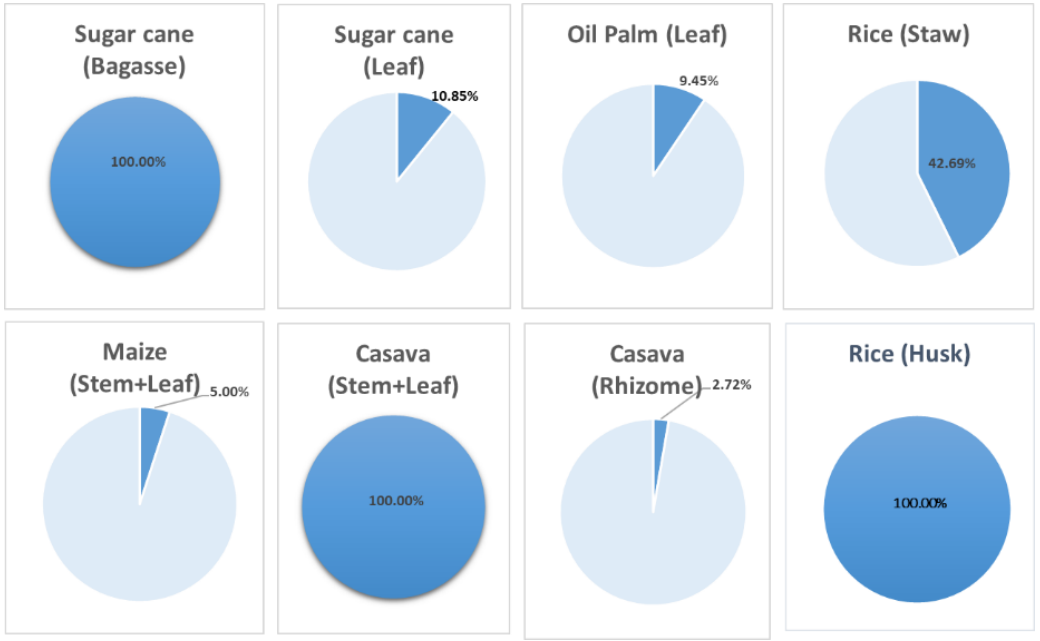
ตัวชี้วัดย่อยที่ 3 : ปริมาณการนำเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์

- **ความสำคัญ**

ปริมาณการเกิดเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรและ
ปริมาณการนำเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์



สัดส่วนการนำเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์



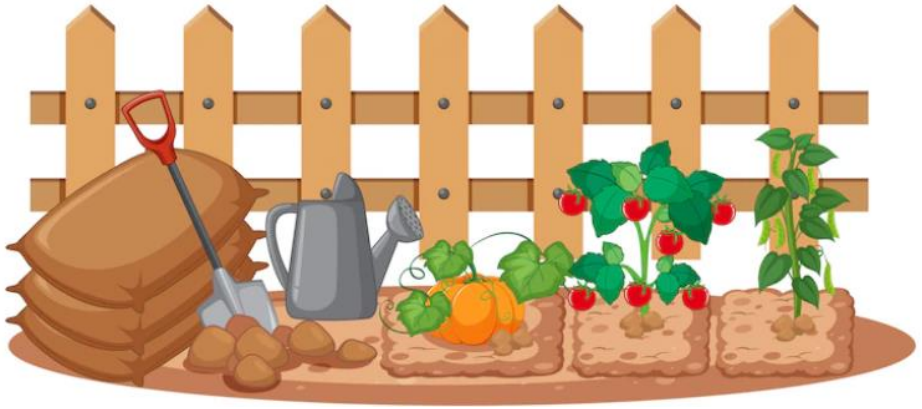
สัดส่วนการนำเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ร้อยละ 47 ในปี พ.ศ. 2563 โดยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ใบและยอดอ้อย ใบและทางปาล์ม ยอด ใบ และลำต้นข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีปริมาณการนำไปใช้ประโยชน์น้อยกว่าร้อยละ 11% ดังนั้นการนำของเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร จะสามารถช่วยลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรอีกด้วย

ตัวชี้วัดย่อยที่ 3 : ปริมาณการนำเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์

- **วิธีการคำนวณ**

การคำนวณ ประกอบด้วย 2 ตัวแปร

1. Harvest factor คือ สัดส่วนการเกิดเศษเหลือทิ้ง
2. Recovery rate คือ สัดส่วนการนำไปใช้ประโยชน์

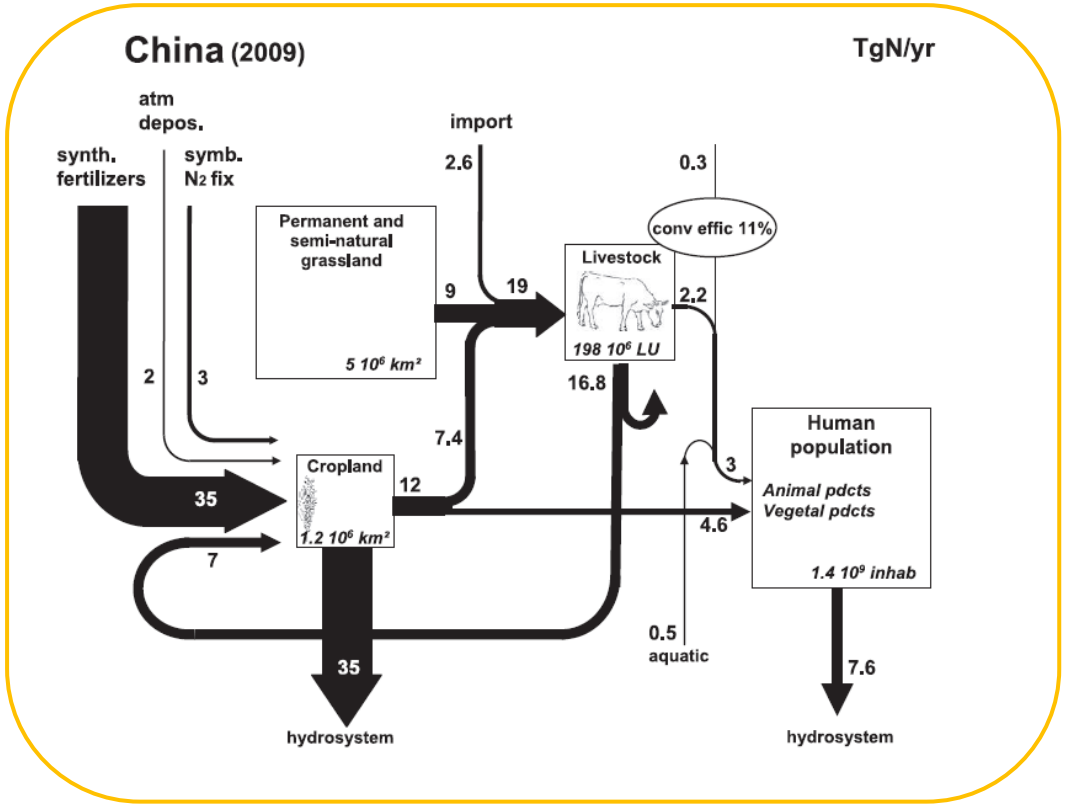


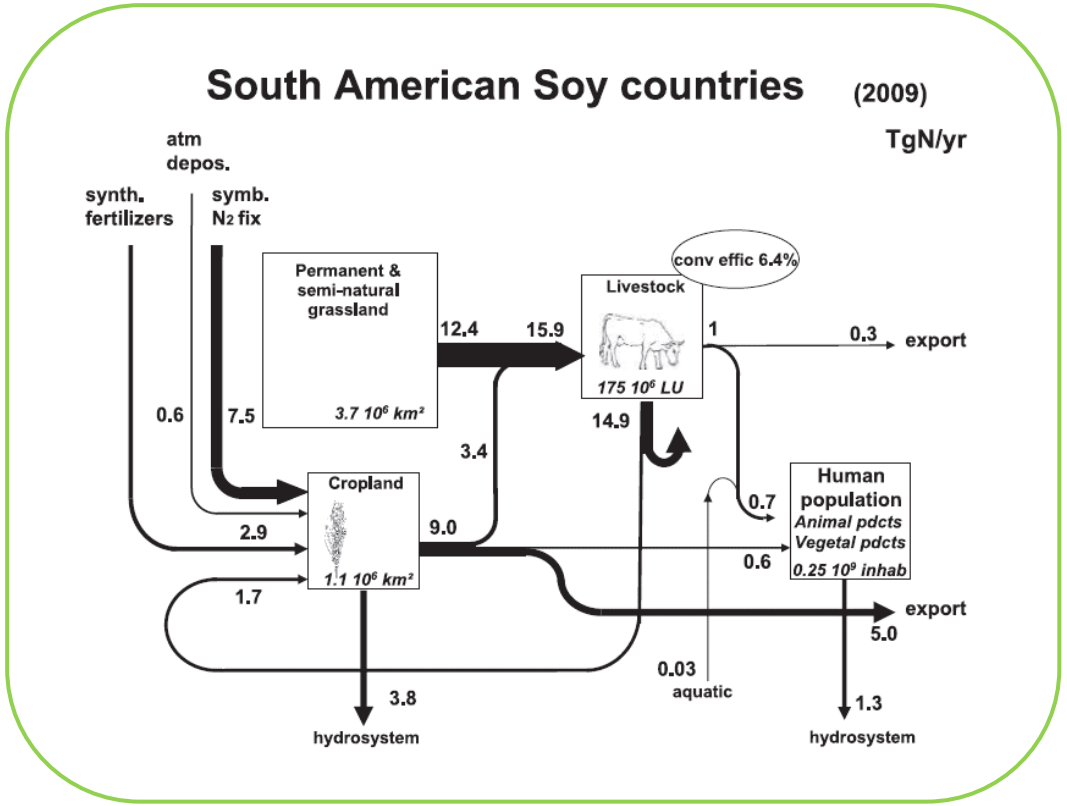
สมการการคำนวณ

Available crop residues [T (as is weight)] = Primary crop harvest [T (as is weight)] * Harvest factor

Used crop residues [T (as is weight)] = Available crop residues [T (as is weight)] * Recovery rate

การนำแนวคิดการประเมินการหมุนเวียนของสารอาหารไปใช้ประโยชน์

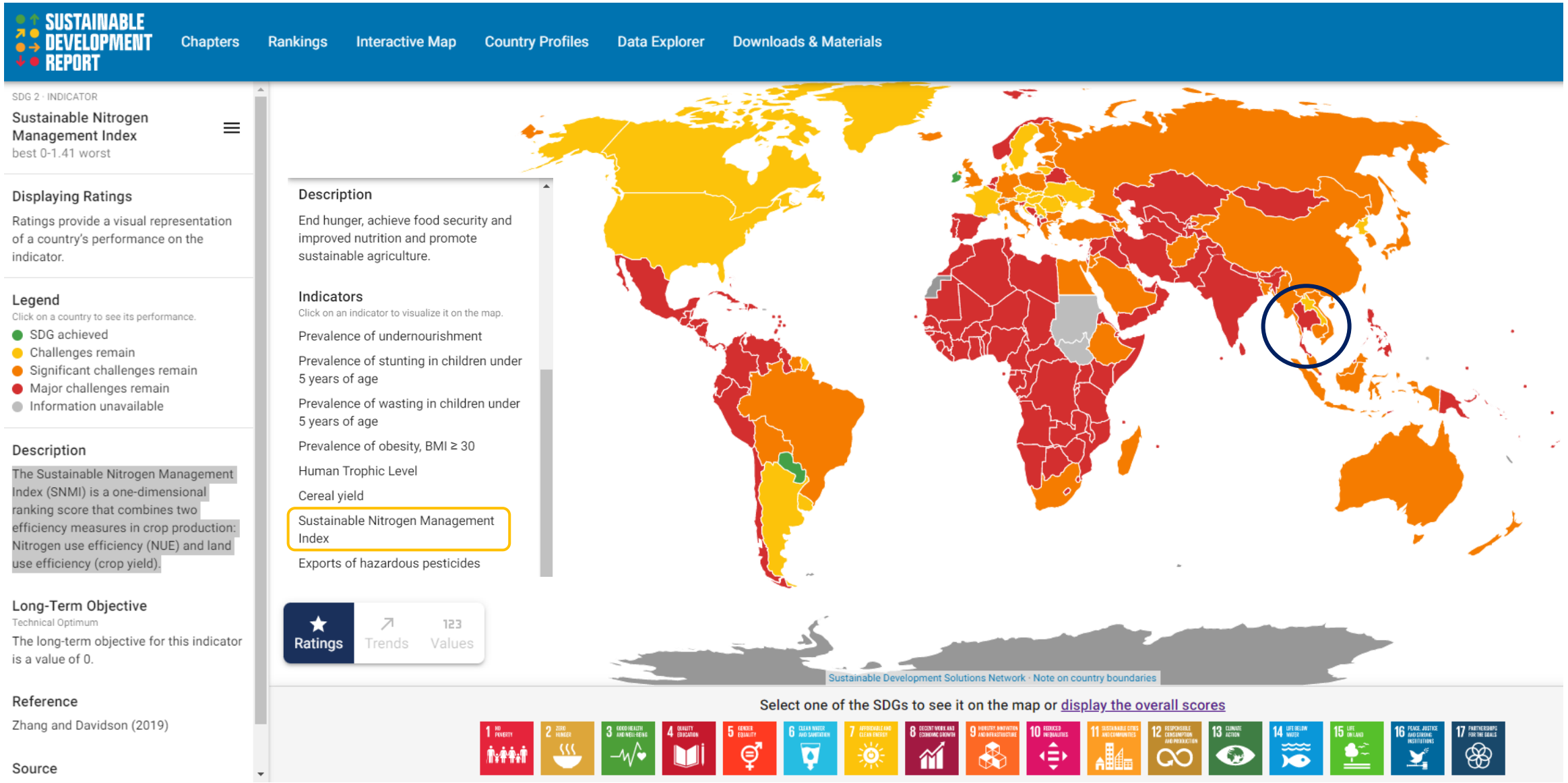




- งานวิจัยนี้ใช้การศึกษาบนพื้นฐานของ SFA โดยพิจารณาสารอาหารไนโตรเจน (โปรตีน) ตั้งแต่จากปุ๋ยสู่พืช (ฟาร์ม) และจากฟาร์มไปจนถึงปศุสัตว์ และโภชนาการของมนุษย์ นอกจากนี้ยังรวมถึงการสูญเสียไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่ และประเมินค่าออกมาเป็นประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (NUE)
- ผลจากการศึกษาสามารถพิจารณาการไหลของไนโตรเจนที่ได้จากการผลิตอาหาร และอาหารสัตว์นำมาวิเคราะห์ความแตกต่างใน 12 ภูมิภาคทั่วโลกที่มีวิธีการจัดการทางการเกษตรที่แตกต่างกัน

Ref. Bernou Zoë van der Wiela and et al. Restoring nutrient circularity: A review of nutrient stock and flow analyses of local agro-food-waste systems. Conservation & Recycling 160 (2020) 104901

