

ทำอย่างไรให้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์มีประโยชน์และใช้งานได้จริง

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ควรใช้เป็นเครื่องมือในทางปฏิบัติที่ปรับให้เหมาะสมกับความต้องการขององค์กรของคุณ ซึ่งสามารถใช้เพื่อระบุแหล่งที่มาหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับสินค้าและบริการทุกประเภท การพิจารณาเป้าหมาย/วัตถุประสงค์ของการศึกษารอยเท้าคาร์บอนมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าการศึกษานี้จะให้ข้อมูลที่คุณต้องการ ในการประเมินความต้องการขององค์กรของคุณเองให้คุณพิจารณาสิ่งต่อไปนี้:

- **ลำดับความสำคัญทางธุรกิจหลักของคุณ** ความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบ ความเสี่ยง และโอกาสของสินค้าและบริการในวงกว้างจะสนับสนุนกลยุทธ์/ลำดับความสำคัญทางธุรกิจของคุณได้อย่างไร ผลิตภัณฑ์ ห่วงโซ่อุปทาน หรือตลาดใดๆ มีความสำคัญเป็นพิเศษหรือไม่ ความคาดหวังของลูกค้าและนักลงทุนของคุณคืออะไร?
- **การพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์** ระบุผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดในการประเมินและปรับปรุง เช่น สินค้าขายดีห้าอันดับแรกหรือการออกแบบใหม่สามอันดับแรก ตัดสินใจว่าคุณต้องการมุ่งความสนใจไปที่จุดใด โดยจำไว้ว่าคุณไม่สามารถทำทุกอย่างพร้อมกันได้
- **กลุ่มเป้าหมายที่ต้องการศึกษา** สิ่งนี้ส่งผลต่อระดับความแม่นยำและความละเอียดที่ต้องการ การวิเคราะห์รอยเท้าเพื่อใช้ในการระบุโอกาสในการลดสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและในระดับสูงตั้งแต่แรก โดยจะต้องติดตามความจำเป็น สำหรับการเรียกร้องภายนอก การได้รับความเชื่อมั่นคือแนวปฏิบัติที่ดีที่สุด และจะต้องหาวิธีที่เข้มงวดในการรวบรวมข้อมูล
- **ช่วงเวลาของคุณ** กระบวนการนี้สอดคล้องกับวงจรการจัดการผลิตภัณฑ์ของคุณอย่างไร ตัดสินใจว่าจะบรรลุผลตามความเป็นจริงได้มากน้อยเพียงใด และมีความแม่นยำระดับใด มีข้อมูลใดบ้าง และอะไรคือสิ่งที่เป็นช่วงเวลาของโครงการ
- **ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียภายใน** กระบวนการรอยเท้าสามารถให้ข้อมูลที่ให้คุณค่าสำหรับส่วนอื่น ๆ ของธุรกิจได้หรือไม่? การซื้อจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียภายในที่หลากหลาย ตั้งแต่พนักงานไปจนถึงการจัดซื้อ จะช่วยในกรณีธุรกิจภายใน และจะให้การสนับสนุนที่สำคัญสำหรับการรวบรวมข้อมูล และท้ายที่สุด จะช่วยลดผลกระทบ
- **การมีส่วนร่วมของซัพพลายเออร์** ระบุซัพพลายเออร์ที่สามารถทำงานร่วมกับคุณตลอดเส้นทาง และพยายามมีส่วนร่วมกับพวกเขาให้เร็วที่สุด ซึ่งจะช่วยในการรวบรวมข้อมูลอย่างล้นหลาม และสามารถสนับสนุนการพัฒนาความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นได้

สิ่งสำคัญคือต้องจำไว้เสมอว่าคาร์บอนเป็นเพียงหนึ่งในตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ แม้ว่าผลิตภัณฑ์จำนวนมากจะให้ความสำคัญกับคาร์บอน แต่เมื่อผลกระทบอื่นๆ มีความสำคัญเป็นพิเศษ (เช่น การจัดหาที่ยั่งยืน) คุณอาจต้องการพิจารณาเครื่องมืออื่นๆ ที่คุณเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับองค์กรคุณในมุมมองต่อสิ่งแวดล้อมและ ESG

สิ่งที่มีเบื้องต้นก่อนเริ่มศึกษารอยเท้าผลิตภัณฑ์

สิ่งต่อไปนี้จะมียุทธศาสตร์ที่ต้องปฏิบัติเมื่อเริ่มกิจกรรมการกำหนดขอบเขต:

- รายการวัสดุที่เป็นปัจจุบัน หรือขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์/บรรจภัณฑ์หรือบริการของคุณ
- สถิติการผลิต/การใช้พลังงาน/ของเสียสำหรับการดำเนินงานของคุณ
- ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของคุณ
- รายชื่อซัพพลายเออร์และสถานที่ตั้งของซัพพลายเออร์

กระบวนการศึกษารอยเท้าแบบเป็นขั้นตอน

โครงการรอยเท้าควรแบ่งออกเป็นชุดขั้นตอนต่างๆ เป็นไปตามลำดับและไม่สามารถแยกออกได้ บทความข้างล่างนี้จะอธิบายรายละเอียดแต่ละส่วน:

ขั้นตอนที่ 1 – การกำหนดขอบเขต

- อธิบายผลิตภัณฑ์ที่จะประเมินและหน่วยการวิเคราะห์
- จัดทำแผนผังวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (product life cycle)
- สร้าง 'ขอบเขตของระบบ' ของการศึกษารายละเอียด
- จัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมการรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 – การรวบรวมข้อมูล

- จัดทำแผนการรวบรวมข้อมูล
- ร่วมมือกับซัพพลายเออร์เพื่อรวบรวมข้อมูลกิจกรรมหลัก
- รวบรวมปัจจัยการปล่อยหัตถกรรมและข้อมูลหัตถกรรมอื่น ๆ เพื่อเติมเต็มข้อมูล
- ตรวจสอบข้อมูลและประเมินคุณภาพข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 – การคำนวณรอยเท้า

- รวบรวมข้อมูลกิจกรรมและความสอดคล้องตามหน่วยการทำงาน
- คุณข้อมูลกิจกรรมด้วยปัจจัยการปล่อยก๊าซเพื่อสร้างรอยเท้า
- ตรวจสอบการคำนวณและบันทึกแหล่งข้อมูลและสมมติฐานทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 – การตีความผลลัพธ์ของรอยเท้าและผลกดันสู่การลด

- ระบุข้อดีข้อเสีย
- ทดสอบความไว
- ระบุโอกาสในการลด
- รับรองความโปร่งใสเพื่อการสื่อสาร

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขอบเขต

การกำหนดขอบเขตเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการศึกษารอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ (product carbon footprint study) ช่วยให้เรามั่นใจได้ว่าจะมีการใช้ความพยายามในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องจากที่ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

4 ขั้นตอนหลักในการกำหนดขอบเขต และควรดำเนินการตามลำดับ

1. อธิบายผลิตภัณฑ์ที่จะประเมินและหน่วยวิเคราะห์
2. สร้างแผนผังวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (product life cycle)
3. ยืนยัน 'ขอบเขตของระบบ - system boundary' เพื่อการศึกษา
4. จัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมการรวบรวมข้อมูล

1.1. อธิบายผลิตภัณฑ์ที่จะประเมินและหน่วยวิเคราะห์

จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดผลิตภัณฑ์ที่จะประเมินไว้อย่างชัดเจนตั้งแต่เริ่มแรก และสำหรับรอยเท้าคาร์บอนผลิตภัณฑ์ต้องกำหนดเป็น 'หน่วยการทำงาน - functional unit' หน่วยการทำงานจะกำหนดฟังก์ชันของผลิตภัณฑ์ที่จะถูกประเมินและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจะสัมพันธ์กันเพื่อใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการในอนาคต

เหตุใดหน่วยการทำงาน (functional units) จึงมีความสำคัญ

ด้วยการกำหนดผลิตภัณฑ์ที่จะประเมินเป็นหน่วยการทำงานเชิงปริมาณ จะให้การอ้างอิงว่าอินพุตและเอาต์พุตที่ศึกษาทั้งหมดในระบบผลิตภัณฑ์มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งช่วยให้มั่นใจได้ถึงความสอดคล้องและความสามารถในการเปรียบเทียบของผลลัพธ์ที่พิจารณาตัวอย่างการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์สีด้านล่าง

การกำหนดหน่วยการทำงานสำหรับบริการ

ไม่ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการประเมินนั้นเป็นผลิตภัณฑ์หรือเป็นบริการก็ควรใช้วิธีทั่วไปเดียวกัน การกำหนดหน่วยการทำงานที่ชัดเจนสำหรับบริการเป็นสิ่งสำคัญมากและจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ

ตัวอย่างบางส่วนของหน่วยบริการรวมถึง:

- ประกันภัยรถยนต์ – การให้ความคุ้มครองประกันภัยรถยนต์เป็นระยะเวลา 1 ปี
- บริการแท็กซี่ – การเดินทางโดยแท็กซี่สำหรับผู้โดยสาร 1 คน ระยะทาง 1 กม
- การทำความสะอาดหน้าต่าง – บริการทำความสะอาดหน้าต่างขนาด 1 ตร.ม
- ธนาคารออนไลน์ – การให้บริการธนาคารออนไลน์เป็นระยะเวลา 1 ปี

คำสำคัญที่ใช้ในส่วนนี้

- หน่วยการทำงาน (Functional unit) – สมรรถนะเชิงปริมาณของระบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นหน่วยอ้างอิง
- การไหลอ้างอิง (Reference flow) – ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาที่จำเป็น เพื่อให้หน่วยการทำงาน (Functional unit) สมบูรณ์
- ขอบเขตของระบบ (System boundary) – คำอธิบายของกระบวนการและกิจกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบผลิตภัณฑ์และจะรวมอยู่ในการประเมิน

ตัวอย่าง : หน่วยการทำงาน (Functional unit) สำหรับน้ำส้ม

ยกตัวอย่างคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำส้ม: หน่วยการทำงาน (Functional unit) ของน้ำส้มจะต้องเป็นหน่วยบริโภค ปริมาณน้ำส้มที่เหมาะสม(sensible quantity)ในการประเมินคือ 1 ลิตร ซึ่งเป็นหน่วยขายปลีกทั่วไป ดังนั้นหน่วยการทำงาน(Functional unit)ที่เหมาะสมสำหรับการปล่อยคาร์บอนของน้ำส้มคือ 'น้ำผลไม้ 1 ลิตรพร้อมบริโภค'

โปรดทราบว่ามีความแตกต่างระหว่างน้ำผลไม้ 1 ลิตรสำหรับการบริโภคและน้ำผลไม้ที่ผลิตได้ 1 ลิตร เนื่องจาก สัดส่วนของผลิตภัณฑ์จะเสียหายระหว่างการขนส่ง หรือขายไม่ได้เนื่องจากเกินอายุการเก็บรักษา เป็นต้น การกำหนด หน่วยการทำงาน(Functional unit)ด้วยวิธีนี้หมายความว่าค่านี้ถึงถึงความสูญเปล่านี้ด้วย การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงต้องพิจารณาทั้งหมด

ของวัสดุและกระบวนการที่จำเป็นในการผลิตและจัดส่งน้ำส้ม 1 ลิตรให้กับลูกค้า ตลอดจนผลกระทบต่อเนื่องที่เกิดขึ้นจากการบริโภค

1.2. จัดทำแผนผังวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (product life cycle)

เมื่อกำหนดหน่วยการทำงาน (functional unit) แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่จะประเมิน ขั้นตอนการทำแผนที่กระบวนการเป็นการฝึกระดมความคิดเบื้องต้นเพื่อจัดทำแผนที่ 'การไหล' ของวัสดุและพลังงานทั้งหมดที่เข้าและออกจากระบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในขณะผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะกำหนดกรอบการทำงานสำหรับ 'ขอบเขตของระบบ -system boundary' (ดูขั้นตอนที่ 1.3) ซึ่งจะพิจารณา 'การไหล' เหล่านี้โดยละเอียดยิ่งขึ้น

แผนผังกระบวนการ (process map) อาจเรียบง่ายหรือมีรายละเอียดเท่าที่เห็นว่าจำเป็นหรือเท่าที่เวลามี เป็นความคิดที่ดีที่จะมุ่งเน้นไปที่ประเด็นที่สำคัญที่สุด (เช่น วัสดุที่มีน้ำหนักมากที่สุด พลังงานที่สำคัญ) ก่อน เพื่อหลีกเลี่ยงรายละเอียดที่ไม่จำเป็น แผนผังสามารถขยายได้ในภายหลังหากจำเป็น

มีประโยชน์ที่จะรวมวงจรชีวิตทั้งหมด (แม้ว่าจะทำการประเมิน cradle-to-gate/business-to-business เท่านั้น) เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มองข้ามการพิจารณา'ดาวน์สตรีม' ที่สำคัญของกิจกรรมคุณ เช่น ความสามารถในการรีไซเคิลเมื่อหมดอายุการใช้งาน หรืออาจส่งผลกระทบต่อเฟสการใช้งาน

สำหรับแต่ละขั้นตอนในแผนผังกระบวนการ:

- ให้รายละเอียดของกิจกรรมเพื่อช่วยในการรวบรวมข้อมูล
- ระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (geographic location) ของแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกันหากเป็นไปได้
- รวมขั้นตอนการขนส่งและการจัดเก็บทั้งหมดระหว่างขั้นตอน

การกำหนดหน่วยการทำงานและการไหลอ้างอิง (functional unit and reference flows) เพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์

เมื่อทำการเปรียบเทียบรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ สิ่งสำคัญคือต้องมีหน่วยการทำงานที่ชัดเจน เพื่อทำการเปรียบเทียบ หน่วยการทำงานจะถูกแปลเป็น 'การไหลอ้างอิง-reference flow' สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ที่จะเปรียบเทียบ การไหลอ้างอิง (reference flow) นี้เป็นปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นในการปฏิบัติตามหน่วยการทำงาน และจะเฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน

ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์สี 3 ชนิดที่แตกต่างกัน อาจมีลักษณะเฉพาะดังต่อไปนี้:

หน่วยการทำงาน: ทาผนังพื้นที่ 1 ตร.ม. ด้วยสีอิมัลชัน 1 รอบเป็นระยะเวลา 20 ปี

สี	พื้นที่	ความทนทาน	การไหลอ้างอิง-reference flow
สี A	50 มล./ตร.ม. ²	20 ปี	สี 50 มล
สี B	60 มล./ตร.ม. ²	20 ปี	สี 60 มล
สี C	40 มล./ตร.ม. ²	10 ปี	สี 80 มล

โดยการกำหนดหน่วยเปรียบเทียบเป็นหน่วยการทำงาน แทนที่จะเป็นหน่วยปริมาตร สมรรถนะ และ คุณลักษณะของแต่ละผลิตภัณฑ์จะถูกนำมาพิจารณาและสามารถเปรียบเทียบได้อย่างยุติธรรม

1.3. ข้อตกลงและบันทึกขอบเขตของระบบของการศึกษาริวิจัย

เมื่อแผนผังกระบวนการเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะสามารถใช้แผนผังเพื่อช่วยระบุว่าส่วนใดของระบบจะรวมหรือไม่รวมอยู่ในการประเมิน จากขั้นตอนการกำหนดขอบเขตนี้ คุณควรจัดทำเอกสารและบันทึก 'ขอบเขตของระบบ' อย่างชัดเจนในกรอบของ:

- รายการขั้นตอนของวงจรชีวิตที่รวมอยู่ทั้งหมด (เช่น วัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน การสิ้นสุดอายุการใช้งาน)
- รายการของกิจกรรมและกระบวนการทั้งหมดที่รวมอยู่ ในแต่ละขั้นตอนของวงจรชีวิต
- รายการของกิจกรรมและกระบวนการที่ยกเว้นทั้งหมด และขั้นตอนที่ดำเนินการเพื่อพิจารณาการยกเว้น

พิจารณาสิ่งต่อไปนี้เมื่อกำหนดขอบเขตของระบบ:

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกใดที่จะรวมถึง
- การประเมินแบบ cradle-to-gate (เช่น ธุรกิจกับธุรกิจ) เทียบกับ การประเมินแบบ cradle-to-grave (ธุรกิจกับผู้บริโภค)
- กระบวนการและกิจกรรมใดที่จะรวมหรือไม่รวม
- ขอบเขตของเวลา (time boundaries)

การปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกใดที่จะรวมอยู่ด้วย

รอยเท้าคาร์บอนจะต้องรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ที่ระบุไว้ในข้อกำหนด ซึ่งรวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในตรัส ออกไซด์ (N₂O) และมีเทน (CH₄) รวมถึงไฮโดรคาร์บอนประเภทฮาโลเจนที่หลากหลาย รวมถึง CFCs, HCFCs และ HFCs

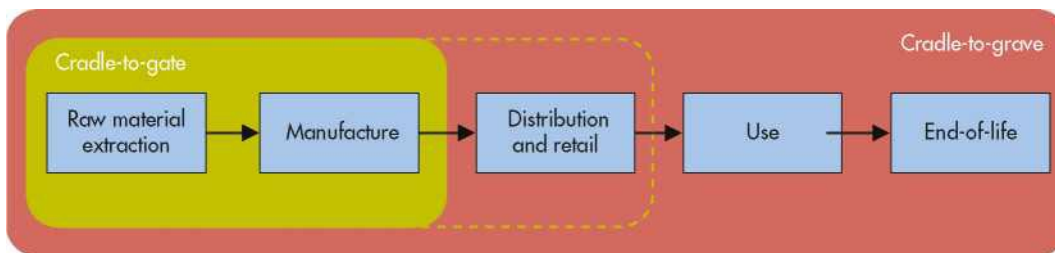
โมเลกุลของ GHG แต่ละประเภทเหล่านี้มีความสามารถในการกักเก็บและแผ่พลังงานในปริมาณที่ต่างกันออกไป และด้วยเหตุนี้จึงมีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่แตกต่างกันไป 'ความรุนแรง' สัมพัทธ์ของ GHG เมื่อเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์เรียกว่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (GWP) เช่น 25 สำหรับก๊าซมีเทน

การดูดกลับคาร์บอนออกจากชั้นบรรยากาศ (เช่น จากพืชและต้นไม้) จะต้องรวมอยู่ในการประเมินด้วย ยกเว้นในกรณีของ ไบโอเจนิก (Biogenic carbon - สารที่มาจากชีวมวลแต่ยังไม่เป็นฟอสซิลหรือมาจากฟอสซิล) ที่มีอยู่ในอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ นี่อาจเป็นลักษณะที่ยุ่งยากของกระบวนการคำนวณรอยเท้า (เช่น สำหรับกระดาษและวัสดุที่ทำจากไม้)

การประเมินจาก cradle-to-gate or cradle-to-grave?

อนุญาตให้มีการประเมินสองประเภท (รูปที่ 2) ซึ่งมักใช้ด้วยวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน:

1. Cradle to gate – ซึ่งคำนึงถึงขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตทั้งหมดตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจนถึงจุดที่องค์กรทำการประเมิน
2. Cradle to grave – ซึ่งคำนึงถึงทุกขั้นตอนของวงจรชีวิตตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจนถึงการกำจัดเมื่อสิ้นสุดอายุ



การประเมิน Cradle-to-gate and cradle-to-grave

โดยทั่วไปจะใช้การประเมิน Cradle-to-Gate เมื่อผู้ซื้อขอให้ซัพพลายเออร์ให้ข้อมูลเกี่ยวกับรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ที่จัดหา ในกรณีนี้ การรายงานการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจนถึงจุดที่ผลิตภัณฑ์ถูกโอนไปยังผู้ซื้อเป็นเรื่องสมเหตุสมผล นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถคำนวณรอยเท้าที่เพิ่มขึ้นและรายงานทั่วทั้งห่วงโซ่อุปทาน

แม้จะมีประโยชน์ในบริบทนี้ แต่การประเมินแบบ cradle-to-gate ยังขาดความครบถ้วนสมบูรณ์ของการประเมินแบบ cradle-to-grave อย่างเต็มรูปแบบ และอาจพลาดผลกระทบในสัดส่วนที่มากสำหรับผลิตภัณฑ์บางอย่าง ตัวอย่างเช่น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลังงาน รอยเท้าคาร์บอนโดยรวมส่วนใหญ่จะเป็นผลมาจากไฟฟ้าที่ใช้ในเฟสการใช้งาน ผลกระทบนี้จะรวมอยู่ในการประเมินจาก cradle-to-grave เท่านั้น

ด้วยเหตุผลนี้และเหตุผลอื่นๆ จึงควรระมัดระวังเมื่อบันทึกการประเมินจาก cradle-to-gate เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่ถูกเข้าใจผิดว่าเป็นการประเมินจาก cradle-to-grave ทั้งหมด (ดูขั้นตอนที่ 4)

กระบวนการและกิจกรรมใดที่จะรวม?

ทุกกระบวนการและกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตของระบบที่กำหนดจะต้องได้รับการพิจารณาในการประเมิน กระบวนการและ กิจกรรมเหล่านี้เชื่อมต่อโดยตรงกับผลิตภัณฑ์และจำเป็นต้องใช้ข้อมูล

ข้อกำหนดเกี่ยวกับองค์ประกอบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องมี

<p>องค์ประกอบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์</p> <ul style="list-style-type: none"> • วัสดุการผลิต (เช่น การสกัดวัตถุดิบจากธรรมชาติ การเพาะปลูกพืช การปศุสัตว์ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยตรง) • พลังงาน (เช่น ไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักร เชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่อาคาร) • กระบวนการผลิตและการให้บริการ (เช่น การใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นในกระบวนการ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเคมี) • การดำเนินงานของสถานที่ (เช่น ไฟฟ้าที่ใช้เพื่อให้แสงสว่างแก่ร้านค้าปลีก เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำความร้อนใน สำนักงาน การรั่วไหลของสารทำความเย็นจากคลังสินค้า) • การขนส่ง (เช่น การขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงานแปรรูปโดยทางถนน ทางรถไฟ ทางอากาศหรือทางน้ำ การ เคลื่อนที่ของสายพานลำเลียงภายในไซต์งาน การเดินท่อ) • การจัดเก็บ (เช่น พลังงานที่ต้องใช้ในการทำความร้อน ทำให้เย็น หรือให้แสงสว่างแก่คลังสินค้า พลังงานที่ใช้ใน การเดินเครื่องตู้แช่แข็งที่ใช้ในการเก็บสินค้าก่อนใช้งาน) • เฟสการใช้งาน (เช่น พลังงานที่ใช้ไปเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์) • สิ้นอายุการใช้งาน (เช่น ของเสียที่ทิ้งในหลุมฝังกลบ ของเสียที่รีไซเคิลเป็นผลิตภัณฑ์อื่น)
<p>ขอบเขตสำหรับบริการ</p> <p>โดยทั่วไประบบผลิตภัณฑ์จะถูกจัดประเภทเป็นชุดของขั้นตอนที่เชื่อมต่อกันซึ่งสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ (เช่น การสกัดวัตถุดิบ การผลิต การจำหน่ายและการขายปลีก การใช้งาน และการสิ้นสุดอายุการใช้งาน)</p> <p>อย่างไรก็ตาม การอธิบายวงจรชีวิตในลักษณะนี้อาจทำได้ยากขึ้นสำหรับบริการ เนื่องจากไม่ใช่ทุกช่วงของวงจรชีวิต ที่อาจมี ความเกี่ยวข้อง และบางงานบริการอาจปรากฏขึ้นมากกว่าหนึ่งครั้ง ตลอดวงจรชีวิต ความมีความพยายาม จัดหมวดหมู่ของ วงจรชีวิตของบริการในลักษณะคล้ายผลิตภัณฑ์ที่รวมวงจรชีวิต</p> <p>เมื่อจำเป็น (เช่น การรวมการผลิตและการใช้ในพื้นที่ตอนการส่งมอบบริการ) ในกรณีที่ไม่มีเหมาะสมที่จะจัดหมวดหมู่ของวัฏ จักรชีวิตด้วยวิธีนี้ กระบวนการและการปล่อยมลพิษควรจัดหมวดหมู่ตามกิจกรรมหลักของบริการ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องอย่าง ยิ่งสำหรับการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่จับต้องไม่ได้ (เช่น การให้ความรู้) ตัวอย่างสองตัวอย่างที่แตกต่างกันของการให้บริการ ให้บริการซ่อมบำรุงรถยนต์และการให้บริการประกันภัยรถยนต์</p> <p>แบบแรกอาจจัดหมวดหมู่เป็นบางช่วงของวัฏจักรชีวิตทั่วไปที่ใช้ผลิตภัณฑ์ (เช่นการสกัดวัตถุดิบ การผลิต การจำหน่ายและ การขายปลีก การใช้งาน และการสิ้นสุดอายุการใช้งาน) แต่อย่างหลังควรจัดประเภทตามกิจกรรมหลัก – ซึ่งอาจรวมถึง ข้อกำหนดของใบเสนอราคา ระยะเวลาคุ้มครอง บริการเคลมและต่ออายุกรมธรรม์</p>
<p>สิ่งอื่น ๆ ที่ไม่รวมอยู่ในการประเมิน</p> <ul style="list-style-type: none"> • การปล่อยมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการผลิต 'สินค้าทุน' – เช่น เครื่องจักรหรืออาคารที่มีอายุการใช้งาน > 1 ปี (ควรรวม วัสดุสิ้นเปลืองที่มีอายุการใช้งาน < 1 ปีไว้ด้วย) ยกเว้นในกรณีที่ข้อกำหนดเพิ่มเติมกำหนดเป็นอย่างอื่น • พลังงานที่มนุษย์ป้อนเข้าสู่กระบวนการและ/หรือกระบวนการแปรรูปขั้นต้น (เช่น หากเก็บผลไม้ด้วยมือมากกว่าการใช้ เครื่องจักรในการเก็บ) • การขนส่งผู้บริโภคไปและกลับจากจุดซื้อปลีก • การขนส่งพนักงานไปและกลับจากสถานที่ทำงานปกติ

แม้ว่าผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นจะแตกต่างกันและเกี่ยวข้องกับกระบวนการและกิจกรรมที่แตกต่างกัน แต่ตัวอย่างเหล่านี้จะช่วยใน กระบวนการคิดเมื่อพิจารณาถึงสิ่งที่จำเป็นต้องรวมไว้ โปรดดูแผนผังกระบวนการที่คุณพัฒนาในขั้นตอนที่ 1.2

การรวบรวมข้อมูลและสร้างแบบจำลองทุกกระบวนการและกิจกรรมเดียว อาจฟังดูเหมือนเป็นงานที่น่ากังวล แต่โปรดจำไว้ว่าข้อมูล ทดียงที่มีที่เปิดเผยต่อสาธารณะสามารถนำไปใช้กับส่วนต่างๆ ของวงจรชีวิตได้เช่นกัน ซึ่งครอบคลุมกระบวนการและกิจกรรมที่ หลากหลาย (ดูขั้นตอนที่ 2 ของคู่มือนี้)

ไม่รวมกระบวนการและกิจกรรม

อนุญาตให้มีการยกเว้นองค์ประกอบบางส่วนของรอยเท้าเพื่อให้กระบวนการง่ายขึ้น การไหลที่คาดว่าจะมีส่วนน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ของรอยเท้าทั้งหมด สามารถแยกออกจากขอบเขตของระบบของรอยเท้าคาร์บอน โดยมีเงื่อนไขว่าอย่างน้อย 95 เปอร์เซ็นต์ของการ ปล่อยทั้งหมดคาดว่าจะรวมอยู่ด้วย

ก่อนแยกการไหลออกจากการศึกษาบนพื้นฐานนี้ ให้ตรวจสอบว่ามีอะไรเกี่ยวกับส่วนประกอบหรือวัสดุเหล่านั้นที่อาจหมายความว่ามีการปล่อยมลพิษสูงกว่าปกติหรือไม่ สิ่งนี้สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีความเป็นไปได้ที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (ดูขั้นตอนที่ 3.2 หัวข้อ 'การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน') หรือเมื่อรวมวัสดุที่มีความเข้มข้นสูงมาก (เช่น อะลูมิเนียม) เข้ากับวัสดุอื่นที่มีความเข้มข้นต่ำ