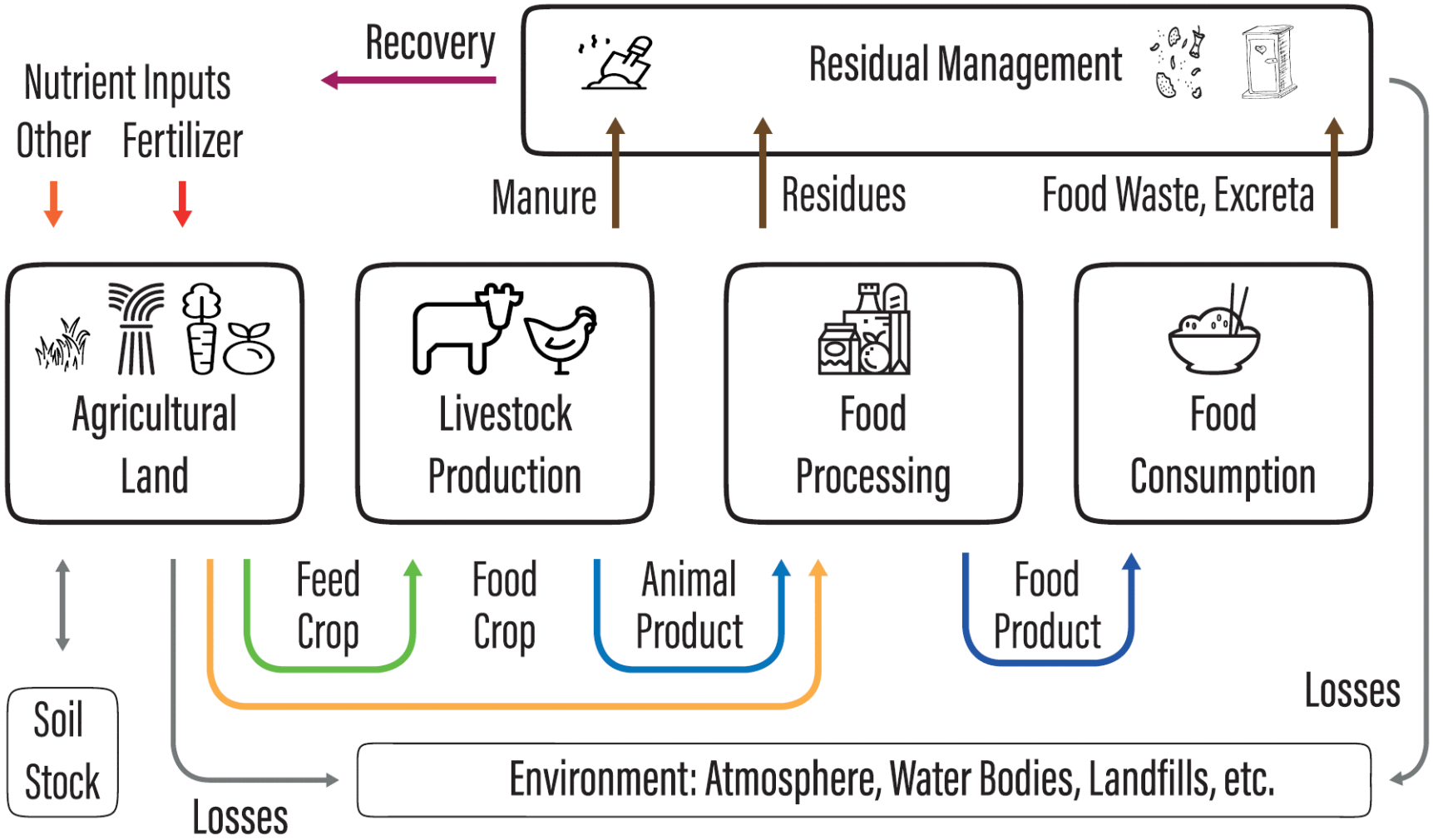
การนำแนวคิดการประเมินการหมุนเวียนของสารอาหารไปใช้ประโยชน์



Ref: https://dashboards.sdgindex.org/map/goals/SDG2

ขอบเขตการศึกษาการหมุนเวียนสารอาหารของระบบเกษตรและอาหาร ตั้งแต่การผลิต การแปรรูป และการการบริโภคของมนุษย์

พิจารณาสารอาหาร 5 ประเภท
- โปรตีน
- ไขมัน
- คาร์โบไฮเดรต
- วิตามิน
- เกลือแร่



Ref. Robin H., Mario G., and Sean S. “Towards a circular nutrient economy. A novel way to analyze the circularity of nutrient flows in food systems” Resources, Conservation & Recycling 172 (2021) 105693

ประโยชน์ในการทำ CE ของการเกษตร

- ลดการพึ่งพาการนำเข้าโปรตีน ปุ๋ยและพลังงานฟอสซิล
- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- เพิ่มพื้นที่กักเก็บ C ของดิน
- ลดการใช้สารกำจัดศัตรูพืช
- ฟื้นฟูสุขภาพของระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ
- การปรับใช้และการทำการเกษตรบนพื้นฐานระบบนิเวศด้วยดินที่สมบูรณ์ เพิ่มความยืดหยุ่นของระบบการเกษตรและปศุสัตว์

Food/feed grade status

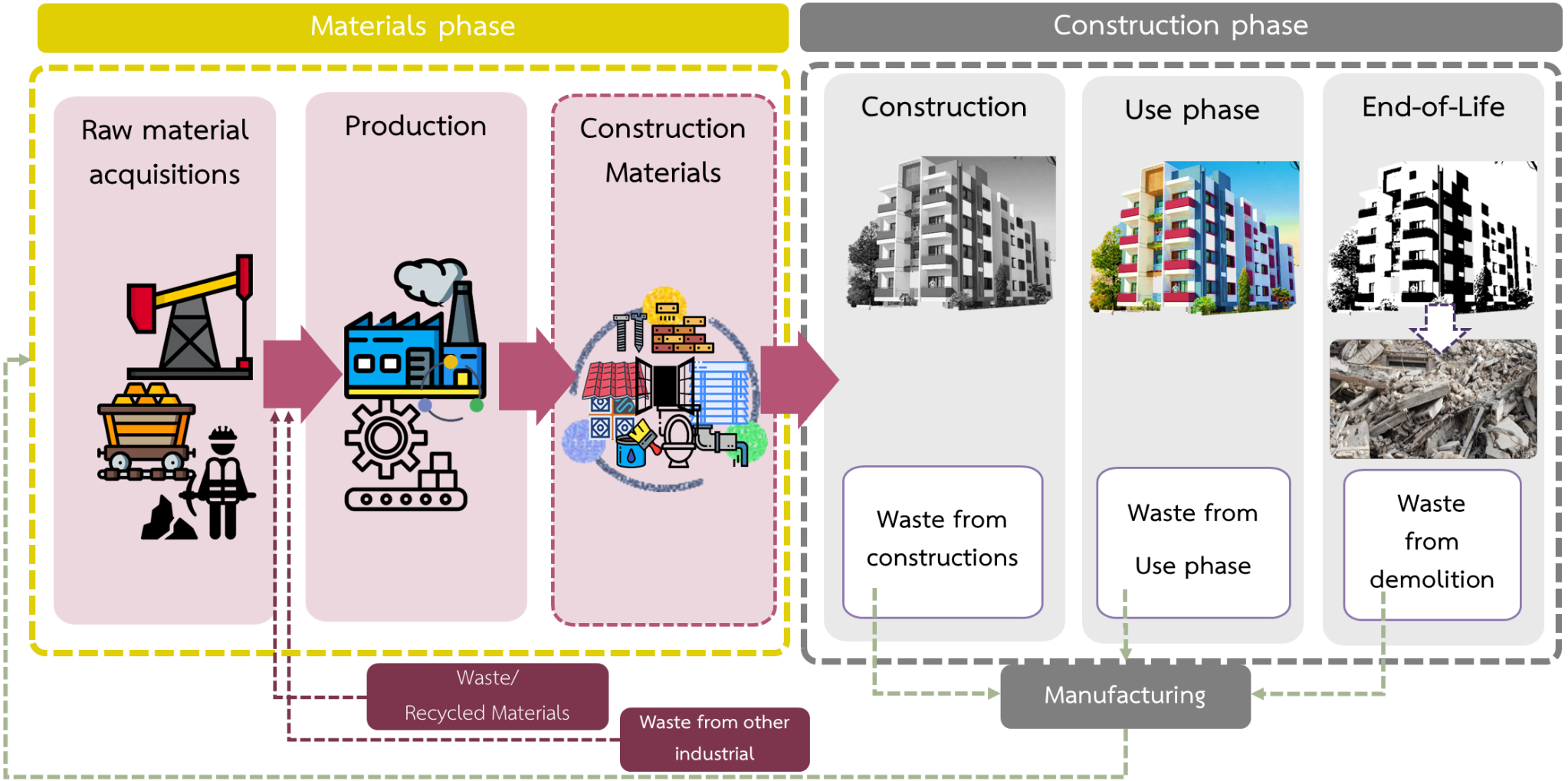
Land use ratio

The proximity of origin to feed mill

Nutrient digestibility

Construction sector

Framework construction sector



Five main stages
Lifecycle stages of CDW
(L.A. Lopez Ruiz et al. (2020)

01	Recycling	RPI MCI MRS CC CEI PLCM RI CM SICE
02	End-of-life management	PR-MCDT EOLI PVR EOLI-DM
03	Remanufacturing	PLCM EEVC REPRO2 CM
04	Resource Efficiency	EVR TQP
05	Disassembly	eDiM EDT DEI
06	Lifetime extension	MCI CM
07	Waste management	MCI EZWP SICE
08	Reuse	CC SICE
09	Multidimensional indicator	CET CDG CEIP MCDA-ML

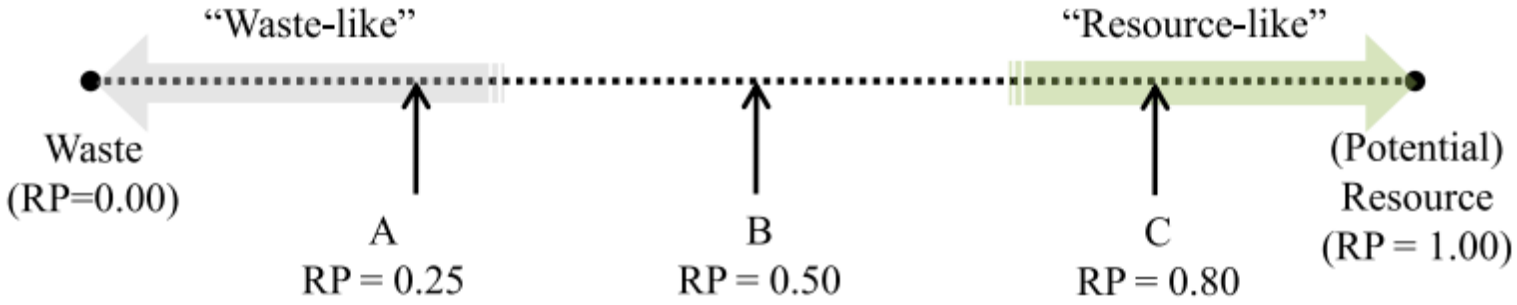
- Single quantitative
- Analytical tools
- Composite indicator sets

ศักยภาพการนำกลับมาใช้ใหม่ (RPI)

ความสำคัญ

ศักยภาพการนำกลับมาใช้ใหม่ หรือ Reuse Potential Indicator (RPI) ได้ถูกพัฒนาเพื่อระบุว่าประเทศใดจัดการวัสดุที่กู้คืนได้ดีเพียงใด

ตามคำจำกัดความ เส้นทางของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ถือเป็น "resource-like" หากเทคโนโลยีการนำกลับมาใช้ใหม่/รีไซเคิลสามารถดำเนินการและเพิ่มมูลค่าได้มากกว่าต้นทุนการกำจัด กล่าวคือ หากกำไรที่ได้จากการขายวัสดุแปรรูปสูงกว่าต้นทุนการจัด



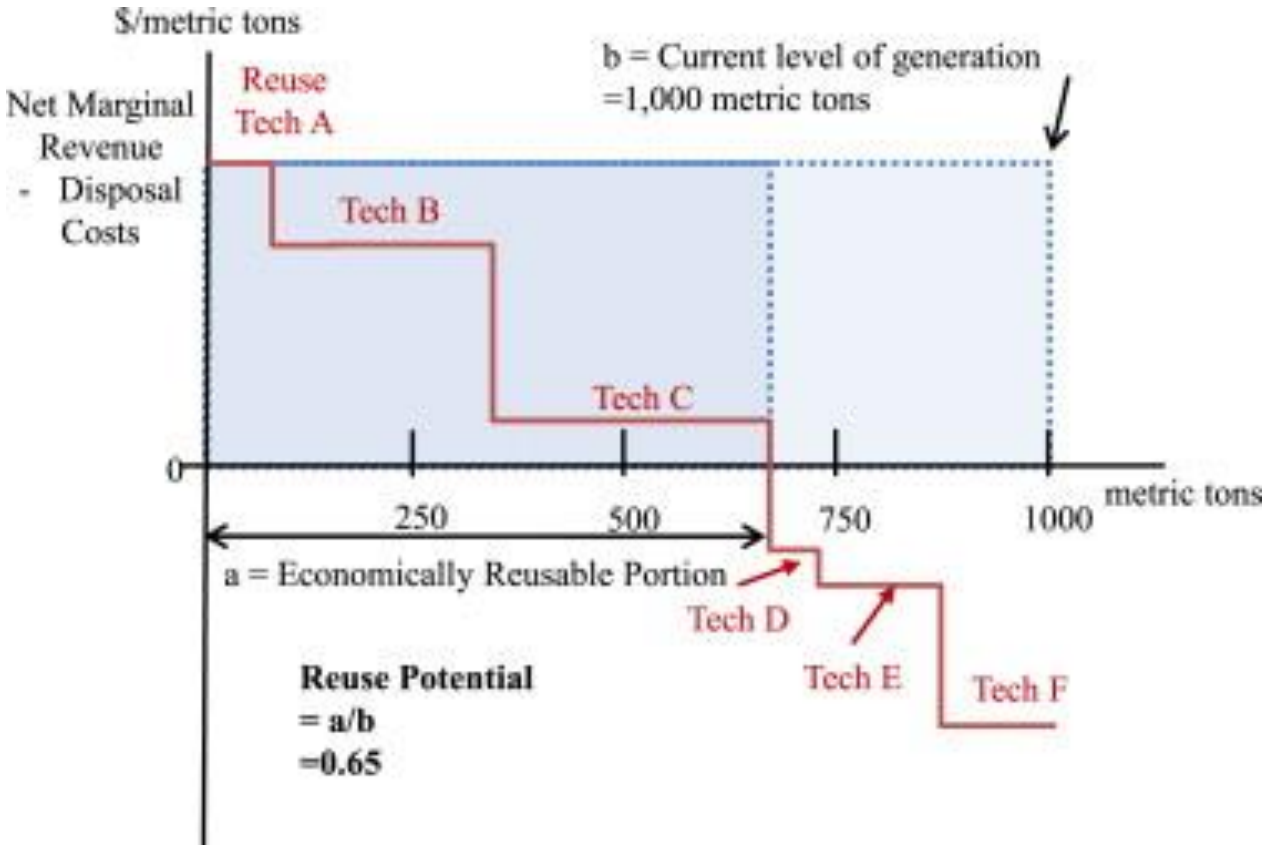
ค่า RPI สำหรับผลิตภัณฑ์ทั่วไป

จะมีค่าระหว่าง 0 (waste-like) ถึง 1 (resource-like).