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างทั่วไปของวัสดุและกระบวนการที่มีความเข้มข้นสูงและต่ำ

Very high (>5 kg CO ₂ e per kg)	High (1–3 kg CO ₂ e per kg)	Medium (<1 kg CO ₂ e per kg)	Low (<0.1 kg CO ₂ e per kg)
Refrigerants	Plastics	UK/EU field crops	Unprocessed minerals (e.g. gravel, sand)
Electronic components	Most chemicals	Glass	By-products (e.g. straw, woodchips, some animal feeds)
Meat products	Fuels	Paper and cardboard	Water production and processing
Aluminium	Dairy products	Plastics processing	Transport <1,000 km by articulated lorry, or <20,000 km by sea
Other metals (except steel)	Greenhouse crops	Landfill of biodegradable materials	Landfill of non biodegradable materials
Pigments/dyes	Rice		
Some concentrated foodstuffs	Peat		
Laundry/hot water treatment	Freezing		
	Cooking		

การไหลที่ไม่รวมดังกล่าวอาจรวมถึงส่วนประกอบที่มีขนาดเล็กของผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อน หากผลกระทบมีแนวโน้มต่ำ (เช่น เครื่องปรุงรสในผลิตภัณฑ์อาหารหรือที่จับประตูในอาคารที่อยู่อาศัย) สารเคมีทำความสะอาดและสารเคมีรองหรือสารเคมีเสริมอื่น ๆ มักจะถูกแยกออกด้วยวิธีนี้ เนื่องจากสามารถขนส่งบรรจุภัณฑ์สำหรับวัตถุดิบจำนวนมาก

สิ่งสำคัญคือต้องมีการประเมินอย่างน้อยร้อยละ 95 ของมวลรวมและอย่างน้อยร้อยละ 95 ของผลกระทบที่คาดการณ์ไว้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ให้ตรวจสอบสิ่งนี้ซ้ำอีกครั้งระหว่างการคำนวณลำดับความสำคัญของข้อมูล (ดูขั้นตอนที่ 1.4)

ขอบเขตของเวลา

รอยเท้าคาร์บอนได้รับการประเมินภายในขอบเขตเวลาที่กำหนดตกลง เช่น 100 ปี สิ่งนี้ส่งผลต่อการคำนวณที่เก็บคาร์บอนภายในผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น คาร์บอนไดออกไซด์ที่เก็บอยู่ในไม้หรือคอนกรีตอาจคงอยู่ในอาคาร เฟอร์นิเจอร์ หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีอายุยืนนานกว่า 100 ปี

หากเป็นกรณีนี้ การปล่อยคาร์บอนสู่ชั้นบรรยากาศในท้ายที่สุดจะเกินขอบเขต และไม่รวมอยู่ในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์

คุณควรคำนึงถึงการจับเก็บคาร์บอน (carbon storage) อย่างไรเมื่อเกิดขึ้น กรณีที่พบบ่อยที่สุดคือผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานที่คาดการณ์ไว้มากกว่า 100 ปี หรือวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายช้า (เช่น ไม้ กระดาษ สิ่งทอจากธรรมชาติ) ถูกกำจัดไปที่หลุมฝังกลบ

โปรดทราบว่า หากคาดว่าปล่อยมลพิษอย่างมีนัยสำคัญจะเกิดขึ้นเกิน 100 ปี เอกสารข้อกำหนดเพิ่มเติมอาจระบุว่าควรรวมสิ่งเหล่านี้ไว้ด้วย

1.4. จัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมการรวบรวมข้อมูล

เมื่อกำหนดขอบเขตของระบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปในขั้นตอนนี้ คือการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมการรวบรวมข้อมูล การรวบรวมข้อมูลมักเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาและทรัพยากรมากที่สุด ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนั้นการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลที่เป็นจึงเป็นความคิดที่ดี โดยปกติแล้วจะไม่คุ้มค่ากับการใช้เวลาและความพยายามอย่างมากในการรับข้อมูลที่แม่นยำและถูกต้องสำหรับระยะวงจรชีวิตที่มีผลกระทบน้อยมากต่อรอยเท้าโดยรวม ความพยายามและลำดับความสำคัญควรเชื่อมโยงกับจุดประสงค์ที่ตั้งใจไว้ของการศึกษาด้วย

การตรวจสอบเบื้องต้นที่ดีคือการค้นหาหรือการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ก่อนหน้านี้ที่ดำเนินการกับระบบผลิตภัณฑ์ (หรือระบบผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน) ที่จะทำการศึกษ การค้นหาทางออนไลน์อย่างรวดเร็วโดยใช้เครื่องมือค้นหาทั่วไปสามารถช่วยในเรื่องนี้ได้

คู่มืออุตสาหกรรม เช่น เอกสารอ้างอิงทางเทคนิคที่ดี (BAT reference documents (BREFs)) และคู่มืออาจให้ภาพรวมระดับสูงของระบบผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับข้อมูลทางเทคนิค ซึ่งสามารถระบุจุดสเปคตที่มีศักยภาพได้

- วัตถุดิบมักเป็นข้อต่อสำหรับคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ การใช้รายการวัสดุและ/หรือแผนผังกระบวนการ เป็นไปได้ที่จะทำการคำนวณ 'back of the envelope' อย่างรวดเร็ว เพื่อระบุพื้นที่ที่ผลกระทบมีแนวโน้มสูง ดังนั้นควรรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ จัดลำดับความสำคัญ
- พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต มักจะมีส่วนสำคัญของการปล่อยมลพิษ การดูแผนผังกระบวนการทำให้สามารถระบุกระบวนการที่เป็นไปได้ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะใช้พลังงานจำนวนมาก แม้ว่าจะทราบปริมาณการใช้พลังงานอย่างคร่าว ๆ (เช่น จากคำแนะนำของอุตสาหกรรม) ก็เป็นไปได้ที่จะทำการคำนวณแบบ 'back of the envelope' แบบเดียวกัน เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลเฉพาะของวงจรชีวิตมีความถูกต้องเหมาะสม

โปรดทราบว่าเอกสารข้อกำหนดเพิ่มเติม อาจให้คำแนะนำเกี่ยวกับจุดที่อาจเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (potential hotspots) ที่มีนัยยะภายในระบบผลิตภัณฑ์ และอาจให้คำแนะนำเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลและการจัดลำดับความสำคัญ

ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมข้อมูล

ประเภทของข้อมูล

ข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์จะจัดอยู่ในหมวดหมู่ต่อไปนี้:

ข้อมูลกิจกรรม:

หมายถึงปริมาณของปัจจัยนำเข้าและผลผลิต (วัสดุ พลังงาน การปล่อยก๊าซ ของเสียที่เป็นของแข็ง/ของเหลว ผลิตภัณฑ์รวม ฯลฯ) สำหรับกระบวนการที่อธิบายไว้โดยทั่วไปสำหรับหน่วยการผลิตสำหรับปีการผลิตที่ระบุ (เช่น กิโลกรัม ของสัมผัสผลผลิตเข้มข้น 1 กิโลกรัม ปี 2554) ซึ่งรวมถึงรายละเอียดของการขนส่งวัสดุที่เข้ามา ของเสีย หรือการกระจายผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (ระยะทางที่เดินทาง ยานพาหนะที่ใช้ ฯลฯ)

ข้อมูลกิจกรรมอาจมาจาก:

- แหล่งที่มาเบื้องต้น – ข้อมูลโดยตรง เฉพาะเจาะจงสำหรับกิจกรรมที่เป็นปัญหา (เช่น การผลิตสัมผัสเข้มข้นที่โรงงาน x) ที่รวบรวมภายในหรือจากห่วงโซ่อุปทาน หรือ
- แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ – ข้อมูลทั่วไปหรือโดยเฉลี่ยเกี่ยวกับกิจกรรมทั่วไป (เช่น การคั้นน้ำส้ม ความเข้มข้นของน้ำผลไม้) จากการศึกษาที่ตีพิมพ์หรือแหล่งข้อมูลอื่น

ปัจจัยการปล่อย:

ค่าที่แปลงข้อมูลกิจกรรม ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก – อ้างอิงจากการปล่อยก๊าซ 'เป็นตัวเป็นตน' ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตวัสดุ/เชื้อเพลิง/พลังงาน การดำเนินงานของผู้ให้บริการขนส่ง การบำบัดของเสีย ฯลฯ โดยปกติจะแสดงเป็นหน่วยของ 'kg CO₂e' (เช่น kg CO₂e ต่อกิโลกรัมของการปลูกส้ม ต่อน้ำมันดีเซลหนึ่งลิตร ต่อกิโลเมตรของการขนส่ง หรือต่อกิโลกรัมของขยะที่ฝังกลบ) และส่วนใหญ่มีมาจากแหล่งทุติยภูมิ

การเลือกระหว่างข้อมูลหลักและข้อมูลรอง

การรวบรวมข้อมูลกิจกรรมหลักสำหรับกิจกรรมเฉพาะในห่วงโซ่อุปทานอาจใช้เวลานาน และมักจะกำหนดจำนวนทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการศึกษารายละเอียด แต่โดยทั่วไปแล้ว การใช้ข้อมูลปฐมภูมิจะเพิ่มความแม่นยำของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ เนื่องจากตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตหรือการจัดหาผลิตภัณฑ์หรือบริการในความเป็นจริงที่ประเมิน

ข้อมูลทุติยภูมิมักมีความแม่นยำน้อยกว่า เนื่องจากจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณที่คล้ายกับที่เกิดขึ้นจริงเท่านั้น หรือเป็นค่าเฉลี่ยของอุตสาหกรรมสำหรับกระบวนการนั้น

ทางเลือกระหว่างข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิควรได้มาจากผลสรุปจากกิจกรรมการกำหนดขอบเขต/การจัดลำดับความสำคัญที่ดำเนินการในขั้นตอนที่ 1:

- **ความเกี่ยวข้อง** – การเลือกข้อมูลและวิธีการที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เฉพาะ
- **ความสมบูรณ์** – รวมการปล่อยและการกำจัด GHG ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตของระบบที่มีส่วนสนับสนุนที่สำคัญ
- **ความสอดคล้อง** – ใช้สมมติฐาน วิธีการ และข้อมูลในลักษณะเดียวกันตลอดการประเมิน
- **ความถูกต้อง** – ต้องลดอคติและความไม่แน่นอนเท่าที่ปฏิบัติได้

- ความโปร่งใส – เมื่อสื่อสารภายนอก ต้องให้ข้อมูลที่เพียงพอ

หากมีความเข้มงวดเพื่อให้เป็นตามหลักการของ 'ความเกี่ยวข้อง' และ 'ความถูกต้อง' ข้อมูลปฐมภูมิมักเป็นทางเลือกที่จำเป็น

Data required	Anticipated source
Primary data	
Inputs and yields for the cultivation of oranges	Primary data from three farmers (Spain)
Energy and material use in the manufacture of concentrate	Primary data from OrangeCo (Spain)
Energy and material use in the production of drink product	Internal primary data
Energy use in filling	Internal primary data
Primary and secondary packaging	Weights – internal primary data
Distribution details	Internal primary data for pallet plans
Secondary data/assumptions	
Transport of raw materials	Assumed available locally – 150 km, secondary emissions factors
Transport of oranges from farms to OrangeCo, and concentrate from OrangeCo to Superdrinks	Distance calculated from addresses Secondary emissions factors
Fuels, electricity and agricultural input production	Secondary emissions factors
Packaging material production (including any biogenic carbon removals)	Secondary emissions factors
Chilled storage at distribution centres, and retail	Secondary/average data and assumptions
Use and end-of-life profile (e.g. length of refrigeration, amount wasted)	Secondary/average data and assumptions

2.1. จัดทำแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การจัดลำดับความสำคัญของความต้องการข้อมูลระหว่างการกำหนดขอบเขต เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดทำแผนการรวบรวมข้อมูล เพื่อสมเหตุสมผลต่อความพยายามและการให้ข้อมูลอ้างอิงเพื่อนำมาใช้งานอย่างเหมาะสม

แผนการเก็บรวบรวมข้อมูลควรร่างเป้าหมายสูงสุดสำหรับการรวบรวมข้อมูลหลัก และเน้นพื้นที่ที่จะขอข้อมูลทุติยภูมิ โดยตระหนักว่าที่ใดการรวบรวมข้อมูลหลักอาจไม่สามารถทำได้ ไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดมากเกินไปหรือเป็นทางวิชาการไป แต่ควรครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2.2. ให้ซัพพลายเออร์มีส่วนร่วมในการรวบรวมข้อมูลกิจกรรมหลัก

การมีส่วนร่วมกับซัพพลายเออร์ในกระบวนการคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะช่วยให้คุณรวบรวมข้อมูลหลักเฉพาะสำหรับห่วงโซ่อุปทานของคุณ ให้ข้อมูลเชิงลึกมากขึ้นเกี่ยวกับแหล่งที่มาของการปล่อยมลพิษ นอกจากนี้ยังสามารถส่งเสริมความร่วมมือในอนาคตในแง่ของการหาโอกาสที่ปฏิบัติได้จริงในการลดรอยเท้า

- ซัพพลายเออร์ควรได้รับการติดต่อให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษากำหนดขอบเขต สิ่งนี้จะทำให้คุณเข้าใจชัดเจนขึ้นเกี่ยวกับระดับการมีส่วนร่วมที่คาดหวังได้ และเปิดโอกาสให้ได้มีส่วนร่วม
- ซัพพลายเออร์บางรายอาจมีความละเอียดอ่อนเกี่ยวกับการให้ข้อมูล คำอธิบายที่ชัดเจนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และเหตุใดที่ข้อมูลจึงมีความสำคัญ จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลของซัพพลายเออร์จะถูกนำไปใช้อย่างไร

เทมเพลตการรวบรวมข้อมูล

เทมเพลตการรวบรวมข้อมูลที่ได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มาก เพื่อให้แน่ใจว่าคุณได้รับข้อมูลที่ถูกต้องจากซัพพลายเออร์ เทมเพลตการรวบรวมข้อมูลที่ดี ควรต้องได้รับการจัดทำเฉพาะให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ หากปรับแต่งเทมเพลตการรวบรวมข้อมูลไม่ได้ เทมเพลตทั่วไปจะยังคงนำเสนอเครื่องมือที่มีประโยชน์เพื่อให้คุณได้รับข้อมูลกิจกรรมหลักที่จำเป็นสำหรับการคำนวณรอยเท้าของคุณ

เทมเพลตการรวบรวมข้อมูลยังสามารถใช้เพื่อขอข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพของข้อมูลที่ให้ไว้ คำถามนี้เกี่ยวข้องกับคำถามเพิ่มเติมสองสามข้อสำหรับจุดข้อมูลแต่ละจุด ซึ่งจะช่วยให้คุณมั่นใจได้ว่าคุณมีความมั่นใจได้มากน้อยเพียงใดในความถูกต้องของข้อมูล และผลที่ตามมาคือความแม่นยำของรอยเท้าคาร์บอน

การสุ่มตัวอย่าง

ในบางกรณี ผลิตภัณฑ์จะถูกผลิตจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น นมมักจัดทำโดยฟาร์มขนาดเล็ก/ขนาดกลางจำนวนมาก โดยแต่ละแห่งจะมีผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกัน (หมายเหตุ: เนื่องจากซัพพลายเออร์เป็นที่รู้จักและคงที่ ซึ่งแตกต่างจากสินค้าโภคภัณฑ์ตามทฤษฎีไว้ก่อนหน้านี้) ในกรณีนี้ การรวบรวมข้อมูลสำหรับแต่ละไซต์อาจใช้เวลานาน และต้องใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง จึงควรจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยคำนึงถึงหลักการความถูกต้องแม่นยำข้อมูล

สินค้าโภคภัณฑ์

ในกรณีของสินค้าโภคภัณฑ์ – เช่น สินค้าที่ซื้อจากซัพพลายเออร์ที่ผันแปรตามราคาปัจจุบัน ณ เวลาที่ซื้อ – ข้อมูลหลักจากซัพพลายเออร์หนึ่งรายหรือหลายรายไม่จำเป็นต้องเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่ซื้อ ข้อมูลทุติยภูมิโดยเฉลี่ยเกี่ยวกับการปล่อยมลพิษที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มที่จะแม่นยำกว่าข้อมูลปฐมภูมิจากตัวอย่างที่ถูกจำกัดและอาจมีอคติ หากเป็นไปได้ ควรใช้ค่าเฉลี่ยเฉพาะทางภูมิศาสตร์

2.3. การรวบรวมและใช้ข้อมูลทุติยภูมิ

โดยทั่วไปจะใช้ข้อมูลทุติยภูมิในการศึกษารอยเท้าโดยเป็นแหล่งของ:

- บัญชีการปล่อย – ซึ่งจะแปลงข้อมูลกิจกรรมหลัก (อินพุตและเอาต์พุตของวัสดุ/พลังงาน/กระบวนการ) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ในหน่วย kg CO₂e)
- ข้อมูลเพื่อเติมเต็มช่องว่างในข้อมูลกิจกรรมหลัก
- ข้อมูลเพื่อคำนวณผลกระทบของระยะวงจรชีวิต 'ดาวน์สตรีม' เช่น การใช้งานและการสิ้นสุดอายุการใช้งาน (คุณไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลักสำหรับขั้นตอนเหล่านี้)

แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ

ในการอธิบายประเภทต่างๆ ของข้อมูลทุติยภูมิที่มีอยู่ และวิธีการจัดการข้อมูลทุติยภูมิที่แตกต่างกัน คำว่า 'รวม' และ 'แยกส่วน' จะมีประโยชน์:

- ข้อมูลที่รวบรวมประกอบด้วยบัญชีการปล่อยก๊าซที่คำนวณไว้ก่อนหน้านี้ (เป็นกิโลกรัม CO₂e) และมักมีอยู่ในรายงานทางเทคนิคและการศึกษาที่ดีพิมพ์ หมวดหมู่นี้ยังรวมถึงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์จากแทนส่งถึงประตูที่ซัพพลายเออร์ของคุณอาจมอบให้คุณเพื่อตอบสนองต่อคำขอข้อมูล
- ข้อมูลที่แยกส่วนมักพบในฐานข้อมูลสินค้าคงคลังวงจรชีวิต (LCI) ซึ่งแสดงรายการอินพุตและเอาต์พุตทั้งหมดสำหรับกระบวนการที่กำหนด ข้อมูลเหล่านี้แสดงรายละเอียดการใช้วัตถุดิบ/พาหะพลังงานเฉพาะ และการปล่อยก๊าซแต่ละรายการตรงข้ามกับข้อมูลสรุปของการปล่อย CO₂e ทั้งหมด

แหล่งข้อมูลแยกส่วน/สินค้าคงคลัง

รายการของฐานข้อมูลสินค้าคงคลังวงจรชีวิตทั่วไป (LCI) สามารถดูได้ที่: <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcaifohub/databaseList.vm> ฐานข้อมูลบางแห่งให้บริการฟรีในขณะที่บางแห่งเรียกเก็บค่าธรรมเนียมใบอนุญาต

- ตัวอย่างของฐานข้อมูลที่ได้รับอนุญาตคือฐานข้อมูล ecoinvent LCI ซึ่งพบได้ที่ <http://ecoinvent.org> เป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับวัสดุและกระบวนการ
- ตัวอย่างของฐานข้อมูลฟรี ได้แก่ European Reference Life Cycle Database (ELC) ซึ่งพบได้ที่ <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcaifohub/datasetArea.vm> อย่างไรก็ตาม หากจำเป็น สามารถใช้ค่าสำหรับการปล่อยก๊าซแต่ละรายการที่แสดงในฐานข้อมูล LCI เพื่อประเมินศักยภาพของภาวะโลกร้อนโดยไม่ต้องใช้ซอฟต์แวร์ LCA เคล็ดลับในการใช้ข้อมูล LCI ด้วยวิธีนี้มีดังนี้:
 - การคัดลอกข้อมูล LCI ลงในสเปรดชีต (เช่น Microsoft Excel) อาจทำได้และสอบถามได้ง่ายขึ้น
 - ระบุการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก อย่างน้อยที่สุด ควรระบุการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากฟอสซิล/ไบโอเจนิก มีเทน และไนตรัสออกไซด์ ซึ่งเป็น GHG ที่เด่นในกรณีส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม GHGs ที่สำคัญอื่นๆ เช่น CFC และ HCFC อาจรวมอยู่ในข้อมูลสินค้าคงคลังด้วย
 - ค่าการปล่อย GHG ที่ระบุสามารถคูณด้วยศักยภาพของภาวะโลกร้อนตามลำดับ และผลลัพธ์ที่สรุปออกมาจะได้ บัญชีการปล่อย 'kg CO₂e' ที่สามารถใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ของคุณ

- ตามหลักการแล้ว ปริมาณของ GHG ที่สำคัญทั้งหมดจะถูกระบุ ในทางปฏิบัติ นี่อาจเป็นงานที่ลำบากซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการปล่อยมลพิษเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในกรณีนี้ ควรตระหนักว่าปัจจัยการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นอาจต่ำกว่าที่ประเมินไว้ และควรระบุอย่างชัดเจนในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

Data category	Aggregated secondary data source
Electricity, fuel	Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra)/Department of Energy and Climate Change (DECC) GHG reporting factors US EPA eGRID database
Transport	Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra)/Department of Energy and Climate Change (DECC) GHG reporting factors US Department of Energy GREET Model
Agrochemicals, Biomaterials and Food products	National Non-food Crops Centre (NNFCC), Environmental Assessment Tool for Biomaterials
	Food Climate Research Network (FCRN) and World Wildlife Fund (WWF), <i>How Low Can We Go?</i>
	Danish Food LCA database
	Carbon Trust Carbon Footprint Registry
Building materials	University of Bath. Inventory of Carbon and Energy (ICE) database
	Carbon Trust Carbon Footprint Registry

2.4. การรวบรวมข้อมูลสำหรับกิจกรรม 'ปลายน้ำ'

กิจกรรมขั้นปลายน้ำหมายถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการกระจายสินค้า การขายปลีก การใช้และการสิ้นสุด ในจำนวนนี้ คุณจะต้องรวบรวมข้อมูลกิจกรรมหลักสำหรับการกระจายสินค้าเท่านั้น (เว้นแต่การขายปลีกจะเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมทางธุรกิจของคุณ) อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการใช้งานสามารถเป็นขั้นตอนวงจรชีวิตที่สำคัญที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพลังงานในการทำงาน เช่นต้องปรุงอาหาร ฯลฯ

การกระจายสินค้า (Distribution)

ในหลายกรณี คุณจะต้องรวบรวมข้อมูลหลักสำหรับการกระจายสินค้าหากอยู่ภายใต้การควบคุมการปฏิบัติงานของคุณ การกระจายสินค้าโดยทั่วไปประกอบด้วยภาระขนส่งไปยังตลาดค้าปลีกและระยะเวลาในการจัดเก็บในศูนย์กระจายสินค้าหรือคลังสินค้า การกำหนดขั้นตอนการกระจายนี้จะแสดงถึงภูมิศาสตร์โดยเฉลี่ย (เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ขายปลีกในสหราชอาณาจักร หรือยุโรป – ใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามยอดขายในสถานที่ต่างๆ) หรือภูมิภาคเฉพาะ (เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ขายปลีกในลอนดอน/อังกฤษ/เวลส์) สามารถกำหนดได้ภายในฟังก์ชันการทำงานของคุณ

ขายปลีก (Retail)

สำหรับผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ การปล่อยมลพิษจากการขายปลีกจะเป็นเพียงส่วนเล็กๆ ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยรวม แหล่งที่มาหลักของการปล่อยมลพิษคือการใช้พลังงานสำหรับทั้งแสงสว่างและเครื่องทำความเย็น

หากไม่มีข้อมูลหลักสำหรับการใช้พลังงานโดยสถานที่ขายปลีก การปล่อยก๊าซจากการขายปลีกของผลิตภัณฑ์ที่จัดเก็บที่อุณหภูมิแวดล้อมสามารถสันนิษฐานได้อย่างสมเหตุสมผลว่าเทียบได้กับการปล่อยก๊าซจากคลังสินค้า

การจัดเก็บในตู้เย็นหรือแช่แข็งที่ร้านค้าปลีกอาจเป็นแหล่งปล่อยมลพิษที่สำคัญ

โดยทั่วไป คุณจะต้องพิจารณาขนาดพื้นที่ที่ใช้โดยผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาที่โดยทั่วไปจะจัดเก็บไว้ ณ จุดขาย (เช่น สินค้าที่เคลื่อนไหวช้าจะต้องเก็บไว้นานกว่า จึงต้องปล่อยมลพิษมากขึ้น)

ระหว่างใช้งาน (Use)

'โปรไฟล์การใช้งาน' คือคำอธิบายของวิธีการทั่วไปในการบริโภคผลิตภัณฑ์ หรือข้อกำหนดของผู้ใช้โดยเฉลี่ย ตัวอย่างเช่น:

- โปรไฟล์การใช้งานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องปรุงอาหารจะอ้างอิงถึงสัดส่วนของผู้ใช้ที่จะอบ ฮุง ต้ม นึ่ง ทอด หรือไมโครเวฟผลิตภัณฑ์และระยะเวลาที่ต้องใช้ในแต่ละกรณี

- โพรไฟล์การใช้งานสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าจะอ้างอิงถึงระยะเวลาโดยทั่วไปของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ หรือการตั้งค่าทั่วไป (เช่น สัดส่วนของรอบเครื่องซักผ้าที่ 30/40/60 องศา)

สำหรับบางผลิตภัณฑ์ ตัวเลือกที่ทำในขั้นตอนนี้สามารถมีส่วนสำคัญต่อรอยเท้า และทำให้เกิดความแปรปรวนได้มาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ หากเป็นไปได้ ควรอ้างอิงเอกสารข้อกำหนดเพิ่มเติมเพื่อกำหนดโพรไฟล์การใช้งานสำหรับรอยผลิตภัณฑ์

หากโพรไฟล์การใช้งานไม่ได้กำหนดไว้ในเอกสารข้อกำหนดเพิ่มเติม ควรค้นหามาตรฐานสากลที่เผยแพร่ แนวทางระดับชาติหรือแนวทางอุตสาหกรรมที่ระบุระยะเวลาการใช้งานสำหรับผลิตภัณฑ์ที่กำลังประเมิน (ตามลำดับความต้องการดังกล่าว)

หากไม่ได้กำหนดโพรไฟล์การใช้งานมาตรฐานในแหล่งที่มาใดๆ ข้างต้น โพรไฟล์การใช้งานของผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพิจารณาโดยการตรวจสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์และการใช้งานทั่วไป คำถามสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ:

- ผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องทำหรือเพิ่มเติมอะไรลงไปเพื่อให้ใช้งานได้หรือไม่? เช่น เจลอาบน้ำต้องใช้น้ำ พาสต้าต้องใช้น้ำและการปรุงอาหารเพื่อใช้
- ผลิตภัณฑ์ใช้พลังงานระหว่างการใช้งานหรือไม่? ตัวอย่างเช่นหลอดไฟต้องใช้ไฟฟ้า
- ผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องแช่เย็นหรือแช่แข็งก่อนหรือระหว่างการใช้งานโดยผู้ใช้ปลายทางหรือไม่? ตัวอย่างเช่น อาหารที่เน่าเสียง่ายและยบางชนิดจะต้องมีการเก็บรักษาในตู้เย็น ซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงาน

การสิ้นสุดอายุการใช้งาน (End-of-life)

'รายละเอียดการสิ้นสุดอายุการใช้งาน' คือคำอธิบายเกี่ยวกับการสิ้นอายุโดยทั่วไปของผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน (เช่น สัดส่วนที่ถูกกำจัดไปยังหลุมฝังกลบ/การเผา หรือสัดส่วนที่รีไซเคิล)