Source: Park and Chertow (2014)

ศักยภาพการนำกลับมาใช้ใหม่ (RPI)

วิธีการคำนวณ



$$RPI = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i M_i}{\sum_{i=1}^{n} M_i}$$

เมื่อ

R_i คือ 1 , หากรายได้ส่วนเพิ่มสุทธิมากกว่าต้นทุนการกำจัด และเป็น 0 ถ้าเป็นอย่างอื่น เช่น ต้นทุนการใช้ซ้ำ (หลังผู้บริโภค) มากกว่าต้นทุนการกำจัด R_i คือ 1

i คือ เส้นทางของวัสดุที่กู้คืน

n คือจำนวนเส้นทางทั้งหมดที่มีอยู่ในประเทศ

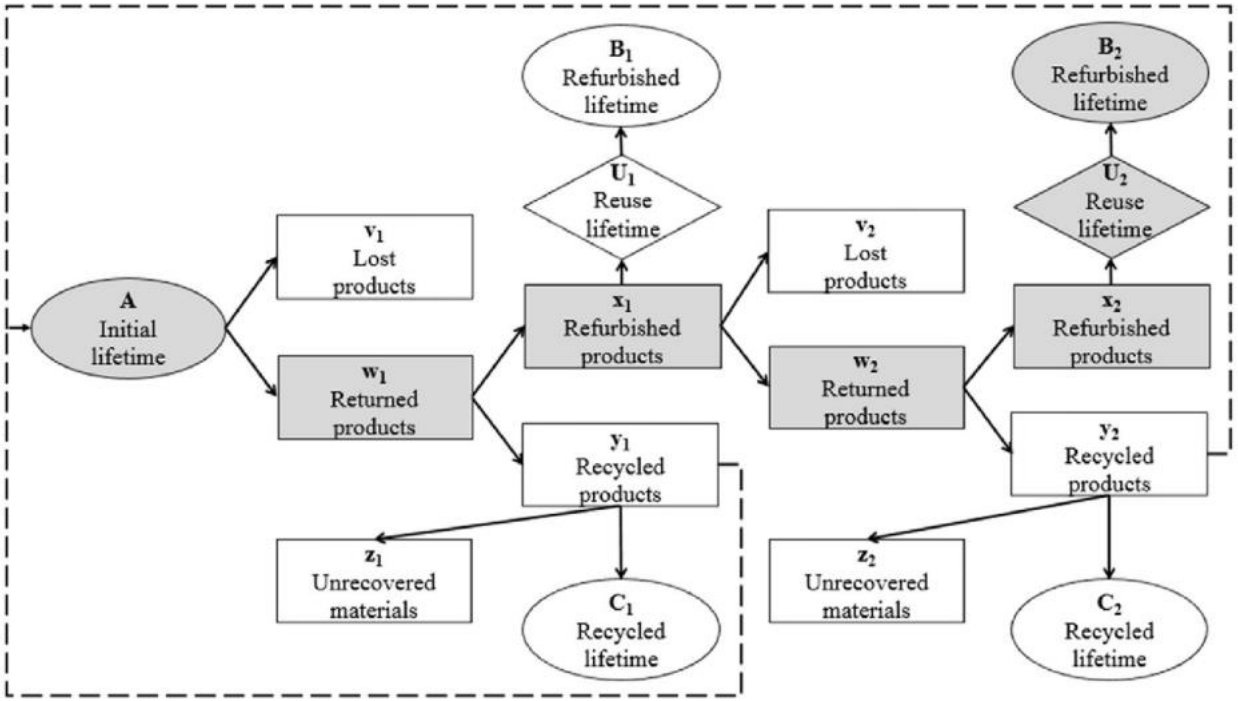
M_i คือมวลของวัสดุที่กู้คืนซึ่งถูกประมวลผลโดยเทคโนโลยี i ของเส้นทาง i

Source: Park and Chertow (2014)

Longevity Indicator (LI)

ความสำคัญ

Longevity Indicator (LI) ตัวบ่งชี้อายุขัยแสดงถึงระยะเวลาที่วัสดุ/ผลิตภัณฑ์ยังคงอยู่ในระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน สะท้อนให้เห็นว่าทรัพยากรหรือผลิตภัณฑ์จะได้รับการฟื้นฟูในกระบวนการนี้นานแค่ไหน อายุขัยของทรัพยากรภายในผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การใช้งานจนถึงสิ้นอายุการใช้งาน คือ การวัดระยะเวลาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์และการใช้วัสดุ



The potential lifecycle flows

การคำนวณอายุขัย

อายุการใช้งานเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (A)

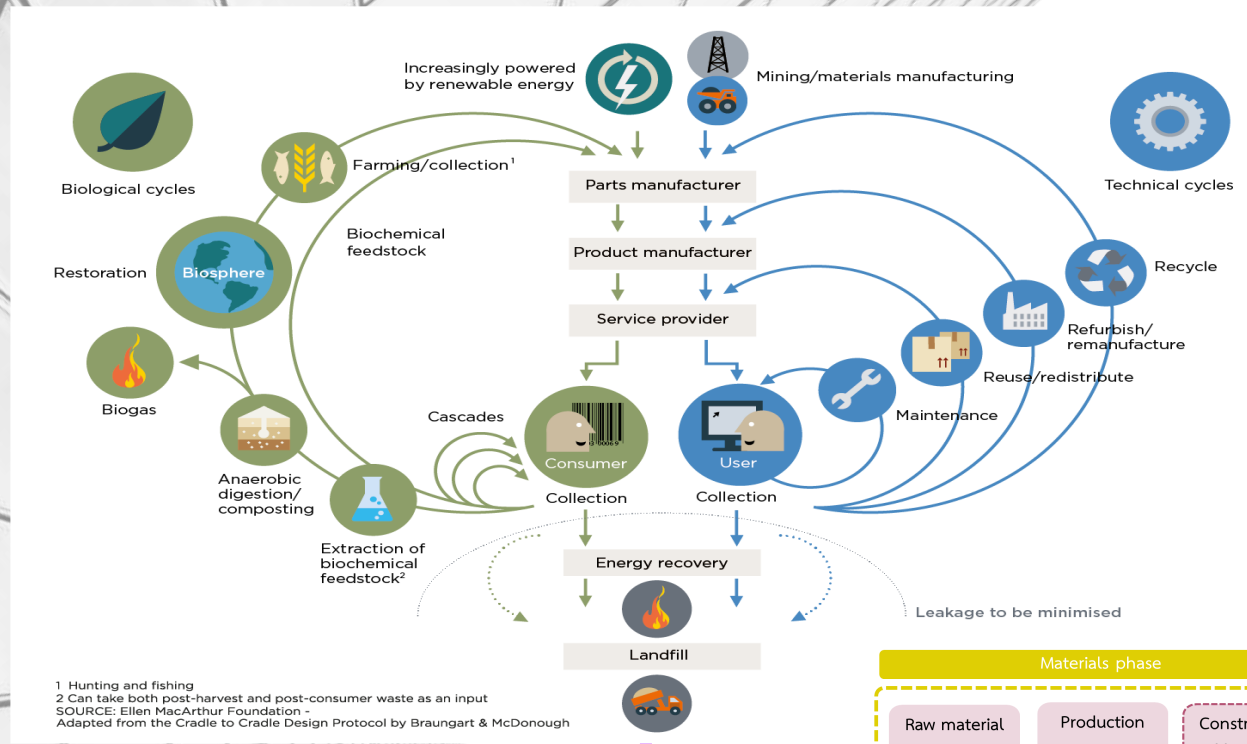
อายุการใช้งานที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ (B)

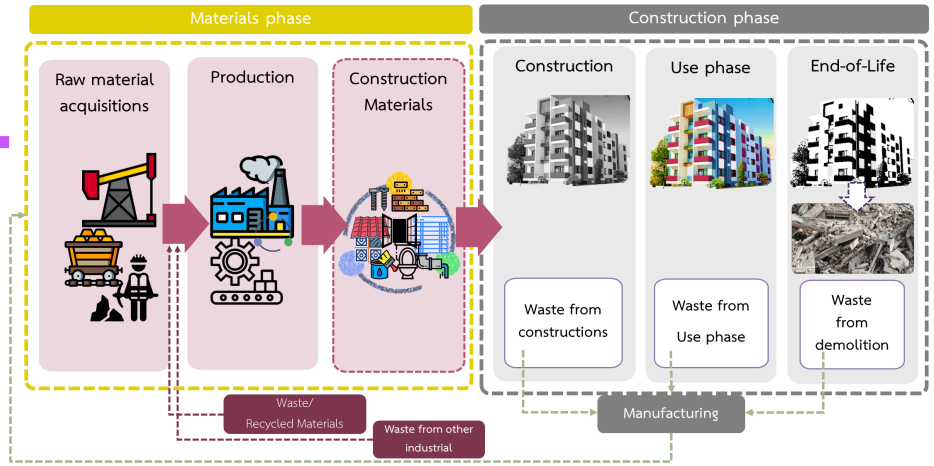
อายุการที่ถูกรีไซเคิล (C)

แม้ว่าอายุการใช้งานเริ่มต้นจะใช้งานเพียงครั้งเดียวและตรงไปตรงมา แต่อีก 2 ช่วงที่เหลือกลับซับซ้อนกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์บางส่วนสามารถกู้คืนได้หลายครั้ง

Source: Franklin-Johnson et al. (2016)

CE Framework based on 3 strategies





Closing loop

- Creating a circular flow of resource
- Resulting from the use phase

Slowing loops

- Lengthening the use and reuse of product such as repair, refurbishment and remanufacture

Narrowing loops

- Reducing the use of resource
- Maximizing efficiency in production processes.

Circular metrics in

Construction → Virgin material (reduce)

(L.A. Lopez Ruiz et al. (2020)

การหมุนเวียนของวัสดุ (MCI)

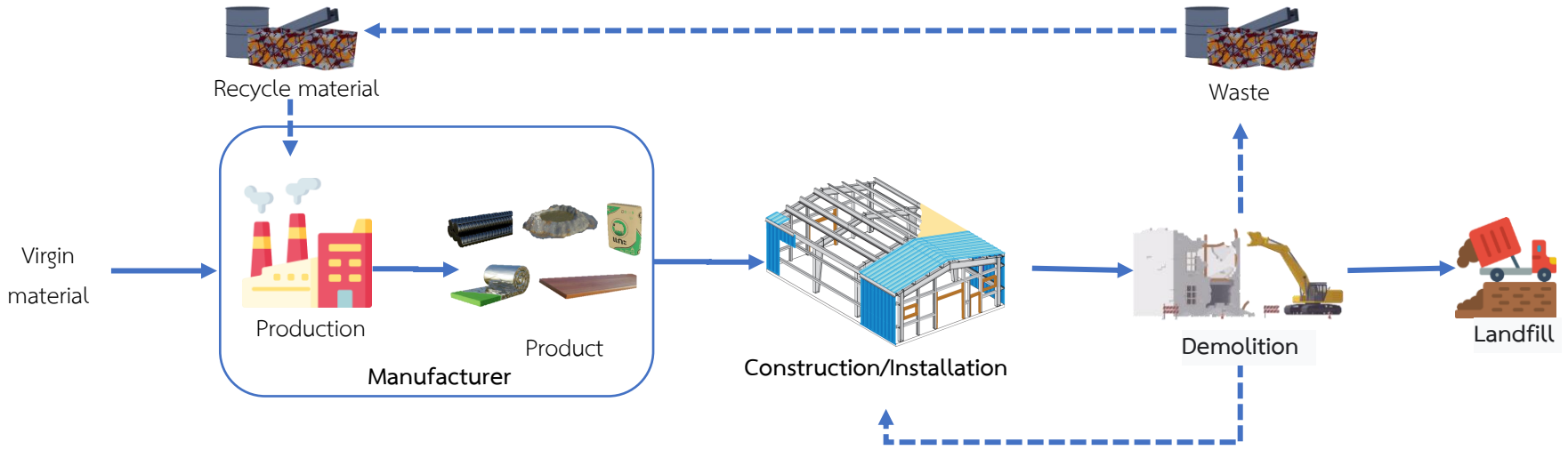
ความสำคัญ

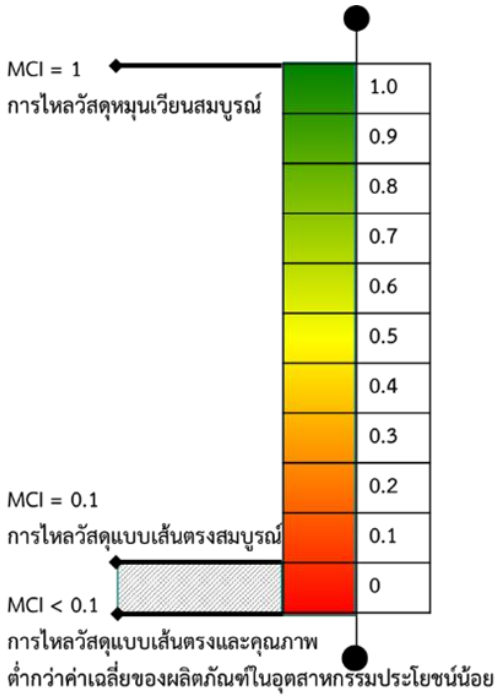
การหมุนเวียนของวัสดุ หรือ Material Circularity Indicator (MCI) ของผลิตภัณฑ์ (พัฒนาโดย Ellen MacArthur Foundation และ Granta Design ภายใต้โครงการ LIFE ของสหภาพยุโรป) เป็นตัวชี้วัดที่สะท้อน

- ❑ ระดับการใช้วัตถุดิบที่ได้มาจากธรรมชาติและจากการ Reuse/Recycle (Virgin, Reused และ Recycled Feedstock) ในกระบวนการผลิต
- ❑ ระยะเวลาที่ใช้ผลิตภัณฑ์

ค่า MCI สำหรับผลิตภัณฑ์ทั่วไป จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

แนวคิดการหมุนเวียนของวัสดุ





การหมุนเวียนของวัสดุ (MCI)

วิธีการคำนวณ

Linear Flow Index (LFI) หรือตัววัดสัดส่วนของวัสดุที่ไหลในรูปแบบเส้นตรงซึ่งได้มาจากวัตถุดิบใหม่และเป็นของเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ดัชนีจะมีค่าระหว่าง 1 ถึง 0 โดยที่ 1 เป็นเส้นตรงอย่างสมบูรณ์และ 0 มีหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ในระบบอย่างสมบูรณ์

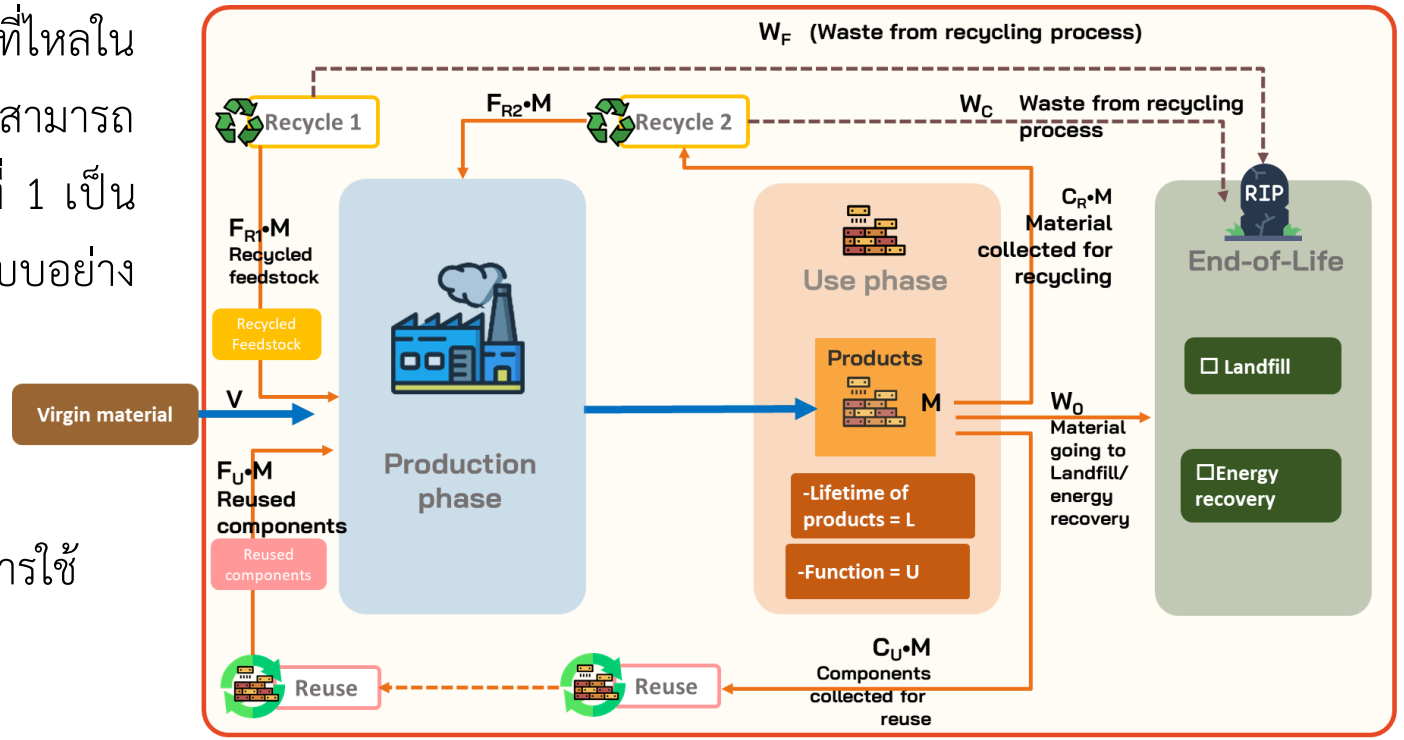
$$LFI = \frac{\sum_{\gamma} V_{\gamma} + W_{0,\gamma} + \frac{W_{F,\gamma} + W_{C,\gamma}}{2}}{\sum_{\gamma} 2M_{\gamma} + \frac{W_{F,\gamma} - W_{C,\gamma}}{2}}$$