หากเป็นไปได้ ควรอ้างอิงเอกสารข้อกำหนดเพิ่มเติมเพื่อระบุรายละเอียดการสิ้นอายุขัย หากโพรไฟล์การสิ้นสุดอายุการใช้งานไม่ได้กำหนดไว้ในเอกสารข้อกำหนดเพิ่มเติมหรือในข้อมูลอ้างอิงที่สนับสนุน ก็สามารถประมาณการได้ด้วยวิธีการจัดการของเสียทั่วไปหรือโดยเฉลี่ย ควรระมัดระวังในกรณีใดๆ อย่างชัดเจนในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

สำหรับวัสดุทั้งหมดในผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง จำเป็นต้องมีข้อมูลต่อไปนี้:

- มวลและประเภทของวัสดุแต่ละชนิดที่ถูกทิ้งเมื่อหมดอายุการใช้งาน
- วิธีการจัดการของเสียที่ใช้กับวัสดุแต่ละประเภทเมื่อหมดอายุการใช้งาน

2.5. การประเมินคุณภาพข้อมูล

ความถูกต้องหรือ 'คุณภาพ' ของผลลัพธ์การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ของคุณ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่คุณจะต้องพิจารณาคุณภาพของข้อมูลหลักและรองที่คุณใช้ และแสดงให้เห็นว่าข้อมูลเหล่านั้นแสดงถึงผลิตภัณฑ์ที่กำลังตามรอยเท้าอย่างเหมาะสม

เมื่อประเมินคุณภาพของข้อมูล ให้คำนึงถึงหลักการพื้นฐานที่ระบุไว้ก่อนหน้านี้เสมอ (ความเกี่ยวข้อง ความสมบูรณ์ ความสม่ำเสมอ ความถูกต้อง และความโปร่งใส)

ไม่มีกฎที่แน่นอน – มีหลายวิธีในการประเมินคุณภาพข้อมูล และสามารถใช้นโยบายการให้คะแนนที่แตกต่างกันในแต่ละกรณี สิ่งสำคัญคือการคำนึงถึงคุณภาพของข้อมูลอย่างเหมาะสม และดำเนินการอย่างโปร่งใส ตัวอย่างของวิธีการประเมินคุณภาพข้อมูลตามหลักการ โปรดทราบว่ามีวิธีใดวิธีหนึ่งที่คุณสามารถดำเนินการประเมินแบบกึ่งปริมาณเพื่อระบุขอบเขตของความไม่แน่นอน (และความจำเป็นที่อาจเกิดขึ้นได้) เพื่อการปรับปรุงข้อมูล

ควรมหาข้อมูลที่มีคุณภาพดีที่สุดเสมอในการศึกษารอยเท้า แต่จะมีความสำคัญเป็นพิเศษเมื่อใช้เพื่อการสื่อสารภายนอกเป็นหลักหากเป็นเป้าหมายของการศึกษา ในกรณีนี้ควรบันทึกการประเมินคุณภาพข้อมูลทั้งหมดพร้อมกับสมมติฐานหรือการคำนวณใดๆ ที่เกี่ยวข้องพร้อมกับการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

สำหรับการประเมินภายใน (เช่น เพื่อระบุจุดสเปกในห่วงโซ่อุปทาน) อาจไม่จำเป็นต้องทำการประเมิน/บันทึกอย่างเป็นทางการ แต่คุณควรตรวจสอบให้แน่ใจว่าความแตกต่างของคุณภาพข้อมูลไม่ได้มีอิทธิพลเกินควรต่อผลการศึกษาศึกษาของคุณ

ปัจจัยด้านการปล่อย (Emission factors) : แนวตรวจสอบเพื่อนำข้อมูลมาใช้โดยคร่าวๆ

ตัวเลขคุณสมบัติสมผลหรือไม่?

- ตรวจสอบตารางการปล่อยมลพิษทั่วไป

ปัจจัยการปล่อยสะท้อนถึงการปล่อยจาก cradle-to-gate emissions, or cradle-to-grave emissions หรือไม่?

- อาจจำเป็นต้องกำจัดการปล่อยมลพิษจากการใช้งานและสิ้นอายุการใช้งานเพื่อหลีกเลี่ยงการนับซ้ำ
- หากไม่รวมค่าขนส่ง จะต้องเพิ่ม การขนส่งควรรวมถึงการขนส่งวัสดุเข้าทั้งหมดไปยังกระบวนการ เช่นเดียวกับการขนส่งวัสดุสำเร็จรูปไปยังขั้นตอนห่วงโซ่อุปทานถัดไป

ปัจจัยการปล่อยจำเป็นต้องเฉพาะสถานที่หรือไม่?

- หากปัจจัยการปล่อยมลพิษมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อรอยเท้า และผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะผลิตด้วยวิธีต่างๆ กันในสถานที่ต่างๆ (เช่น พืชสลัด) จะต้องมีการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้ง
- หากปัจจัยด้านการปล่อยมลพิษเป็นผู้ใช้ไฟฟ้ากริดรายใหญ่ จำเป็นต้องมีการพิจารณาถึงประเทศผู้ผลิต การปล่อยไฟฟ้าจากกริดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างบางประเทศ

มีความไม่สอดคล้องกับวิธีมาตรฐานทั่วไปหรือไม่?

- การดูซึมไปโอเจนิคคาร์บอนและการปล่อยตามมา เหมาะสมหรือไม่?
- หากมีความเป็นไปได้ที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจะไม่ได้รับการพิจารณาในปัจจัยการปล่อยมลพิษ จะต้องเพิ่มสิ่งนี้
- หากกระบวนการผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ร่วม (เช่น กระบวนการทางการเกษตร) ควรใช้วิธีการจัดสรรที่เหมาะสม ควรมีหลักฐานสนับสนุนเพื่อแสดงสิ่งนี้
- ภาระด้านเงินทุนมักจะรวมอยู่ในฐานข้อมูลรอง ด้วยเหตุนี้ การปล่อยก๊าซอาจถูกประเมินสูงเกินไปเมื่อเทียบกับขอบเขต ควรสังเกตความไม่สอดคล้องกัน

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณรอยเท้า

3.1. ขั้นตอนการคำนวณทั่วไป

ขั้นตอนแรกที่มีประโยชน์ในกระบวนการคำนวณคือการแมป 'โพลว์' ทั้งหมดที่เกิดขึ้นและคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับแต่ละโพลว์ หลังจากพัฒนาแผนผังกระบวนการแล้ว สามารถใช้เพื่อแมปอินพุต เอาต์พุต ระยะเวลาและข้อมูล "กิจกรรม" ที่เป็นประโยชน์อื่นๆ สำหรับแต่ละขั้นตอนของกระบวนการได้

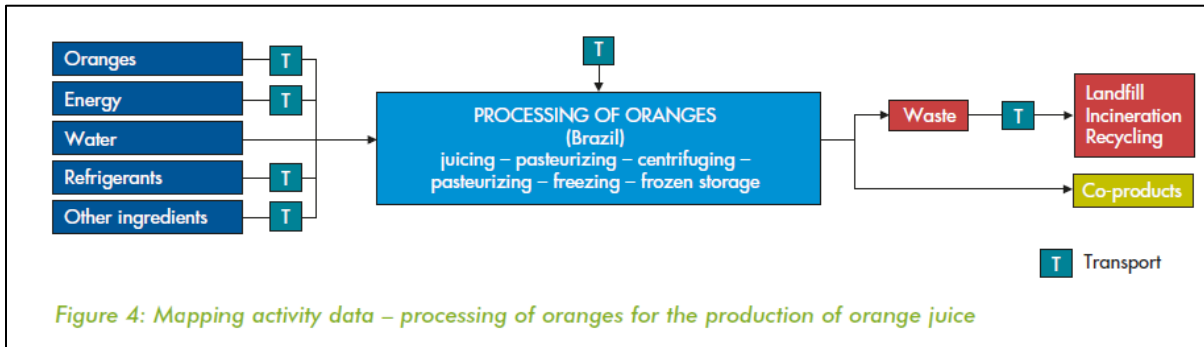
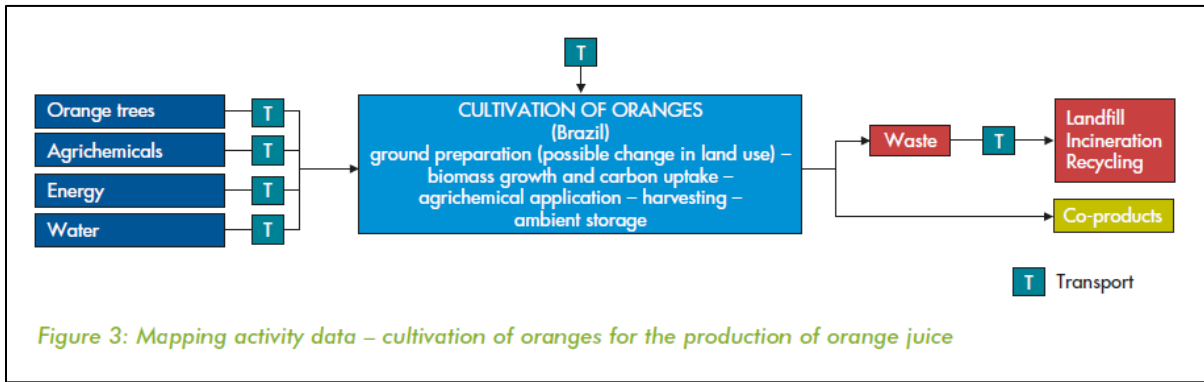
ข้อมูลกิจกรรมมักถูกรวบรวมในรูปแบบต่างๆ มากมายและเกี่ยวข้องกับหน่วยต่างๆ (เช่น อินพุตและเอาต์พุตสำหรับวัตถุดิบที่ผลิตได้หนึ่งตัน หรือมูลค่าการผลิตหนึ่งปี หรือมูลค่าการผลิตหนึ่งไร่) ขั้นตอนต่อไปที่สำคัญคือการสร้างสมดุลของโพลว์ที่แสดงในแผนผังกระบวนการ เพื่อให้อินพุตและเอาต์พุตทั้งหมดสะท้อนถึงข้อกำหนดของหน่วยงาน/โพลว์อ้างอิงที่กำหนด ซึ่งสามารถทำได้ภายในแผนผังกระบวนการเอง หรือในสเปรดชีต Excel หรือเครื่องมือซอฟต์แวร์อื่น ๆ

นี่อาจเป็นส่วนที่ยากที่สุดในกระบวนการคำนวณ คือ:

- คำนึงถึงของเสียในกระบวนการเสมอ
- ทำการคำนวณให้โปร่งใสที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้
- บันทึกสมมติฐานและข้อกังวลเกี่ยวกับข้อมูลทั้งหมด

เมื่อการไหลมีความสมดุลเพื่อสะท้อนถึงหน่วยงานแล้ว กระบวนการคำนวณก็ง่ายและสมเหตุสมผล

โปรดจำไว้ว่าการไหลบางส่วนอาจเป็นลบ ซึ่งมีการกำจัดคาร์บอนชีวภาพ



ทำให้สมมติฐานง่ายขึ้น (Making simplifying assumptions)

บ่อยครั้งที่เป็นไปได้ที่จะใช้การทำให้เข้าใจได้ง่ายหรือการประมาณค่าเพื่อปรับปรุงกระบวนการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ใต้ง่าย ตัวอย่างเช่น:

- จัดกลุ่มสารเคมีทำความสะอาดทั้งหมดและใช้ปัจจัยการปล่อย 'สารเคมี' ทั่วไป ประมาณปริมาณที่ใช้
- กำหนดสมมติฐานทั่วไปสำหรับการขนส่ง เช่น 50 กม. ไปยังการบำบัดของเสีย 200 กม.

เมื่อตั้งสมมติฐานที่เข้าใจง่ายขึ้น สิ่งสำคัญคือต้องตั้งสมมติฐานแบบอนุรักษ์นิยมในกรณีที่แย่ที่สุด และตรวจสอบให้แน่ใจว่าคุณบันทึกสมมติฐานเหล่านั้นและสามารถเปลี่ยนแปลงได้หากจำเป็น

ในขั้นตอนการคำนวณรอยเท้า เป็นความคิดที่ดีที่จะตรวจสอบและยืนยันว่าข้อมูลเข้าหรือกิจกรรมที่เรียบง่ายเหล่านี้ไม่ได้มีส่วนสำคัญกับรอยเท้า (เช่น >5 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนเท้ารวม) หากเป็นเช่นนั้น คุณอาจต้องกลับไปรวบรวมข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น

ตามที่กล่าวไว้ ควรหาข้อมูลที่มีคุณภาพดีที่สุด (และเฉพาะเจาะจง) ในการประเมินเสมอ แต่มีความสำคัญเป็นพิเศษเมื่อการสื่อสารภายนอกเป็นเป้าหมายสูงสุดของการศึกษา

สำหรับการประเมินทั้งภายนอกและภายใน สิ่งสำคัญที่สุดคือต้องแน่ใจว่าความแตกต่างของคุณภาพข้อมูลไม่มีอิทธิพลเกินควรต่อผลการศึกษาของคุณ

	Quantity	Unit	Transport distance (for input or waste)	Transport mode and type	Data source
Input					
Fertilizer, total ^a	800	kg	100 km	Articulated HGV >33 t	Fertistat, transport assumed
Fertilizer, as N	150	kg	–	–	Fertistat
Fertilizer, as P ₂ O ₅	50	kg	–	–	Fertistat
Fertilizer, as K ₂ O	200	kg	–	–	Fertistat
Pesticide, total ^a	40	kg	100 km	Articulated HGV >33 t	Published/reviewed LCA, transport assumed
Pesticide, active ingredient	15	kg	–	–	Published/ reviewed LCA

Energy					
Diesel	50	litres	–	–	Published/ reviewed LCA
Electricity	65	kWh	–	–	Published/ reviewed LCA
Output					
Oranges	22,000	kg	(included below)		FAOSTAT
Emissions					
N ₂ O from soil (fertilizer application and crop residues)	5	kg	–	–	Published/reviewed LCA/IPCC
Waste					
Un-harvested oranges to land-spreading	200	kg	10 km	Rigid HGV >7.5–17 t	Published/ reviewed LCA, transport assumed
Damaged oranges to land-spreading	100	kg	10 km	Rigid HGV >7.5–17 t	Published/reviewed LCA, transport assumed

HGV, heavy goods vehicle.

Table 6: Example – to produce 1 tonne of concentrate

	Quantity	Unit	Transport distance (for input or waste)	Transport mode and type	Data source
Input					
Oranges	5,000	kg	100 km	Articulated HGV >33 t	Published/reviewed LCA, assumed transport
Water	100	litres	–	–	Published/reviewed LCA
Refrigerants	0.05	kg	100 km	Articulated HGV >33 t	Published/reviewed LCA, assumed transport
Cleaning detergent	10	kg	100 km	Articulated HGV >33 t	Published/reviewed LCA
Energy					
Natural gas	30	kWh	–	–	Published/reviewed LCA
Grid electricity	65	kWh	–	–	Published/reviewed LCA
Product outputs					
Orange concentrate	1,000	kg	–	–	Published/reviewed LCA
Orange pulp	400	kg	–	–	Published/reviewed LCA
Orange peel oil	125	kg	–	–	Published/reviewed LCA
Waste					
Damaged oranges	100	kg	10 km	Rigid HGV >7.5–17 t	Published/reviewed LCA, assumed transport
Pith/peel/pips	150	kg	50 km	Rigid HGV >7.5–17 t	Published/reviewed LCA, assumed transport
Waste water	3,325	litres	–	–	Published/reviewed LCA
Cleaning detergent to waste water	10	litres	–	–	Published/reviewed LCA
Refrigerant emissions	0.05	kg	–	–	Published/reviewed LCA

Table 7: Footprint calculations for the production of a 1 litre carton of orange juice (example data only)

	Quantity (original)	Quantity (per litre of orange juice)	Unit	Emission factor (kg CO ₂ e/unit)	GHG emissions (kg CO ₂ e)
RAW MATERIALS					
<i>The following data refer to the cultivation of 1 hectare of oranges, which yields 22,000 kg. The production of 1 litre of orange juice requires the cultivation of 2.1 kg of oranges</i>					
Transportation of materials to cultivation					
Articulated HGV >33 t	84	0.008	tkm	0.10	0.001
Cultivation of oranges					
N fertilizer (production impacts)	150	0.014	kg	7.5	0.107
P ₂ O ₅ fertilizer (production impacts)	50	0.005	kg	2.0	0.010
K ₂ O fertilizer (production impacts)	200	0.019	kg	1.0	0.019
Pesticide, active ingredient (production impacts)	15	0.001	kg	7.0	0.010
N ₂ O emissions from soil (from fertiliser application and residue management)	5	0.0005	kg	298 ^a	0.149
Diesel	50	0.005	litres	3.2	0.015
Electricity	65	0.006	kWh	0.09	0.001
Unharvested oranges to land-spreading	200	0.019	kg	No emissions allocated ^b	
Damaged oranges to land-spreading	100	0.010	kg	No emissions allocated ^b	
Transportation of waste					
Rigid HGV >7.5–17 t	3	0.00029	tkm	0.10	0.00003
MANUFACTURE					
<i>The following data refer to the processing of oranges to produce 1 tonne of orange concentrate. The production of 1 litre of orange juice requires the production of 0.21 kg of concentrate</i>					
Transportation of oranges to processing					
Articulated HGV >33 t	502	0.105	tkm	0.10	0.011
Processing of oranges to concentrate					
Oranges	Calculated in previous stage				
Water	100	0.021	litres	0.0003	<0.001
Refrigerant (production)	0.05	0.00001	kg	100	0.001
Cleaning detergent	10	0.002	kg	1	0.002
Natural gas	30	0.006	litres	0.2	0.001
Grid electricity	65	0.014	kWh	0.09	0.001
Orange pulp (co-product)	See Step 3.1, heading 'Co-product allocation'				
Orange peel oil (co-product)	See Step 3.1, heading 'Co-product allocation'				
Damaged oranges to land-spreading	100	0.021	kg	No emissions allocated ^b	
Pith/peel/pips to land-spreading	150	0.032	kg	No emissions allocated ^b	

(Continued)

	Quantity (original)	Quantity (per litre of orange juice)	Unit	Emission factor (kg CO ₂ e/unit)	GHG emissions (kg CO ₂ e)
MANUFACTURE (Continued)					
Processing of oranges to concentrate (Continued)					
Waste water	3,325	0.698	litres	0.0008	0.001
Cleaning detergent to waste water	10	0.002	litres	0.0008	0.000
Refrigerant (emissions)	0.05	0.00001	kg	2,000	0.021
Transportation of waste to cattle feed production					
Rigid HGV >7.5–17 t	3	0.001	tkm	0.10	<0.001
Transportation of orange concentrate to orange juice production					
Articulated HGV >33 t	2000	0.42	tkm	0.10	0.044
Container ship (frozen)	10000	2.1	tkm	0.015	0.032
<i>The following data refers to 1 litre of orange juice.</i>					
Production of orange juice					
Water	–	1.3	litres	0.0003	0.0004
Cleaning detergent	–	0.0001	kg	1	0.0001
Refrigerants (production)	–	0.00005	kg	100	0.005
Production of cardboard carton (including biogenic carbon removals) ^c	–	0.003	kg	–0.5 ^c	–0.002
Plastic closure cap	–	0.001	kg	3	0.003
Natural gas	–	0.04	kWh	0.203	0.008
Grid electricity: UK	–	0.05	kWh	0.545	0.027
Waste water treatment	–	0.5	litres	0.0008	0.0004
Refrigerants (emissions)	–	0.00005	kg	2,000	0.100
DISTRIBUTION					
Articulated HGV >33 t	–	0.5	tkm	0.10	0.052
Grid electricity: UK	–	0.00015	kWh	0.545	<0.001
Refrigerants (production)	–	0.000005	kg	100	0.001
Refrigerants (emissions)	–	0.000005	kg	2,000	0.010
RETAIL					
Grid electricity: UK	–	0.00015	kWh	0.545	<0.001
Refrigerants (production)	–	0.000005	kg	100	0.001
Refrigerants (emissions)	–	0.000005	kg	2,000	0.010
USE					
Grid electricity: UK	–	0.00015	kWh	0.545	<0.001

(Continued)

	Quantity (original)	Quantity (per litre of orange juice)	Unit	Emission factor (kg CO ₂ e/unit)	GHG emissions (kg CO ₂ e)
USE					
Grid electricity: UK	–	0.00015	kWh	0.545	<0.001
END OF LIFE					
Waste water treatment	–	0.2	litres	0.0008	<0.001
Recycling of packaging waste	–	0.0008	kg	0	<0.001
Landfill of cardboard packaging waste (including biogenic carbon emissions) ^f	–	0.0024	kg	1.5 ^c	0.003
Landfill of plastic packaging waste	–	0.0008	kg	0	0.000

^a This is the global warming potential (GWP) of N₂O gas – not an emission factor. The gas is released directly, and so does not need multiplying by an emission factor. It does, however need to be multiplied by its GWP of 298 to translate into CO₂ equivalents (CO₂e).

^b Land-spreading – this is put to useful purpose, and so is a co-product, albeit with minimal value. A simple approach is to allocate this co-product zero emissions, as its relative value is very small (see Step 3.1, heading ‘Co-product allocation’, of this Guide).

^c These values include removals and emissions of biogenic carbon within the packaging material. See Step 3.2, heading ‘Biogenic carbon accounting and carbon storage’, of this Guide.

การจัดสรรผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product allocation)

กระบวนการบางอย่างในวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ อาจให้ผลลัพธ์ที่มีประโยชน์(ผลพลอยได้)มากกว่าหนึ่งรายการ ('ผลิตภัณฑ์ร่วม') ตัวอย่างเช่น ในวงจรชีวิตของน้ำส้ม การคั้นน้ำส้มไม่เพียงแต่ให้น้ำส้มเท่านั้น แต่ยังได้เยื่อส้มปริมาณมาก (ผลิตภัณฑ์ร่วมมูลค่าต่ำที่สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้) และปริมาณเล็กน้อยสำหรับน้ำมันลวกผิว (น้ำมันหอมระเหยมูลค่าสูงที่สามารถใช้เป็นน้ำหอมในน้ำหอมหรือน้ำยาทำความสะอาดในครัวเรือน)

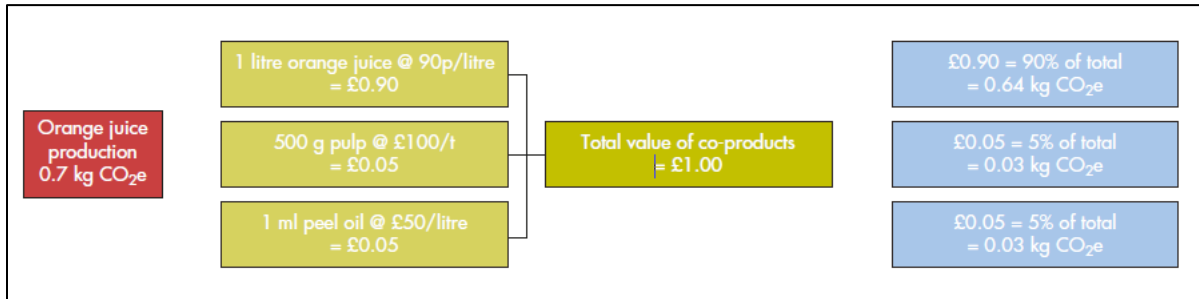
ในกรณีเหล่านี้ กระแสอินพุตและเอาต์พุตหรือการปล่อยของกระบวนการ (คั้นน้ำ) จะต้องแยกหรือ 'จัดสรร' ระหว่างผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษา (น้ำผลไม้) และผลิตภัณฑ์ร่วมใดๆ (เยื่อส้มและน้ำมันจากเปลือก)

มีหลายวิธีที่สามารถทำได้ แม้ว่าบางวิธีอาจไม่สามารถทำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบผลิตภัณฑ์

สรุปลำดับความชอบสำหรับวิธีการที่มีอยู่คือ

- ตัวเลือกแรกคือการแบ่งกระบวนการออกเป็น 'กระบวนการย่อย' สองกระบวนการหรือมากกว่า เพื่อแยกกิจกรรมที่ให้ผลเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษา เมื่อแยกแล้ว ควรใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอินพุตและเอาต์พุตสำหรับกระบวนการย่อยนี้
- หากไม่สามารถแยกกระบวนการย่อยตามข้างต้น วิธีถัดไปที่แนะนำคือการขยายขอบเขตการศึกษาของระบบเพื่อรวมผลิตภัณฑ์ที่ถูกแทนที่ด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์ร่วม ควรดำเนินการนี้เฉพาะเมื่อมีการย้ายผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่รู้จักและเฉพาะเจาะจงเท่านั้น
 - ตัวอย่างเช่น หากไม่สามารถแยก 'กระบวนการย่อย' ของผลพลอยได้ ผลิตภัณฑ์ยิปซัมมักขายเพื่อใช้ในแผ่นยิปซัม และจะแทนที่แร่ยิปซัมที่ขุดจากพื้นดิน และปริมาณการปล่อยแร่ยิปซัมที่ปล่อยออกมาจากเหมืองสามารถใช้แทนสัดส่วนที่จัดสรรให้กับยิปซัม FGD โดยการปล่อยส่วนที่เหลือจะจัดสรรให้การผลิตไฟฟ้า
 - ในทางกลับกัน ในตัวอย่างน้ำส้ม เยื่อส้มถูกผลิตในฐานะที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมและแทนที่อาหารสัตว์: อาหารสัตว์มีหลายประเภท และเยื่อส้มไม่ได้ทดแทนโดยตรงสำหรับอาหารสัตว์ใดๆเป็นการเฉพาะ จะใช้วิธีเดียวกับยิปซัมไม่ได้
 - การขยายระบบมักใช้โดยที่กระบวนการผลิตส่งออกไฟฟ้าไปยังกริดของประเทศเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม: ไฟฟ้ากริดในจำนวนที่เท่ากันจะถูกแทนที่ และการปล่อยก๊าซเพื่อผลิตสิ่งนี้จะถูกปันส่วนไปยังผลิตภัณฑ์ร่วมด้านพลังงาน (และถูกหักออกจากระบบสินค้า)
- หากทั้งสองวิธีข้างต้นไม่เหมาะสมกับระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ควรศึกษาเอกสารข้อกำหนดเพิ่มเติมที่เหมาะสมเพื่อดูว่ามีแนวทางมาตรฐานในการจัดสรรผลิตภัณฑ์ร่วมสำหรับระบบนั้นหรือไม่

4. หากไม่มีข้อกำหนดเพิ่มเติมหรือเห็นว่าเหมาะสม ควรจัดสรรอินพุต/เอาต์พุต/การปล่อยของกระบวนการให้กับผลิตภัณฑ์ร่วมบนพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ซึ่งหมายความว่าสัดส่วนของการปล่อยมลพิษที่กำหนดให้กับผลิตภัณฑ์ร่วมแต่ละรายการควรเท่ากับสัดส่วนของรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์นั้น



โรงงานหลายผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการวัดย่อย/การตรวจสอบตามสายผลิตภัณฑ์

ในบางกรณี การปล่อยจะต้องถูกแยกระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ร่วม: ผลิตภัณฑ์ร่วมจะเกิดขึ้นเฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถผลิตได้หากไม่มีผลิตภัณฑ์อื่น (เช่น น้ำมันและน้ำมันแกน/เปลือก) ยกตัวอย่างโรงงานที่ผลิตสินค้าต่างๆ มากมาย (เช่น แชมพูและครีมชนิดประเภทต่างๆ) ซึ่งสินค้าเหล่านี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการผลิตของกันและกัน แต่ผลิตควบคู่กันหรือใช้อุปกรณ์ร่วมกัน (หากเป็นระบบแบบทวี) และไม่มีโรงงานย่อย มีการวัดหรือติดตามการปล่อยมลพิษตามสายผลิตภัณฑ์ ในกรณีเหล่านี้ การปล่อยก๊าซจะต้องแบ่งตามการคำนวณและประมาณการ