ปัจจัยด้านสาธารณูปโภค (X) ซึ่งคำนึงถึงความยาวของระยะการใช้ผลิตภัณฑ์ (อายุการใช้งาน) และลักษณะของการใช้ผลิตภัณฑ์ (หน่วยการทำงาน)

$$X = \left(\frac{L}{L_{AVG}}\right)\left(\frac{U}{U_{AVG}}\right)$$

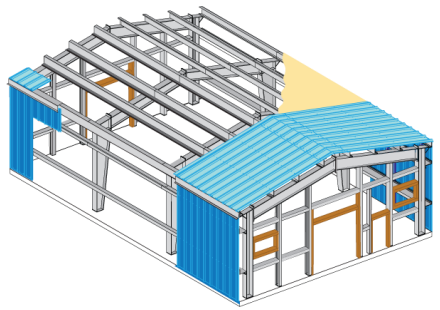
ตัวชี้วัดการหมุนเวียนของวัสดุ (Material Circularity Indicator : MCI) จะถูกคำนวณมาจาก

$$MCI = \max\left(0, 1 - LFI \times \frac{0.9}{X}\right)$$



Adopt from Ellen Macauthur Foundation(2019)

Diagrammatic representation of material flows

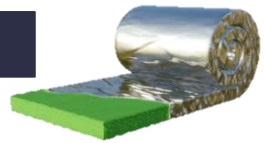


กลุ่มปูนซีเมนต์

- ปูนซีเมนต์แบบดั้งเดิม
- ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
- ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป แบบฉาบ
- ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป แบบก่อ
- ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป แบบเท

กลุ่มวัสดุกันความร้อน

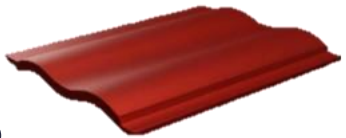
- ฉนวนกันความร้อนประเภทใยแก้ว



กลุ่มคอนกรีต

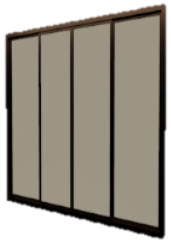
- คอนกรีตผสมเสร็จ 240 KSC
- คอนกรีตผสมเสร็จ 280 KSC

กลุ่มหลังคา



- หลังคาเมทัลชีท
- หลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์

กลุ่มประตูและหน้าต่าง (กระจก)



- ประตูและหน้าต่างกระจก วงกบอะลูมิเนียม
- ประตูและหน้าต่างกระจก วงกบ uPVC

กลุ่มเหล็ก

- เหล็กเส้น
- เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ
- เหล็กลวด

กลุ่มฝ้าเพดาน

- ฝ้าเพดานไฟเบอร์ซีเมนต์
- ฝ้าพดานแผ่นยิปซั่ม

กลุ่มกระเบื้องปูพื้น

- กระเบื้องไวนิล
- พื้นไม้ลามิเนต
- กระเบื้องเซรามิก

กลุ่มไม้และวัสดุเทียมไม้

- วัสดุเทียมไม้
- ไม้

กลุ่มท่อ

- ท่อประปา
- ท่อร้อยสายไฟ

กลุ่มอิฐ

- อิฐมวลเบา
- อิฐบล็อก
- อิฐมอญ

กลุ่มสุขภัณฑ์

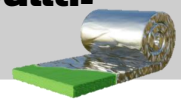
- โถสุขภัณฑ์
- อ่างล้างหน้า

ผลการศึกษา

กลุ่มวัสดุก่อสร้าง	ผลิตภัณฑ์	MCI		แนวทางการเพิ่มการหมุนเวียน	เปลี่ยนแปลง	
		Y63	Y64		MCI	GHG
ก่อและวัสดุก่อ	ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป (ฉาบ)	**0.07**	**0.14**		**94%**	**0%**
	ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป (ก่อ)	**0.18**	**0.22**		**25%**	**0%**
	ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป (เท)	**0.13**	**0.19**		**41%**	**0%**
	ปูนซีเมนต์โครงสร้าง (ดั้งเดิม)	**0.01**	**0.11**		**6.67%**	**0%**
	ปูนซีเมนต์ไฮโดรลิก	**0.15**	**0.13**		**-16.08%**	**0%**
คอนกรีต	คอนกรีตผสมเสร็จ	**0.11**	**0.13**		**17%**	**-3%**

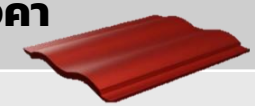
การใช้ซ้ำ/วัสดุรีไซเคิล ประสิทธิภาพ/อายุการใช้งาน ความเก็บรวบรวมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน

ผลการศึกษา

กลุ่มวัสดุก่อสร้าง	ผลิตภัณฑ์	MCI		แนวทางการเพิ่มการหมุนเวียน	เปลี่ยนแปลง	
		Y63	Y64		MCI	GHG
โลหะ	เหล็กเส้น	0.75	0.77		1.92%	0%
	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ	0.90	0.93		-0.35%	0%
	เหล็กลวด	0.61	0.54		-11.66%	0.09%
ไม้ พลาสติก และวัสดุประกอบ	วัสดุไม้	0.25	0.25		0%	0%
	วัสดุเทียมไม้	0.15	0.16		6%	0%
ป้องกันความร้อนและความชื้น 	ฉนวนใยแก้วกันความร้อน	0.50	0.57		13%	-24%

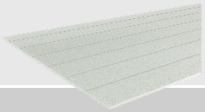
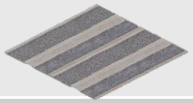
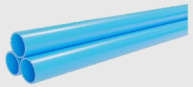
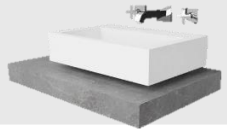
การใช้ซ้ำ/วัสดุรีไซเคิล ประสิทธิภาพ/อายุการใช้งาน ความเก็บรวบรวมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน

ผลการศึกษา

กลุ่มวัสดุก่อสร้าง	ผลิตภัณฑ์	MCI		ตัวอย่างแนวทางการเพิ่มการหมุนเวียน	เปลี่ยนแปลง	
		Y63	Y64		MCI	GHG
อิฐ	อิฐมวลเบา		**0.10**		**91%**	**-13%**
วัสดุมุงหลังคา 	หลังคากระเบื้องคอนกรีต		**0.15**		**20%**	**-9%**
	หลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์		**0.13**			
	หลังคาเหล็กรีดลอน (เมทัลชีท)		**0.01**			
กลุ่มวัสดุของประตูและหน้าต่าง (กระจก)	กระจกแผ่น วงกบ uPVC		**0.42**		**16%**	**-2%**
	กระจกแผ่น วงกบอะลูมิเนียม		**0.32**		**25%**	**-11%**

การใช้ซ้ำ/วัสดุรีไซเคิล ประสิทธิภาพ/อายุการใช้งาน ความเก็บรวบรวมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน

ผลการศึกษา

กลุ่มวัสดุก่อสร้าง	ผลิตภัณฑ์	MCI		ตัวอย่างแนวทางการเพิ่มการหมุนเวียน	เปลี่ยนแปลง	
		Y63	Y64		MCI	GHG
ฝ้าเพดาน 	ไฟเบอร์ซีเมนต์		**0.11**		**30%**	**-7.1%**
	แผ่นยิปซั่ม		**0.10**		**45%**	**-7%**
วัสดุปูพื้น 	กระเบื้องเซรามิก		**0.12**		**144%**	**-28.30%**
	หลังคาเหล็กรีดลอน (เมทัลชีท)		**0.01**			
วัสดุท่อ 	ท่อในระบบประปา		**0.12**		**112%**	**-43%**
	ท่อในระบบไฟฟ้า		**0.12**		**115%**	**-10%**
สุขภัณฑ์ 	สุขภัณฑ์เซรามิก		**0.12**		**103%**	**-8.13%**

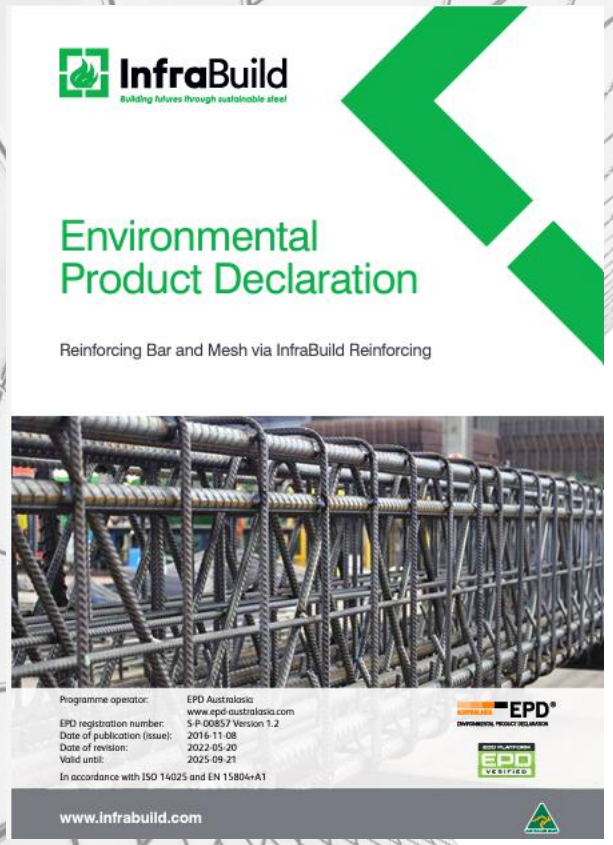
การใช้ซ้ำ/วัสดุรีไซเคิล ประสิทธิภาพ/อายุการใช้งาน ความเก็บรวบรวมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน

การประยุกต์ใช้ MCI

ระบบแบบจำลองสามมิติค่าการหมุนเวียนในอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยระบบนี้นำเสนอและติดตามค่าการหมุนเวียนของวัสดุของประเทศไทย

https://www.nstda-tiis.or.th/3d-mci-bm

circularity in construction EPDs



What this looks like in practice

As part of the development of this EPD, thinkstep-anz were commissioned to develop an MCI for the products in this EPD.

For the Reinforcing Bar products (page 16), their MCI score of 0.696 shows a good level of circularity, reflecting a high proportion of recycled steel input as well as their recyclability potential at end of life.

For the Reinforcing Mesh products (page 19), their MCI score of 0.581 shows these products are moving towards greater circularity, reflecting their recycled steel content as well as their recyclability potential at end of life.

Increased use of the MCI as a metric for infrastructure projects will help the industry to improve resource efficiency across the whole life of a project. InfraBuild is playing its part by transparently providing MCI results in all EPDs.

In a broader sense, and in line with the objectives of the MCI according to the Ellen McArthur Foundation, this MCI provides InfraBuild with important information to add to its growing sustainability picture. Although this MCI only applies to one of many products, it is nonetheless vital information as production shifts from a linear model to a circular one.

Building circularity into EPDs

https://www.think-epd.com/news/circularity-in-construction-epds-infrabuild/

CE for Consumer Information

ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน (Circular Mark)
มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียน (Carbon Footprint of Circular Economy Product :CE-CFP)
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก,)

TECHNICAL COMMITTEES
ISO/TC 323
Circular economy

International Organization for Standardization (ISO)

ISO 14025

Complete Document

Environmental Labels and Declarations – Type III Environmental Declarations-2006
International Organization for Standardization (ISO)

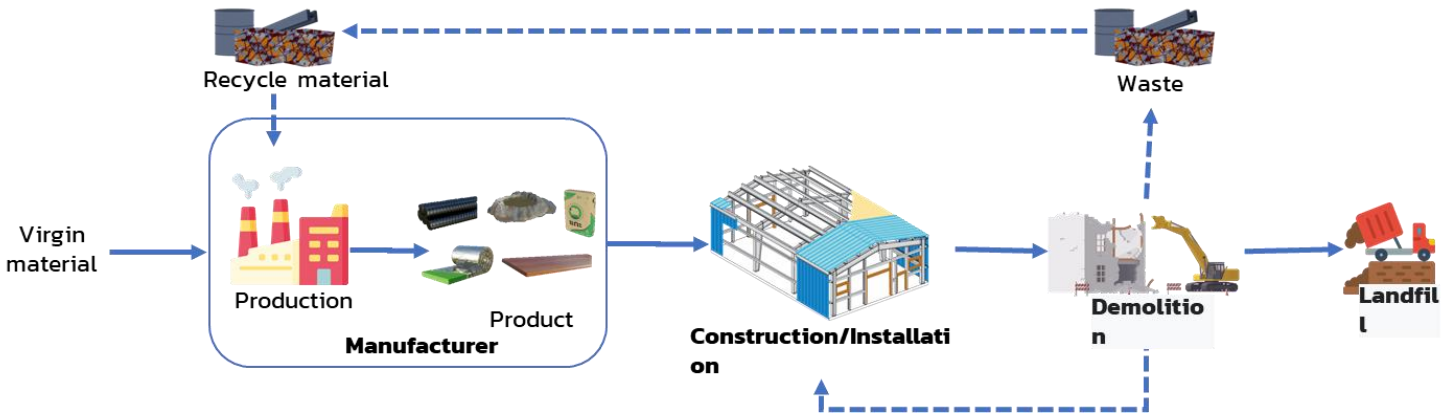
การหมุนเวียนของวัสดุและอาคาร (MCI & BCI)

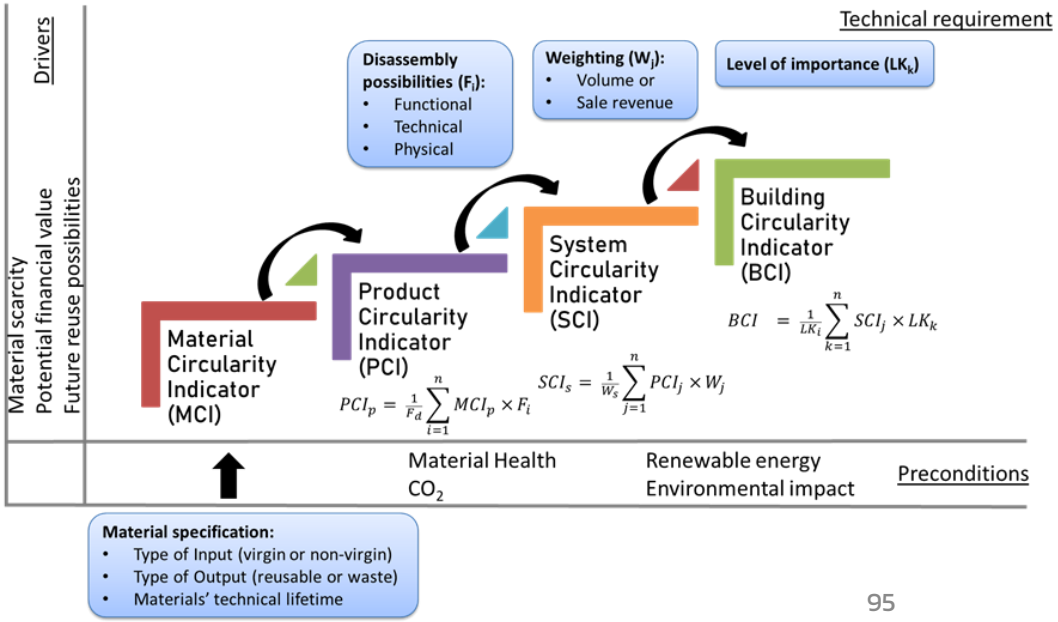
ความสำคัญ

การหมุนเวียนของวัสดุ หรือ Material Circularity Indicator (MCI) ของผลิตภัณฑ์ (พัฒนาโดย Ellen MacArthur Foundation และ Granta Design ภายใต้โครงการ LIFE ของสหภาพยุโรป) เป็นตัวชี้วัดที่สะท้อน