ทางเลือกที่ดีที่สุดในการนี้คือการพยายามแยกกระบวนการที่ผลิตผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษาอยู่ในสถานการณ์โรงงาน อาจทำได้โดยการบันทึกการจับกระแสเฉพาะด้วยแคลอรีป้อนแอมมิเตอร์ในขณะที่สายการผลิตผลิตภัณฑ์กำลังทำงาน อีกวิธีหนึ่งคือ การใช้พลังงานสามารถคำนวณได้จากการจับกระแสไฟฟ้าที่ระบุในข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค หรือจากแผ่นป้ายชื่อของเครื่องนั้นๆ

หากเป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น ในสถานการณ์ที่สายไฟทั้งหมดไหลออกจากแหล่งพลังงานทั่วไป เช่น เครื่องอัดอากาศ ควรแบ่งข้อมูลพลังงานระดับสถานประกอบการไปยังระบบผลิตภัณฑ์ตามความสัมพันธ์ทางกายภาพที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น จำนวน มวล หรือปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเป็นสัดส่วนของผลผลิตทั้งหมดอาจนำมาใช้ได้หากกระบวนการสำหรับสินค้าทั้งหมดที่ผลิตที่ไซต์นั้นคล้ายคลึงกัน ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันมาก อาจใช้ความสัมพันธ์อื่นๆ เช่น สัดส่วนของชั่วโมงการทำงานที่ใช้ไปกับการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ

วิธีการจัดสรรที่เหมาะสมที่สุดจะต้องตัดสินใจเป็นรายกรณี ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของระบบ สิ่งสำคัญคือต้องระบุวิธีการแบ่งส่วนนี้ไว้อย่างชัดเจนในระหว่างการรายงาน

3.2. การคำนวณสำหรับลักษณะเฉพาะของรอยเท้า

การทำบัญชีใบโอเจนิคคาร์บอนและการจัดเก็บคาร์บอน

การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลจะสามารถปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂)เช่นกัน แต่ในความเป็นจริงมีความแตกต่างพื้นฐานระหว่างการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและจากชีวมวล เพราะการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจะปล่อยคาร์บอนที่เคยถูกกักเก็บไว้ใต้พื้นโลกนับเป็นล้านๆ ปีขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ แต่ในขณะที่การเผาเชื้อเพลิงชีวมวลจะปล่อยคาร์บอนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรคาร์บอนอยู่แล้ว (Biogenic CO₂)

ซึ่งเท่ากับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจะเพิ่มปริมาณคาร์บอนโดยรวมในชั้นบรรยากาศและระบบนิเวศของโลก ขณะที่การใช้พลังงานชีวมวลจะปล่อย Biogenic CO₂ และเกิดการหมุนเวียนคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศผ่านกระบวนการดูดซับของพืช โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นผลสุทธิของก๊าซเรือนกระจก (GHG) จากการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจึงไม่สามารถเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซ CO₂ ณ จุดเผาไหม้กับเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ จึงต้องเปรียบเทียบกับภาพรวมของรอบเวลาในกระบวนการหมุนเวียนคาร์บอนในวัฏจักรคาร์บอนด้วย ซึ่งจะเห็นว่า การปล่อย GHG จากเชื้อเพลิงฟอสซิลมีรอบเวลาในวัฏจักรคาร์บอนนานนับล้านๆ ปี ซึ่งนานกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลมาก การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล แล้วหันมาใช้พลังงานทางเลือกอื่นๆ แทน ซึ่งพลังงานจากชีวมวลก็เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจ

แนวทางที่แนะนำสำหรับขั้นตอนการบัญชีสำหรับการปล่อยคาร์บอนชีวภาพ/การกำจัด/การจัดเก็บที่อาจเกิดขึ้นภายในระบบผลิตภัณฑ์

- **แทนที่จะใช้วิธี 'น้ำหนักเป็นศูนย์- zero-weighting'** จะต้องรวมการกำจัดคาร์บอนไบโอจีนิกทั่วทั้งระบบผลิตภัณฑ์ไว้ด้วย ยกเว้นสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและอาหารสัตว์
 - การกำจัดคาร์บอนไบโอเจนิค (เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)) จะได้รับค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนที่ -1 เพื่อบ่งชี้การกำจัด CO₂ ออกจากชั้นบรรยากาศ (หรืออีกทางหนึ่ง คาร์บอนที่ป้อนเข้าระบบอาจถือเป็นค่าลบ)
 - ปริมาณของการกำจัด CO₂ ทางชีวภาพสำหรับระบบผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้จากปริมาณคาร์บอนโดยประมาณของวัตถุดิบที่ป้อนเข้า คูณด้วยมวลสัมพัทธ์ของคาร์บอนเทียบกับ CO₂ ดูแลให้ปริมาณคาร์บอนที่ใช้สะท้อนถึงความชื้นของวัสดุ (ควรปรับปริมาณคาร์บอนตามน้ำหนักเปียก/แห้งให้เหมาะสม)
- **การปล่อยคาร์บอนไบโอเจนิค**ที่ตามมาจะต้องรวมอยู่ด้วย – ยกเว้นสำหรับอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์
 - การปล่อย CO₂ ทางชีวภาพทำให้โลกร้อนขึ้นได้ 1 เท่า (สำหรับ CO₂ จากฟอสซิล)
 - การปล่อยไบโอเจนิคมีเทน (CH₄) ทำให้โลกร้อนขึ้นที่ 25 เท่า
- **กรอบเวลาของการประเมินคือ 100 ปี** คาร์บอนไบโอจีนิกที่ถูกใช้แต่ไม่ได้ถูกปล่อยออกมาภายหลังหลังจากผ่านไป 100 ปี ยังคงเป็นเครดิตเชิงลบต่อระบบ (เช่น ประโยชน์ในการกักเก็บคาร์บอน)
- **สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและอาหารสัตว์** การกำจัดคาร์บอนออกจากชั้นบรรยากาศ และการปล่อยคาร์บอนชีวภาพที่ตามมาในภายหลังในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อหมดอายุการใช้งาน สามารถยกเว้นได้ เพื่อให้การคำนวณรอยเท้าง่ายขึ้น
 - ทั้งการกำจัดคาร์บอนไบโอเจนิค (ในรูปของ CO₂) และการปล่อย CO₂ ของไบโอเจนิคจะทำให้โลกร้อนมีศักยภาพเป็นศูนย์
 - การปล่อย CH₄ ทางชีวภาพทำให้โลกร้อนมีศักยภาพที่ 22.25 สิ่งนี้แก้ไขศักยภาพของภาวะโลกร้อนโดยคำนึงถึงการกำจัด CO₂ ที่ก่อให้เกิดแหล่งคาร์บอนชีวภาพ
 - ในกรณีที่ไม่น่าจะเป็นไปได้ที่คาร์บอนภายในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์สามารถแสดงได้ว่าไม่ถูกปล่อยซ้ำภายในระยะเวลาการประเมิน 100 ปี ควรเพิ่มเครดิตการจัดเก็บคาร์บอน (เป็นการปล่อย CO₂ เชิงลบ)

หากผลิตภัณฑ์มีทั้งอาหารและอาหารสัตว์ เช่น บรรจุภัณฑ์กระดาษแข็ง ก็จะใช้วิธีการที่แตกต่างกันสำหรับอาหาร/อาหารสัตว์และองค์ประกอบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ หรือผู้ใช้สามารถเลือกที่จะรวมการดูดซับและปล่อยคาร์บอนชีวภาพสำหรับ ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ในทั้งสองกรณี รอยเท้าที่เป็นผลลัพธ์ควรเหมือนกัน แต่สิ่งสำคัญคือต้องบันทึกการคำนวณของคุณอย่างโปร่งใส เนื่องจากการไหลของคาร์บอนและการปล่อย/การจัดเก็บอาจสับสนได้ง่ายกับองค์ประกอบที่พลาดไปหรือเพิ่มเข้ามาอย่างผิดพลาด

ขอแนะนำให้ติดตามทั้งการไหลของคาร์บอนและการปล่อยที่ตามมา (carbon flows and subsequent Emissions) ผ่านระบบอย่างครบถ้วน

เมื่อใดก็ตามที่คาร์บอนไบโอจีนิกก่อตัวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ตัวอย่างการคำนวณสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นกระดาษ ตัวอย่างเช่น สัดส่วนของการปล่อยก๊าซที่ปล่อยออกมาในรูปของ CO₂ หรือ CH₄ เมื่อสิ้นอายุการใช้งาน และสัดส่วนของคาร์บอนที่ไม่ได้ถูกปล่อยออกมาภายใน 100 ปี สมมติฐานดังกล่าวอาจมีนัยสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์บางอย่าง (เช่น วัสดุที่ทำจากกระดาษ ไม้ หรือสิ่งทอธรรมชาติถูกฝังกลบ) 'การกำจัดของเสียที่เหลือ: การฝังกลบและการเผา' ยังกล่าวถึงความไม่แน่นอนโดยรอบประมาณการอายุยืน/การย่อยสลายของวัสดุในหลุมฝังกลบ คุณควรตระหนักถึงความหมายเหล่านี้หากพยายามเลือกระหว่างผลิตภัณฑ์หรือตัวเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีวัสดุเหล่านี้ สิ่งสำคัญคือต้องแน่ใจว่าคุณได้บันทึกสมมติฐานและแหล่งข้อมูลที่ใช้

พลังงานความร้อนและพลังงานรวม (Energy and combined heat and power - CHP)

การปล่อยมลพิษที่เกิดจากการใช้พลังงานทั้งหมด ทั้งพลังงานที่ผลิตนอกสถานที่และพลังงานที่ผลิตในสถานประกอบการจะตองนำมาพิจารณาในการคำนวณรอยเท้าคาร์บอน ส่วนนี้อธิบายวิธีการบัญชีประเภทพลังงานที่พบบ่อยที่สุดโดยใช้ปัจจัยการปล่อยมลพิษหตุยภูมิที่เปิดเผยต่อสาธารณะ

ปัจจัยการปล่อยมลพิษของเชื้อเพลิงและไฟฟ้ามักจะอธิบายไว้ค่อนข้างดีและมีให้ในแต่ละประเทศ ตัวอย่างเช่น แหล่งที่มาของปัจจัยการปล่อยมลพิษที่ดีที่สุดที่เปิดเผยต่อสาธารณะสำหรับการผลิตไฟฟ้าแบบกริดและประเภทเชื้อเพลิงทั่วไป

ไฟฟ้ากริด (Grid electricity)

รูปแบบพลังงานที่ใช้บ่อยที่สุดในวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์คือไฟฟ้ากริด การปล่อยก๊าซที่เป็นผลมาจากการไฟฟ้าแบบกริดเป็นหน้าที่ของการปล่อยก๊าซจากการผลิตและการเผาไหม้ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้ในโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ ซึ่งประกอบกันเป็นไฟฟ้าแบบกริดของประเทศ

การปล่อยก๊าซจากการใช้ไฟฟ้าแบบกริดสามารถพบได้ในปัจจัยจากการปล่อยมลพิษจากการผลิต ความสูญเสีย และการใช้ไฟฟ้าในบีต่างๆ ตัวเลขที่ควรใช้คือการปล่อยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับทุกขอบเขตของปีที่เหมาะสม

คุณจะต้องได้รับปัจจัยไฟฟ้ากริดที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการใช้ไฟฟ้าในประเทศต่างๆ และปัจจัยเหล่านี้อาจแตกต่างกันอย่างมากเนื่องจากแหล่งพลังงาน/ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ผสมกัน (เช่น สัดส่วนพลังงานน้ำ / สัดส่วนนิวเคลียร์สูง/สัดส่วนถ่านหินสูง) ซึ่งในบางประเทศอาจแล้วแต่รัฐที่สถานประกอบการตั้งอยู่

พลังงานหมุนเวียนและอัตราค่าไฟฟ้าหมุนเวียน (Renewable energy and renewable electricity tariffs)

พลังงานหมุนเวียนสามารถรับรองระบบผลิตที่ภายใต้สถานการณ์บางอย่างเท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงการนับซ้ำ ต้องเป็นไปตามเกณฑ์สองข้อต่อไปนี้:

1. ต้องได้รับการพิสูจน์ว่ากระบวนการที่ศึกษาและเฉพาะกระบวนการที่ศึกษาเท่านั้นที่ใช้พลังงานหมุนเวียนที่สร้างขึ้น
2. พลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อปัจจัยการปล่อยก๊าซเฉลี่ยของประเทศสำหรับการผลิตพลังงาน

โดยพื้นฐานแล้ว จะต้องมีการเชื่อมโยงเชิงสาเหตุโดยตรงและแยกจากกันระหว่างการผลิตไฟฟ้าหมุนเวียนและการใช้ไฟฟ้าในระบบผลิตที่ จึงจะนับเป็นพลังงานหมุนเวียนเมื่อคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ หากไม่เป็นไปตามเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งด้านบน ต้องใช้การปล่อยมลพิษสำหรับไฟฟ้ากริดเฉลี่ย

การผลิตไฟฟ้าในสถานที่ (On-site electricity production)

เมื่อมีการผลิตไฟฟ้าในสถานที่เพื่อใช้โดยกระบวนการ ต้องมีการคำนวณปัจจัยการปล่อยมลพิษที่เหมาะสมสำหรับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้านี้ สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการคำนวณปัจจัยการปล่อยมลพิษ โปรดดูส่วนด้านล่างเกี่ยวกับ CHP และการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ไฟฟ้าและความร้อนจาก CHP

การปล่อยมลพิษจากการผลิตพลังงานจะถูกจัดสรรให้กับพลังงานที่มีประโยชน์เท่านั้น (เช่น พลังงานที่ใช้โดยกระบวนการ) ในกรณีส่วนใหญ่ของการผลิตไฟฟ้า ซึ่งพลังงานความร้อนส่วนเกินถูกกระจายออกไป การปล่อยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะถูกจัดสรรให้กับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มีการผลิตพลังงานจาก CHP การปล่อยมลพิษจะต้องถูกจัดสรรให้กับพลังงานความร้อนที่มีประโยชน์และไฟฟ้าที่มีประโยชน์ที่ผลิตได้