- ❑ ระดับการใช้วัตถุดิบที่ได้มาจากธรรมชาติและจากการ Reuse/Recycle (Virgin, Reused และ Recycled Feedstock) ในกระบวนการผลิต
- ❑ ระยะเวลาที่ใช้ผลิตภัณฑ์

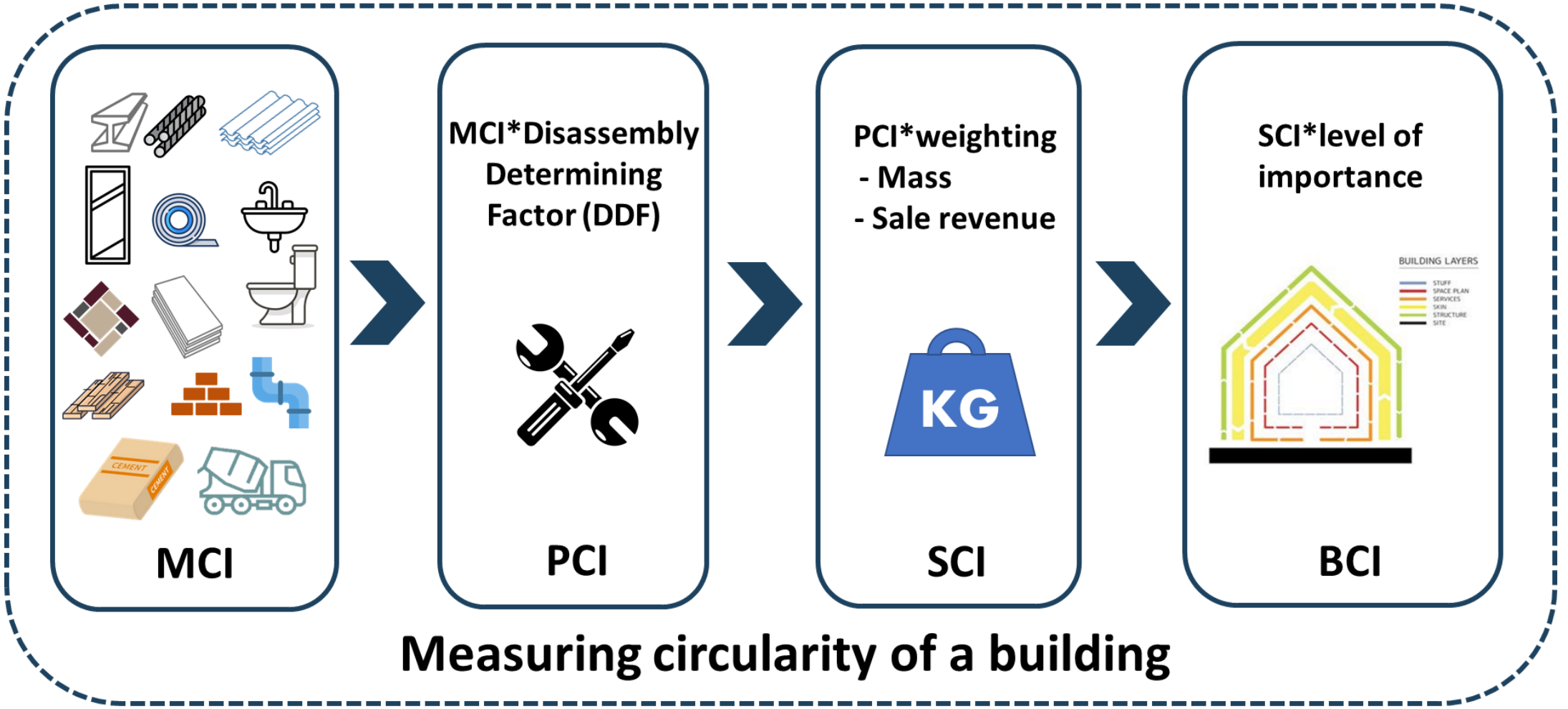
แนวคิดการหมุนเวียนของวัสดุ



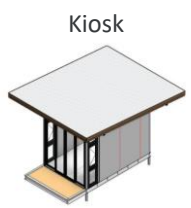


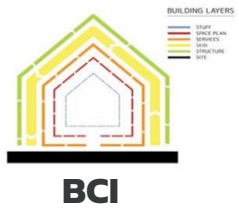
Building Circularity Indicator

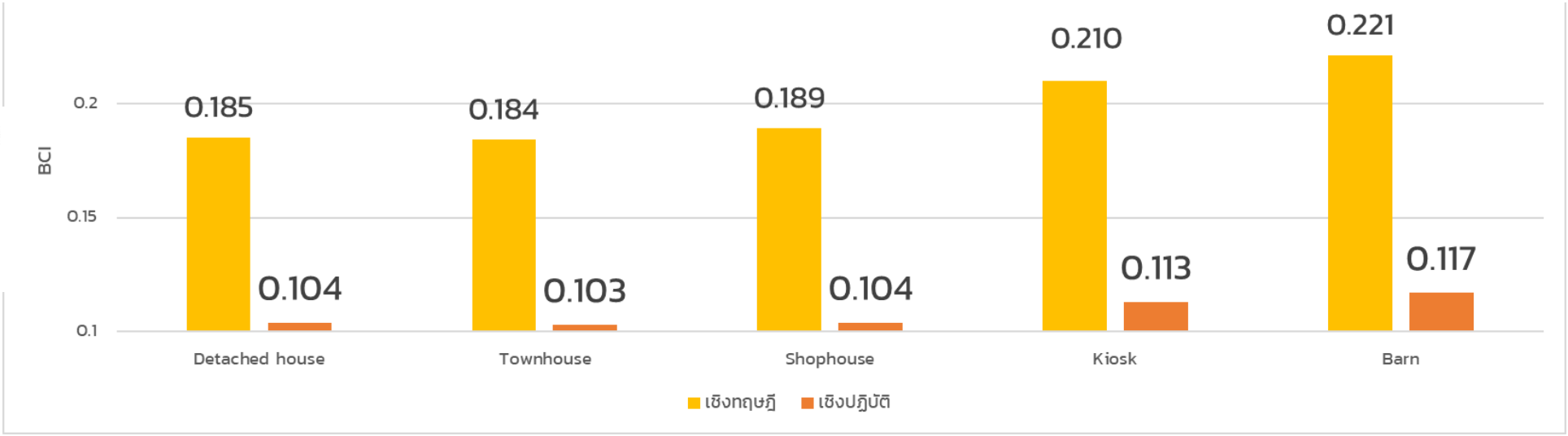
กรอบแนวคิดและแนวทางการประเมินการหมุนเวียนของอาคาร



BUILDING CIRCULARITY INDICATOR







เมื่อพิจารณาการประเมิน BCI เชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ พบว่า BCI ทั้งสอง มีความแตกต่างกันถึง 78 – 90 % จะเห็นได้ว่าการออกแบบสำหรับการถอดประกอบมีอิทธิพลต่อการประเมินการหมุนเวียนของอาคารอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการตัดแต่งวัสดุก่อสร้างและลักษณะการเชื่อมต่อ ยกตัวอย่างเช่น การเลือกใช้กระเบื้องยางเป็นวัสดุปูพื้น ซึ่งมีลักษณะในการติดตั้งโดยใช้กาว ซึ่งเป็นสารเคมีอย่างอ่อน ซึ่งยากต่อการซ่อมแซมและการรื้อถอน นอกจากนั้น ยังทำให้วัสดุรองกระเบื้องยางเสียหายอีกด้วย

ตัวเลขที่แสดงอยู่ในระหว่างการศึกษายังไม่สามารถนำไปอ้างอิงได้

Plastic sector

The European Strategy for Plastic

THE EUROPEAN PLASTICS INDUSTRY

Almost **1.5 million** people employed

Annual turnover of **€350 billion**

18% of global plastic production each year

Action SMEs said they have taken towards better resource efficiency:

Minimising waste **65%** and **Saving energy** **63%** are the most common actions

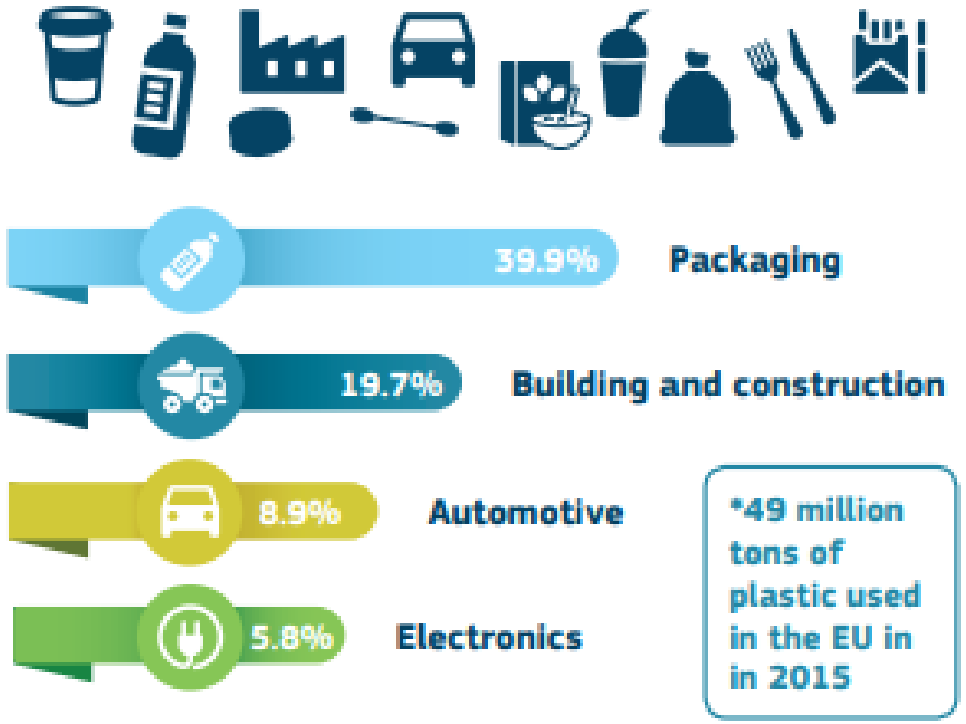
41% of SMEs consider that resource efficiency actions decreased production costs.

Source: Eurobarometer, 2018

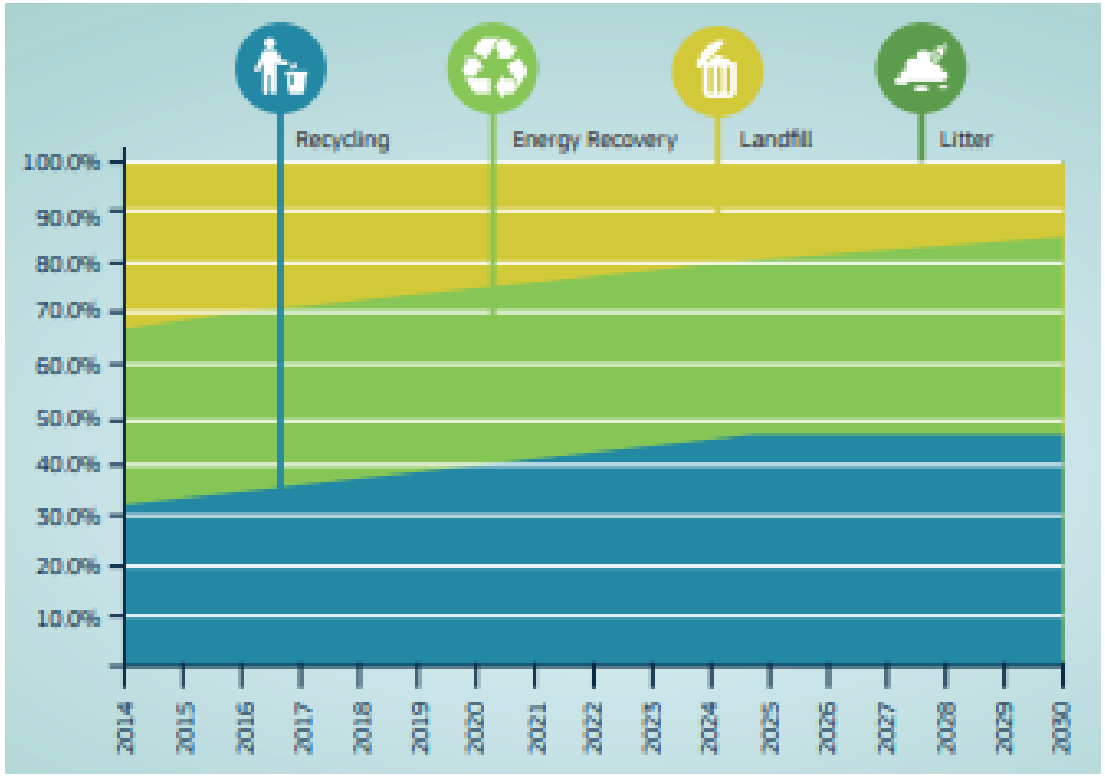
The European Strategy for plastic, https://ec.europa.eu/commission/publications/factsheets-european-strategy-plastics-circular-economy_en

The European Strategy for Plastic

WHAT DO WE USE PLASTICS FOR IN EUROPE?*



WHERE DOES PLASTIC WASTE GO?



The European Strategy for plastic, https://ec.europa.eu/commission/publications/factsheets-european-strategy-plastics-circular-economy_en

Indicator for Plastics sector

ตัวชี้วัดในการดำเนินงาน พิจารณาด้วย Reusability / Recyclability / Recoverability (RRR) ในมิติสิ่งแวดล้อม

No.	Indicator	Unit
1	The Recycling Rate (RR)	%
2	The Collection Rate (CR)	%
3	The Sorting Rate (SR)	%
4	Recyclability Benefit rate (RBR)	%
5	Reusability Benefit rate	%
6	Recoverability Benefit rate	%

Ref. European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability (2012) Integration of resource efficiency and waste management criteria in European product policies – Second phase.

Calculating performance indicator

Case study : post-industrial on waste plastic

Circular economy Performance Indicator (CPI) $= \dfrac{\text{Actual Benefit}}{\text{ideal benefit according to quality}}$

virgin production of material α (V_α)

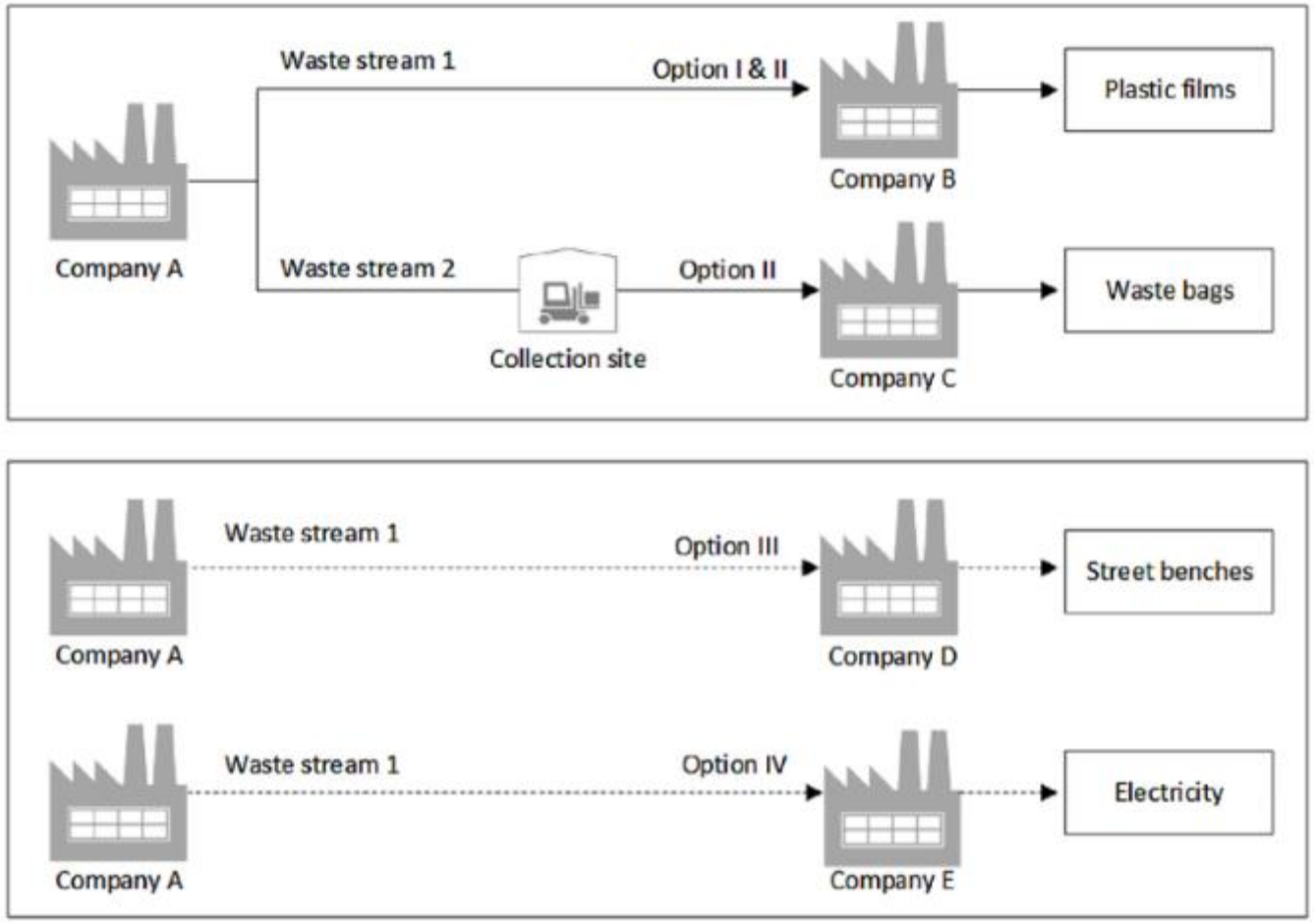
substituted virgin material (ρ)

m = kg recycled material

type of virgin material (β)

Ref. Huysman et.al. (2017) "Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste"

Case study

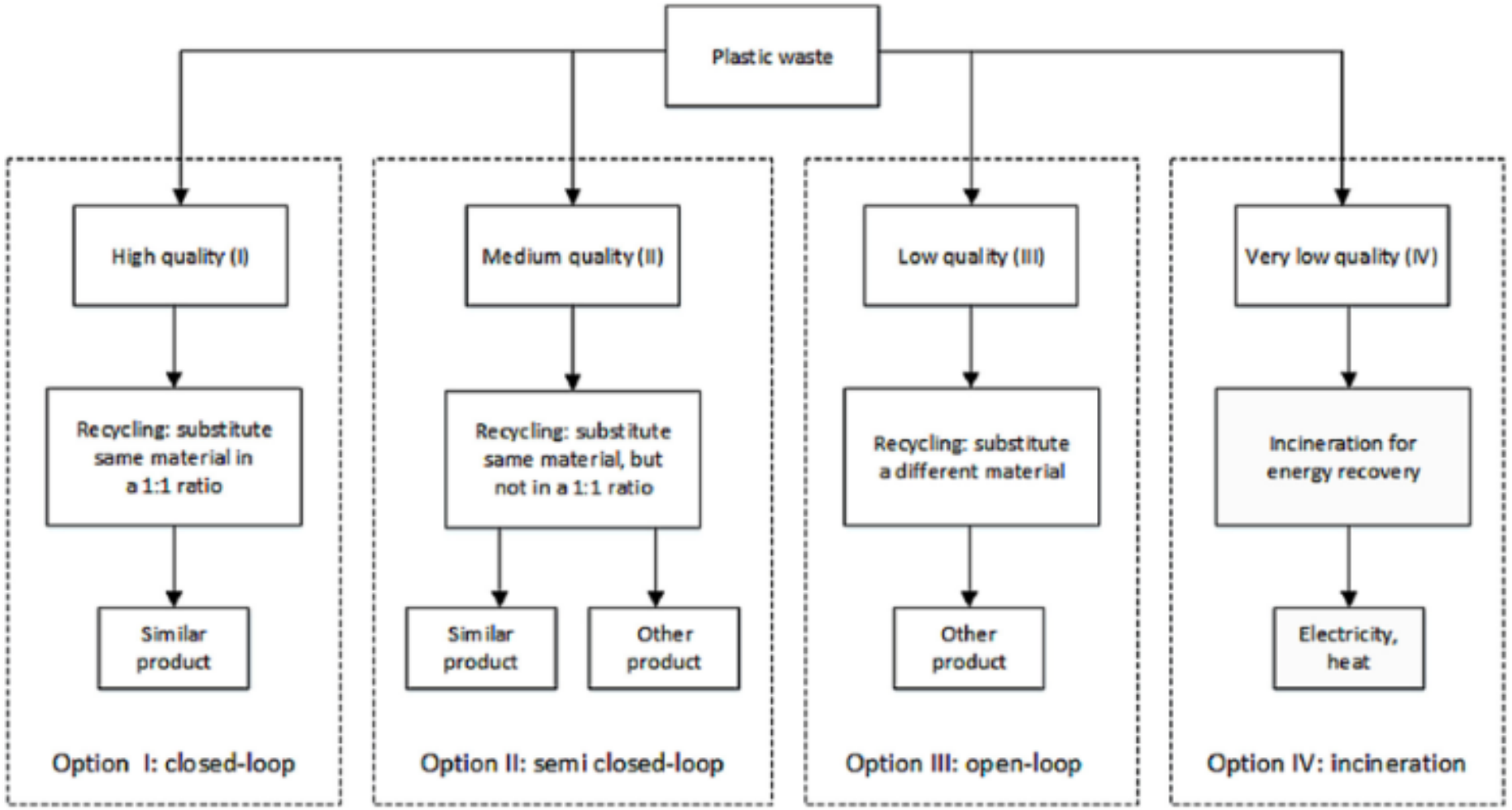


Actual waste treatment

Alternative waste treatment scenario

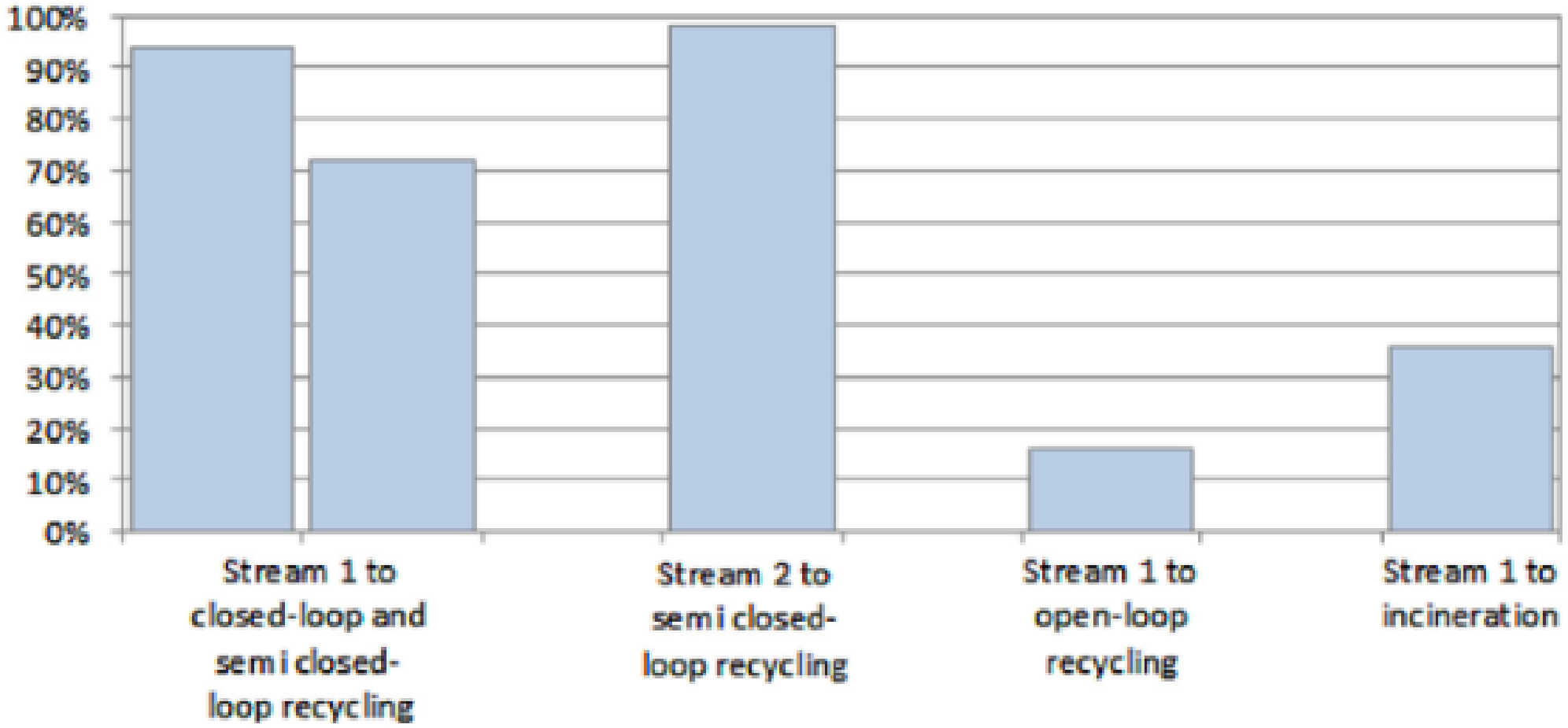
Ref. Huysman et.al. (2017) "Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste"

Case study : Difference waste treatment option



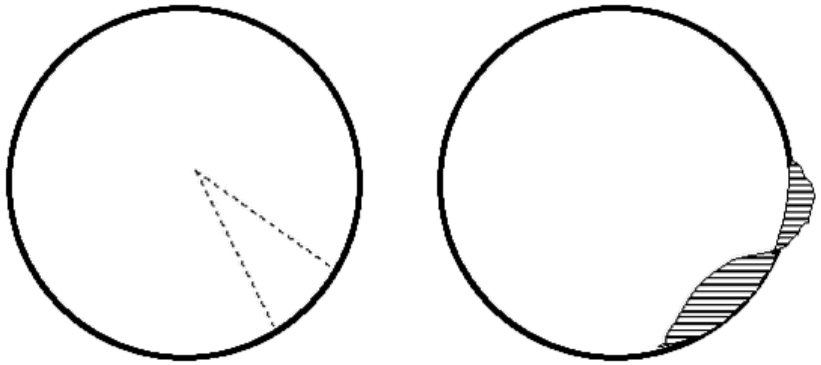
Ref. Huysman et.al. (2017) "Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste"

Circular economy performance for each waste treatment options



Ref. Huysman et.al. (2017) "Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste"

Attributional LCA vs consequential LCA



Attributional LCA

Consequential LCA

- The circles represent the total global environmental exchanges.
- Attributional LCA seeks to cut out the piece with dotted lines that belongs to a specific human activity.
- Consequential LCA seeks to capture the change in environmental exchanges that occur as a consequence of adding or removing a specific human activity.

Waste from Construction & Demolition

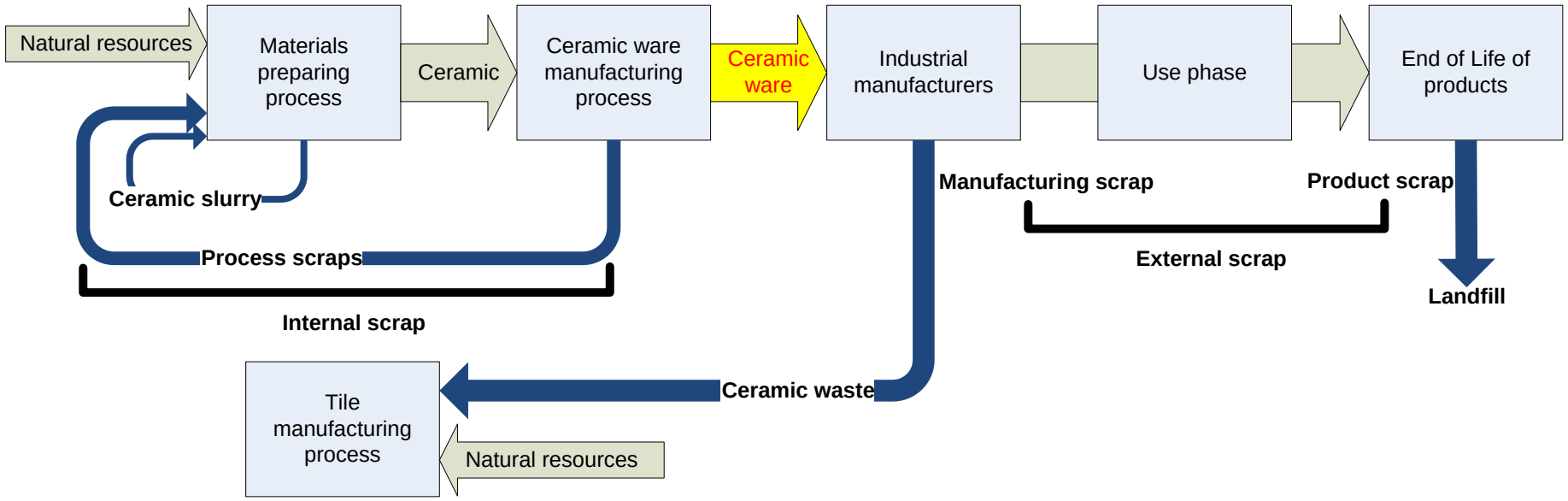


Fig. Typical practice for waste from ceramic ware manufacturing

Waste from Construction & Demolition

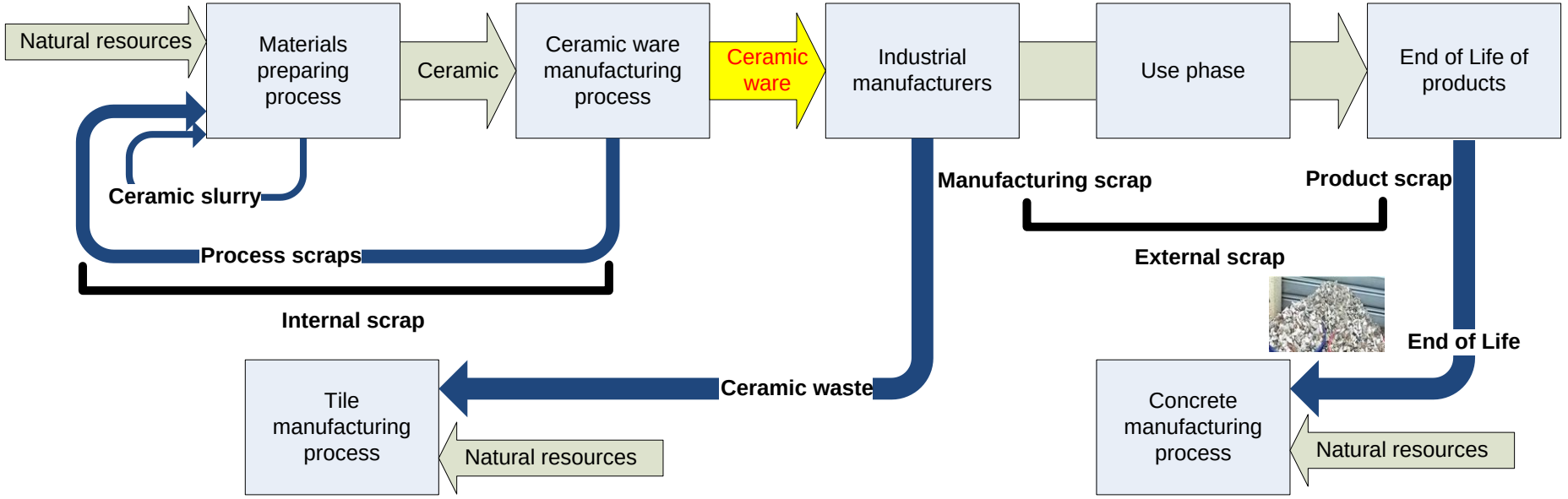
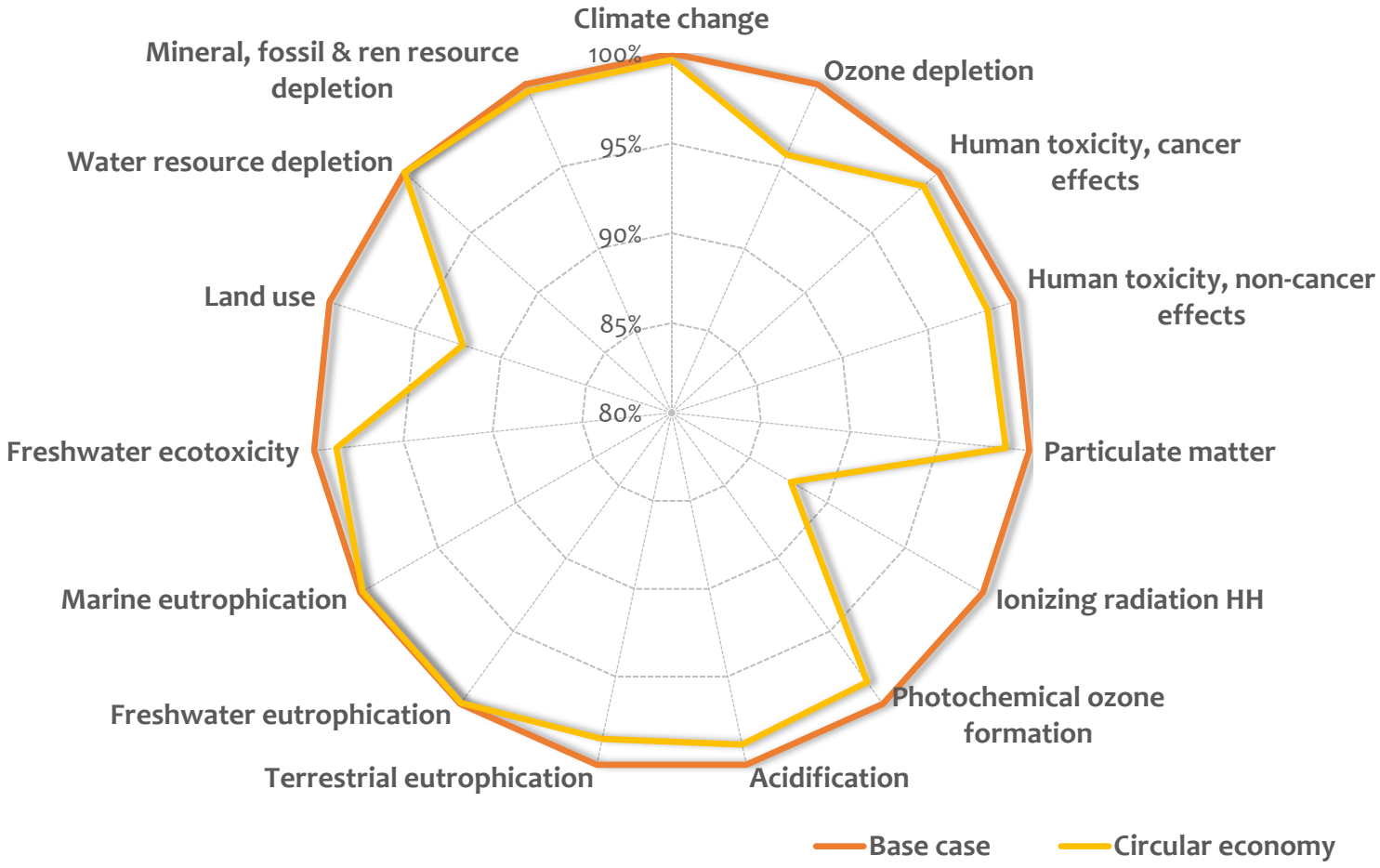


Fig. Waste from ceramic ware manufacturing

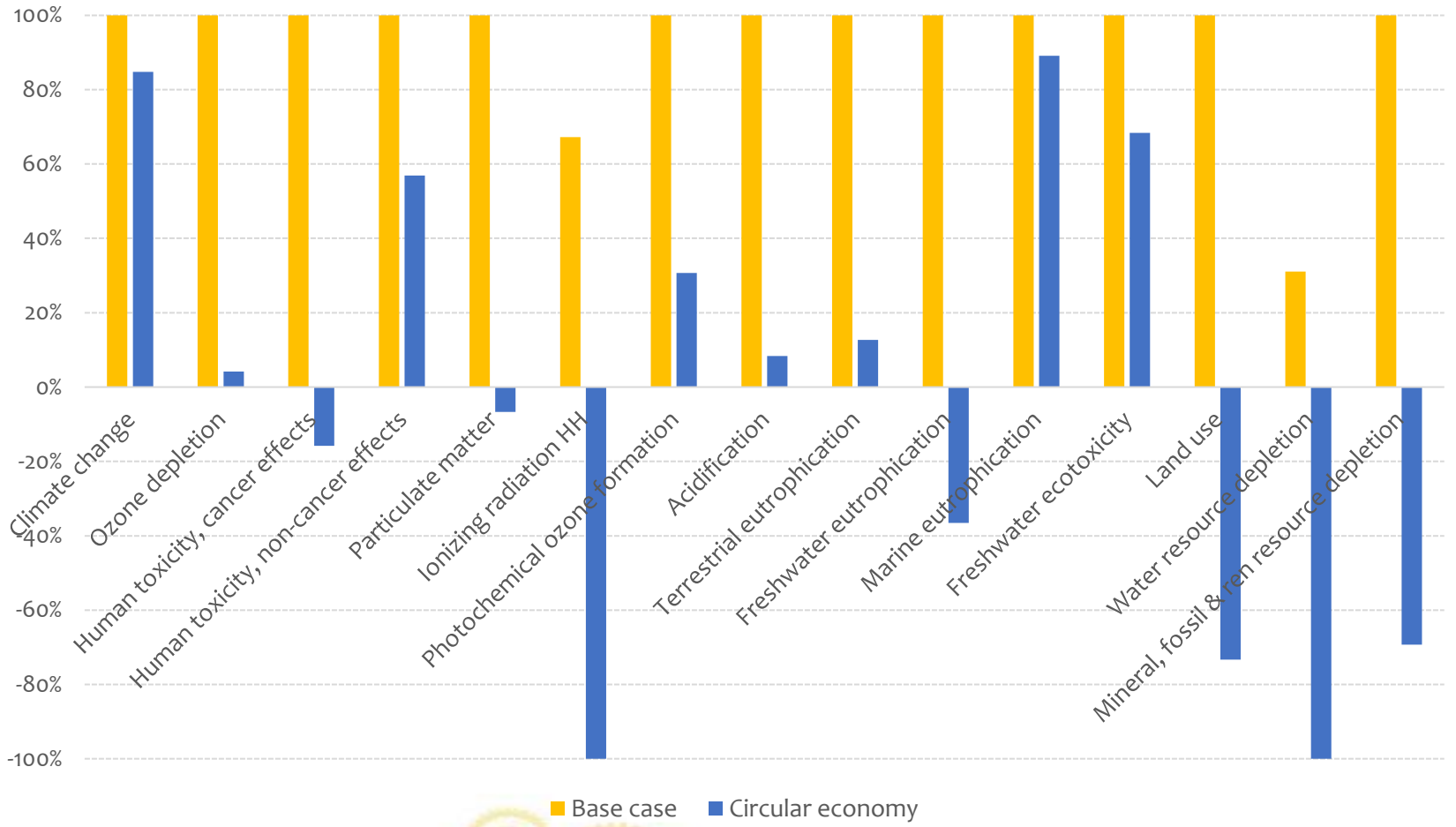
A Driving Force for National Science and Technology Capability

LCA results: Compared cases



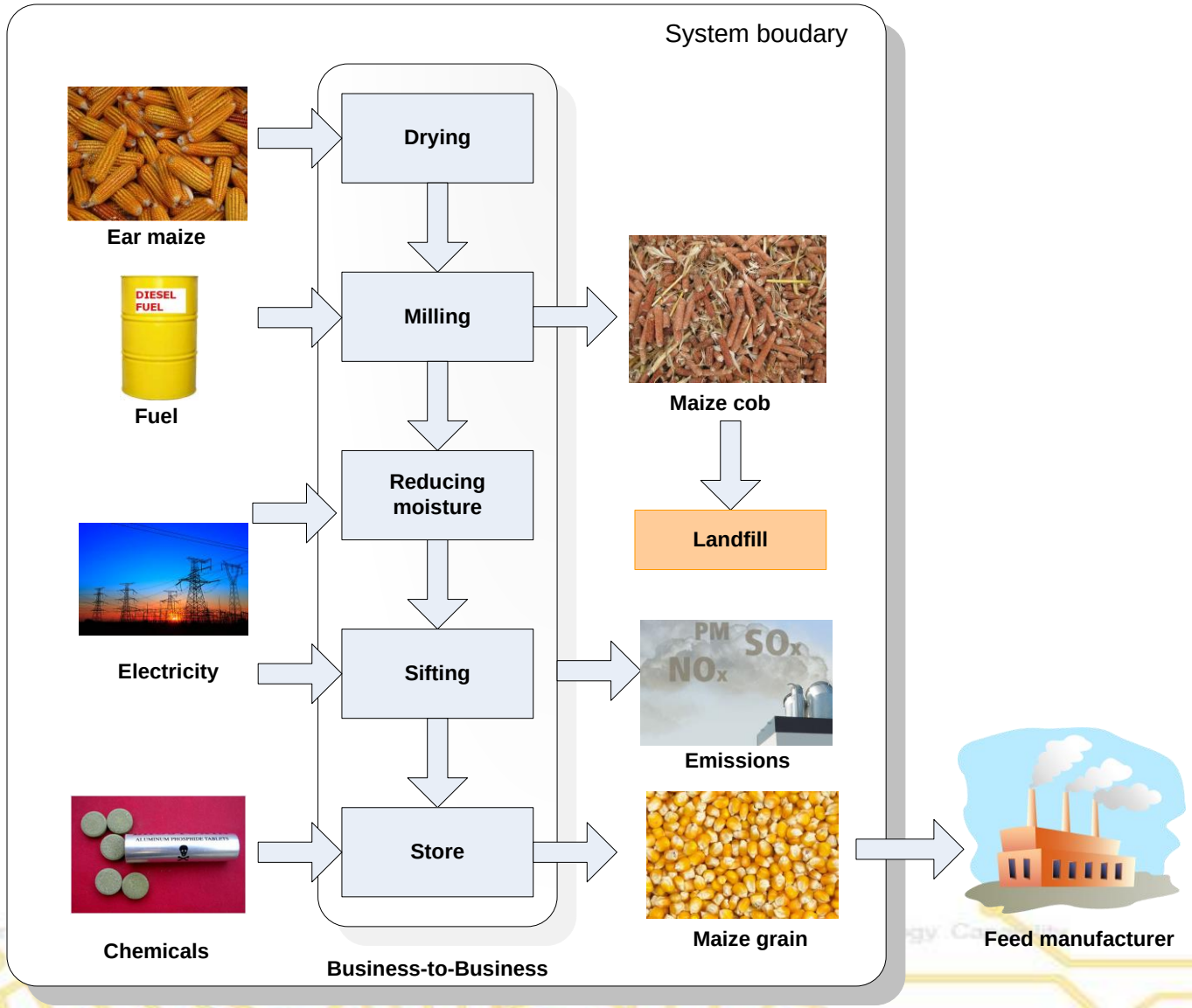
ILCD 2011 Midpoint+ V1.05/ EU27 2010, equal weighting

LCA results: Compared EoL

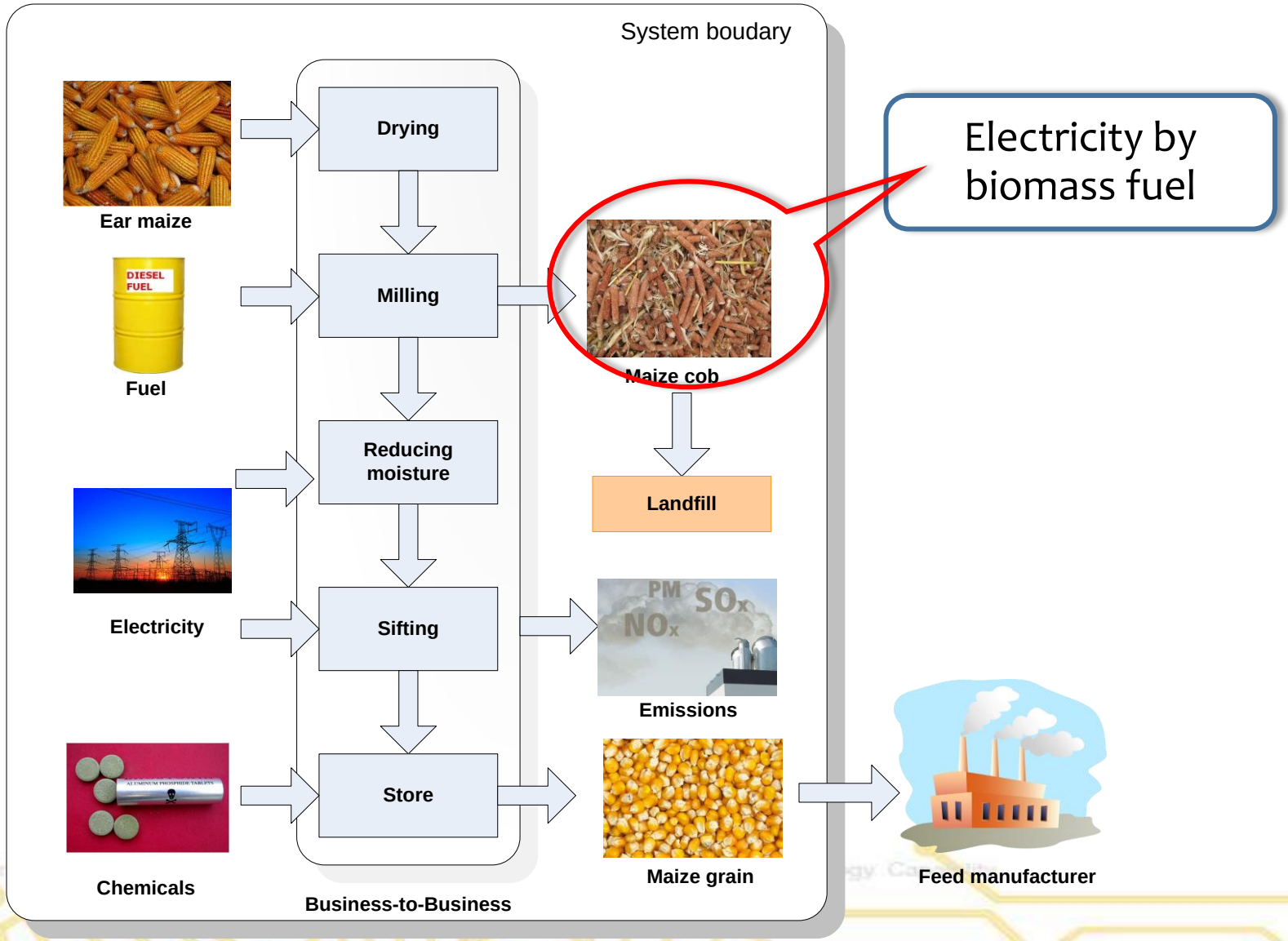


ILCD 2011 Midpoint+ V1.05/ EU27 2010, equal weighting

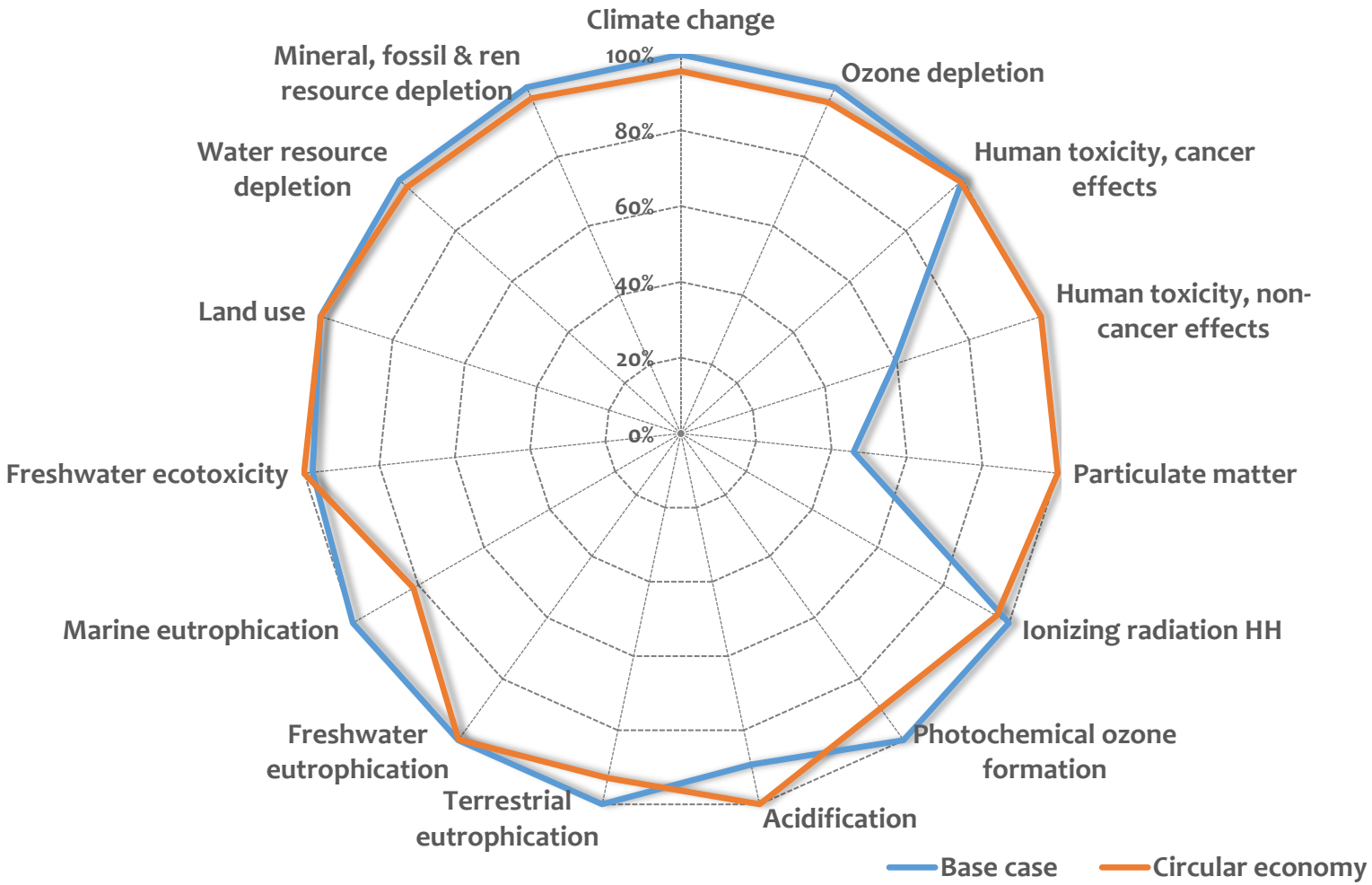
Maize for Feed production



Waste from Agriculture

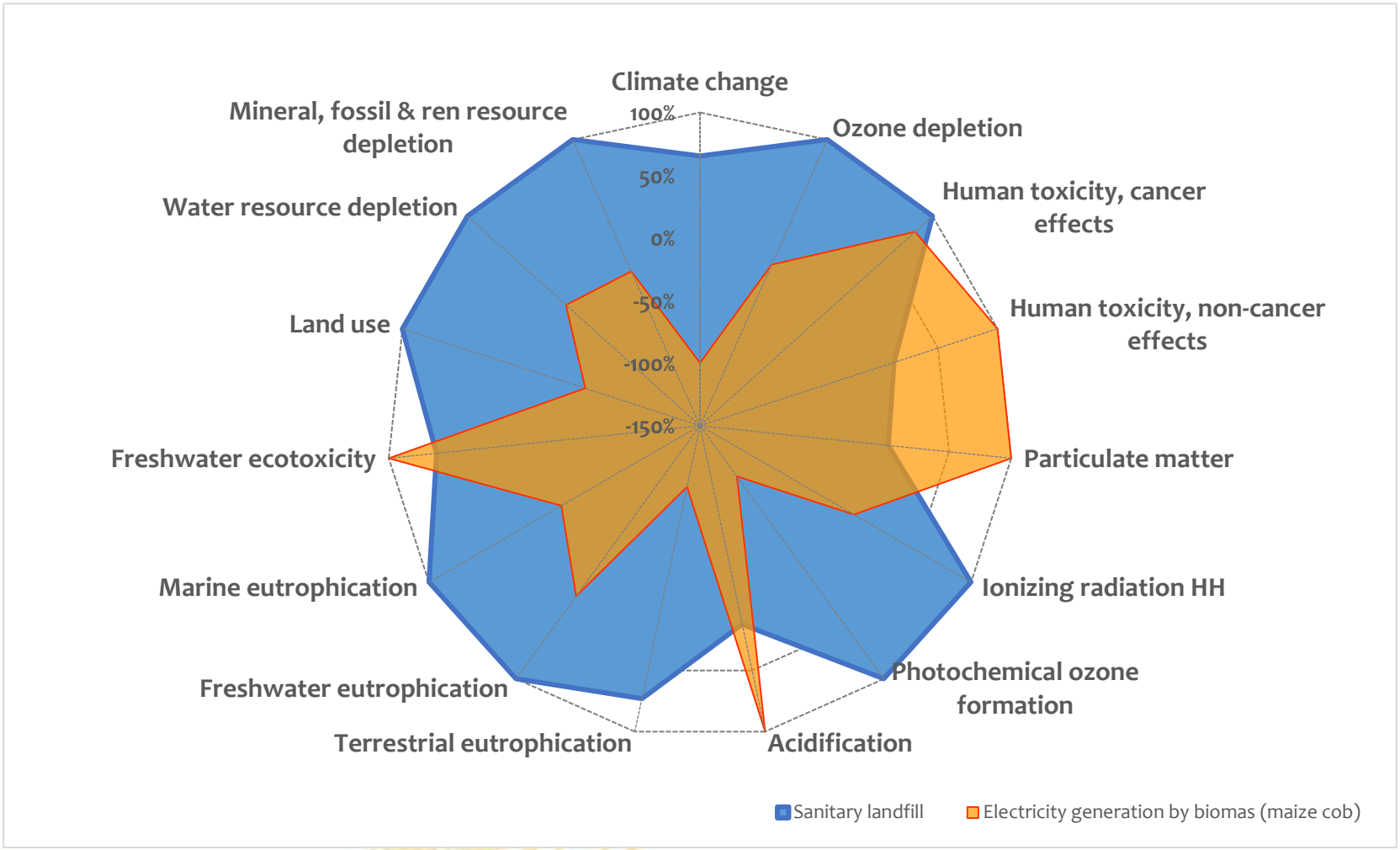


LCA results: Compared cases



ILCD 2011 Midpoint+ V1.05/ EU27 2010, equal weighting

LCA results: Waste treatment

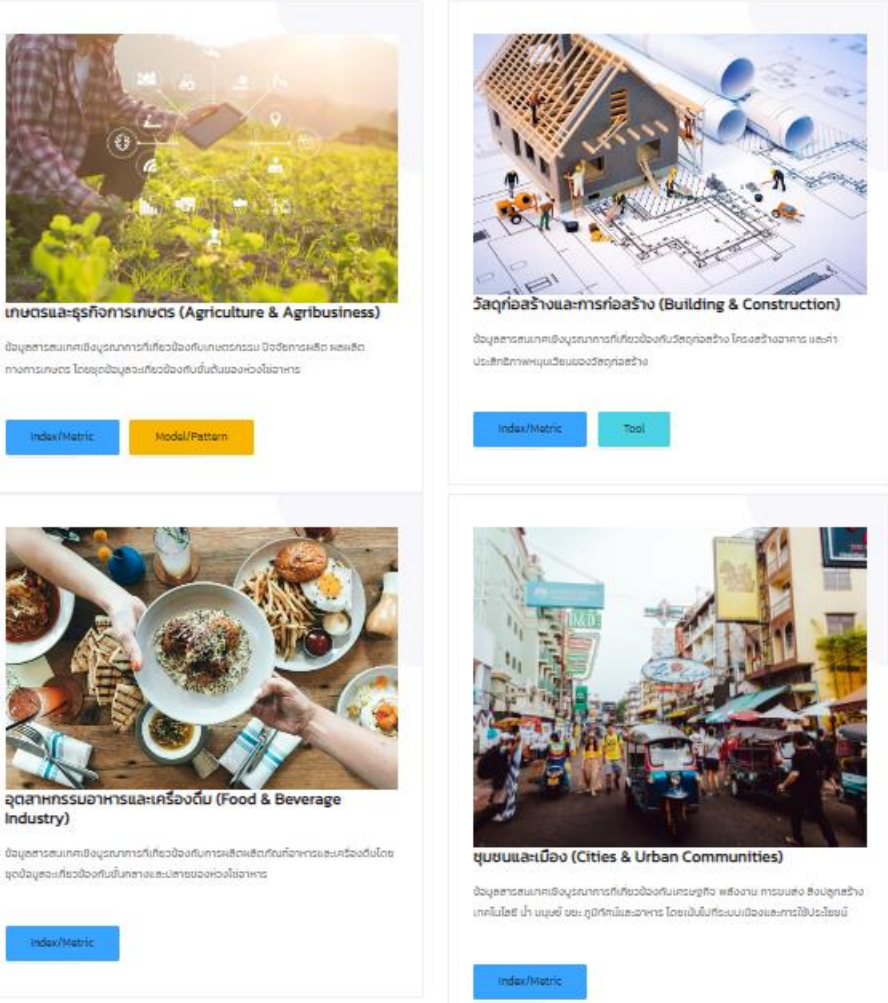


ILCD 2011 Midpoint+ V1.05/ EU27 2010, equal weighting

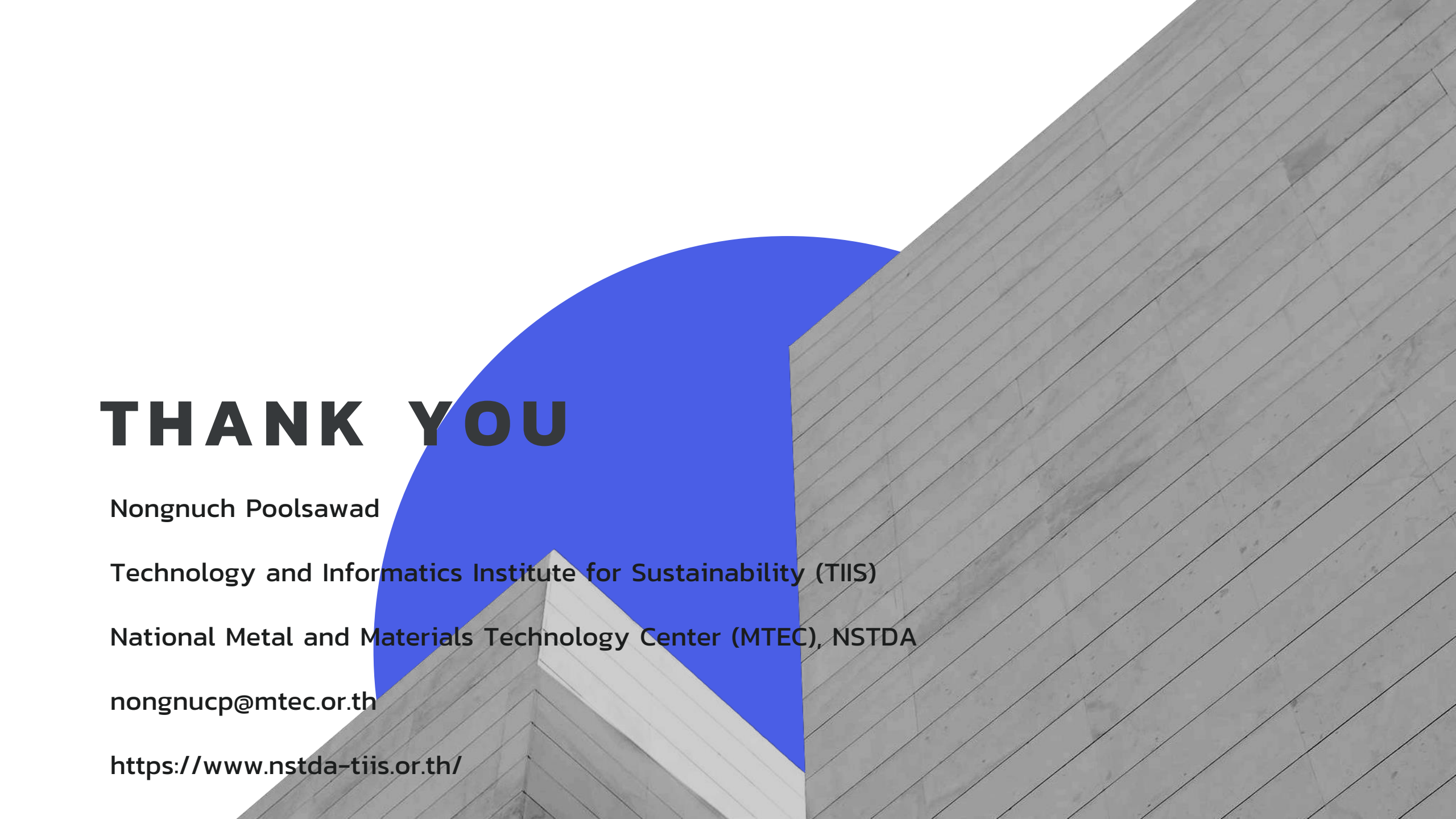
THAILAND CE DATA PLATFORM (THAI-CEP)

การสื่อสาร ถ่ายทอด และบูรณาการข้อมูล CE เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

การเชื่อมโยงและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบูรณาการ รวมทั้งรูปแบบการนำเสนอข้อมูล (Data Visualization) นับเป็นสิ่งที่สำคัญมาก
เนื่องจากง่ายต่อการเข้าใจและสามารถมองเห็นภาพรวม เพื่อสนับสนุนการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายมิติ



https://www.nstda-tiis.or.th/SustainCE/



THANK YOU

Nongnuch Poolsawad

Technology and Informatics Institute for Sustainability (TIIS)

National Metal and Materials Technology Center (MTEC), NSTDA

nongnucp@mtec.or.th

https://www.nstda-tiis.or.th/