การจัดสรรควรเป็นดังนี้:

- สำหรับระบบ CHP ที่ใช้หม้อไอน้ำ (เช่น ถ่านหิน ไม้ เชื้อเพลิงแข็ง) – การปล่อยก๊าซต่อ MJ ของไฟฟ้า: การปล่อยก๊าซต่อ MJ ของความร้อนควรได้รับการจัดสรรในอัตราส่วน 2.5:1
- สำหรับระบบ CHP ที่ใช้กังหัน (เช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซฝังกลบ) – การปล่อยก๊าซต่อ MJ ของไฟฟ้า: การปล่อยก๊าซต่อ MJ ของความร้อนควรได้รับการจัดสรรในอัตราส่วน 2:1

สิ่งสำคัญคือต้องสังเกตว่าอัตราส่วนเหล่านี้ใช้กับพลังงานที่ผลิตได้ 1 MJ ในสถานการณ์ส่วนใหญ่ พลังงานประเภทหนึ่งจะผลิตได้มากกว่าอีกประเภทหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ความร้อน 6 MJ สำหรับไฟฟ้าทุกๆ 1 MJ ดังนั้นอัตราส่วนของการปล่อยจะต้องปรับให้เหมาะสม

การผลิต การสูญเสีย และการใช้ไฟฟ้า

ไฟฟ้ากริดมักผลิตห่างจากจุดที่ใช้ไปหลายกิโลเมตร การส่งกระแสไฟฟ้านี้เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าบางส่วนสูญเสียไปเป็นความร้อนในขั้นตอนต่างๆ ดังนั้น 1 กิโลวัตต์ชั่วโมงที่ผลิตที่สถานีไฟฟ้าอาจแปลงเป็นพลังงานเพียง 0.98 กิโลวัตต์ชั่วโมงสำหรับผู้บริโภคปลายทางเท่านั้น ปัจจัยด้านการผลิต การสูญเสีย และการปล่อยการบริโภคที่คำนวณโดย Defra/DECC ข้างต้นเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นี้ โดยพื้นฐานแล้ว หากต้องการใช้ไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง จะต้องผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง (ประมาณ 1.02 กิโลวัตต์ชั่วโมงในตัวอย่างด้านบน) ดังนั้น ปัจจัยด้านการปล่อยมลพิษจากการบริโภคจึงถูกปรับขนาดตามข้อเท็จจริงนี้

การส่งออกพลังงานของ CHP (Export of energy from CHP)

หากมีการส่งออกพลังงานบางส่วนหรือทั้งหมดที่ผลิตโดย CHP ในพื้นที่ จะถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ในฐานะที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม การส่งออกพลังงานจะขึ้นอยู่กับแนวทางการจัดการการขยายระบบไม่ว่าจะส่งออกไปยังโครงข่ายไฟฟ้าที่ใด หรือต้องแทนที่แหล่งความร้อนที่รู้จัก การปล่อยก๊าซที่หลีกเลี่ยงซึ่งเป็นผลมาจากการแทนที่ของไฟฟ้า/ความร้อนของกริดควรคำนวณโดยใช้ปัจจัยการปล่อยก๊าซโดยเฉลี่ย

การปล่อยก๊าซเหล่านี้สามารถหักออกจากรอยเท้าของผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษาอยู่ เนื่องจากพวกมันแสดงถึงสัดส่วนของการปล่อยก๊าซที่จัดสรรให้กับผลิตภัณฑ์ร่วมด้านพลังงาน

การใช้การปล่อยมลพิษจาก CHP นอกสถานที่กับระบบผลิตภัณฑ์ (Applying emissions from off-site CHP to a product system)

การผลิตพลังงานทดแทนจะรวมอยู่ในปัจจัยการปล่อยมลพิษสำหรับ CHP เมื่อมีการผลิตในสถานประกอบการเท่านั้น หากซื้อพลังงานจากผู้ให้บริการ CHP ในพื้นที่นอกสถานที่ ควรคำนวณปัจจัยการปล่อยความร้อน/ไฟฟ้าตามที่อธิบายไว้ข้างต้น แต่ไม่ควรรวมเครดิตการแทนที่ใดๆโดยผู้ผลิตพลังงานที่อ้างสิทธิ์เหล่านี้แล้ว

เกษตรกรรม (Agriculture)

การเกษตรเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนในแง่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจำนวนมาก นอกเหนือจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงและทางอ้อม

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land use change)

เมื่อพืชพรรณตามธรรมชาติหรือกึ่งธรรมชาติถูกถางออกเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะอื่น เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม หรือการใช้ที่ดินที่ไม่ใช่ธรรมชาติอื่นๆ คาร์บอนที่เก็บไว้ในชีวมวลนั้นจะถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยตรงนี้ แม้ว่าในทางเทคนิคแล้วการปล่อยมลพิษทั้งหมดนี้จะเกิดขึ้นภายใน 1 ปี ก็คือการใช้ที่ดินนั้นต่อไป (เช่น การผลิตพืชผลทางการเกษตรบนที่ดินนั้น) ดังนั้นการปล่อยมลพิษจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจะถูกแบ่งเท่าๆ กันในช่วงระยะเวลา 20 ปี (หรือในกรณีของเกษตรกรรม ระยะเวลาของวัฏจักรการเพาะปลูกหนึ่งรอบ ซึ่งเรียกว่า 'ช่วงเก็บเกี่ยว' แล้วแต่ว่าจะเป็นเวลาใดนานกว่า)

เมื่อใดที่จะรวมการปล่อยมลพิษจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไว้ในรอยเท้าคาร์บอน (When to include emissions from land use change in the carbon footprint)

การปล่อยมลพิษจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต้องรวมอยู่ในคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ หากที่ดินที่ใช้ในการผลิตนั้นถูกตัดแปลงมาจากพืชพรรณชาติหรือกึ่งธรรมชาติ (รวมถึงทุ่งหญ้า) ภายใน 20 ปีที่ผ่านมาหรือระยะเวลาเก็บเกี่ยวหนึ่งช่วง แล้วแต่ระยะใดจะยาวกว่ากัน

ในกรณีที่สามารถพิสูจน์ได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเกิดขึ้นมากกว่า 20 ปีก่อนการประเมิน ไม่ควรรวมการปล่อยการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในกรณีที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้แน่ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเมื่อใด ควรถือว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเกิดขึ้นในวันที่ 1 มกราคมของปีแรกสุดที่สามารถพิสูจน์ได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเกิดขึ้นแล้ว (เช่น ปีที่เจ้าของปัจจุบันซื้อที่ดินแปลงสภาพแล้ว) หรือตามสมมติฐานกรณีที่เลวร้ายที่สุดคือวันที่ 1 มกราคมของปีที่ประเมิน

การคำนวณการปล่อยมลพิษจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Calculating emissions from land use change)

ความซับซ้อนของการคำนวณการปล่อยมลพิษจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับที่ตั้งของที่ดินหรือแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากแหล่งเดียวที่รู้จักจะตรงไปตรงมา ผลิตภัณฑ์ที่นำเข้ามาจากประเทศใดประเทศหนึ่งจะมีความซับซ้อนมากขึ้น และผลิตภัณฑ์โภคภัณฑ์จะมีความซับซ้อนมากขึ้น

ขั้นตอนการคำนวณทั่วไป (General calculation procedure)

ขั้นตอนทั่วไปในการคำนวณการปล่อยมลพิษจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีดังนี้

1. ระบุว่าการปล่อยมลพิษจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีความเกี่ยวข้องหรือไม่
2. ระบุสถานที่หรือแหล่งกำเนิด
3. ระบุ 'การใช้ที่ดินครั้งก่อน' ของสถานที่หรือแหล่งกำเนิด
4. ค้นหาปัจจัยการปล่อยการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้อง (t CO₂e/พื้นที่/ปี)
5. คูณพื้นที่หรือระยะของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยปัจจัยการปล่อยมลพิษ
6. แบ่งการปล่อยมลพิษด้วยผลผลิต (พื้นที่/ปี)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในตำแหน่งที่ทราบ เช่น การจัดตั้งฟาร์มหรือโรงงาน สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านี้ได้โดยตรง สำหรับสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การจัดหาสินค้าเกษตรทางอ้อม จะซับซ้อนกว่านี้

การกำหนดการใช้ที่ดินในอดีตที่ไม่ทราบแหล่งที่มาที่แน่นอน: ตัวอย่างสำหรับสินค้าเกษตร (Determining previous land use where the exact source location is not known an example for agricultural products)

ในกรณีที่สินค้านำเข้าจากประเทศที่รู้จักแต่ไม่ใช่พื้นที่เฉพาะ หรือที่ซื้อจากตลาดสินค้าโภคภัณฑ์ อาจไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนของการเพาะปลูกและการใช้ที่ดินก่อนหน้านี้

ความรู้เกี่ยวกับการใช้ที่ดินก่อนหน้านี้สามารถแสดงให้เห็นได้โดยใช้แหล่งข้อมูลจำนวนมาก เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลการสำรวจที่ดิน ในกรณีที่ไม่มีบันทึก สามารถใช้ความรู้ในท้องถิ่นเกี่ยวกับการใช้ที่ดินก่อนหน้านี้ได้

ข้อมูลสาธารณะที่ครอบคลุมมากที่สุดเกี่ยวกับการใช้ที่ดินโดยพืชผลทางการเกษตรคือฐานข้อมูลทางสถิติของ UN FAO (FAOSTAT) จากข้อมูลที่ให้ไว้บนเว็บ FAOSTAT เป็นไปได้ที่จะคำนวณขอบเขตการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เป็นไปได้สำหรับพืชผลต่างๆ ในประเทศต่างๆ เว็บไซต์นี้ยังมีข้อมูลเกี่ยวกับผลผลิตเฉลี่ยของพืชผลในประเทศต่างๆ

ในกรณีของพืชผลโภคภัณฑ์ การคำนวณควรดำเนินการสำหรับแต่ละประเทศที่จัดหาพืชผลดังกล่าวเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ใหญ่ที่สุดของโลก จนกว่าจะถึงเปอร์เซ็นต์สะสมที่สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน – รัสเซียที่นำเข้า

ผู้ผลิตเต้านำเข้าถั่วเหลืองจากบราซิล

จากข้อมูลของ FAOSTAT ผลผลิตถั่วเหลืองในปี 2552 ในบราซิลอยู่ที่ 2,636 กก./เฮกตาร์

การปล่อยทั้งหมดสำหรับถั่วเหลืองของบราซิลจะถูกคำนวณตามหลัก 6 คำถามดังนี้:

1. การปล่อยมลพิษจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีความเกี่ยวข้องหรือไม่?
ใช่. ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณนี้ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา
2. สถานที่กำเนิด – บราซิล
3. การใช้ที่ดินครั้งก่อน – การใช้ที่ดินครั้งก่อนต้องคำนวณจากสถิติที่มีให้ที่ FAOSTAT เป็นไปได้ที่จะได้รับข้อมูลอนุกรมเวลาสำหรับที่ดินที่ปลูกถั่วเหลืองในบราซิลในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา

มีสองวิธีหลักในการคำนวณที่ดินแปลงอันเป็นผลมาจากการใช้ที่ดินใหม่ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ซึ่งเรียกว่าแนวทาง 'จุดสิ้นสุด' และแนวทาง 'สูงสุด'

ภายใต้วิธีจุดสิ้นสุด พื้นที่แปลงที่ดินจะคำนวณโดยการลบจำนวนที่ดินที่ใช้เมื่อ 20 ปีที่แล้วออกจากจำนวนที่ดินที่ใช้ในปัจจุบัน วิธีการนี้ใช้ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างปีในระดับสูงในพื้นที่ที่พืชผลใช้ เช่นเดียวกับพืชล้มลุกทั่วไป เนื่องจากไม่รวมถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงนี้ในช่วง 20 ปีก่อนการประเมิน แนวทางจุดสิ้นสุดเป็นแนวทางกรณีที่เลวร้ายที่สุดที่สมเหตุสมผล

ภายใต้แนวทางสูงสุด พื้นที่แปลงที่ดินจะคำนวณโดยการลบจำนวนที่ดินที่ใช้ไปเมื่อ 20 ปีที่แล้วจากจำนวนที่ดินที่ใช้สูงสุดใน 20 ปีที่ผ่านมา แนวทางนี้ใช้ได้กรณีที่ที่ดินที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตของพืชผลหรือสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม ไม่น่าจะถูกนำมาใช้ในทันทีเพื่อการใช้งานอื่นเมื่อถูกทิ้งร้าง และด้วยเหตุนี้จึงควรจัดประเภทเป็น 'เปลี่ยนแปลง' พื้นที่เพาะปลูกยืนต้น เช่น สวนผลไม้ อาจเป็นตัวอย่างของสถานการณ์ดังกล่าว วิธีสูงสุดคือวิธีในกรณีที่เลวร้ายที่สุด

ในกรณีของถั่วเหลืองในบราซิล ความผันแปรระหว่างปีอยู่ในระดับต่ำ ขอแนะนำให้ใช้วิธีที่เลวร้ายที่สุด เนื่องจากความอ่อนไหวของพืชพรรณธรรมชาติในบริเวณนี้ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ แนวทางสูงสุดจึงถือว่าเหมาะสมในกรณีนี้

มีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในบราซิลในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ซึ่งสูงสุดในปี 2548:

- ในปี 1990 มีการปลูกถั่วเหลือง 11.5 Mha
- ที่ดินปลูกถั่วเหลืองสูงสุดในปี 2548 ที่ 22.9 Mha
- ในปี 2009 (ปีที่มีข้อมูลล่าสุด) มีการปลูกถั่วเหลือง 21.8 Mha

จากตัวเลขเหล่านี้ สามารถคำนวณได้ว่า ในกรณีที่เลวร้ายที่สุด พื้นที่สูงสุด 11.4 Mha ถูกแปลงจากพืชพรรณธรรมชาติเป็นเกษตรกรรมถั่วเหลืองในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา นี่เป็นข้อสันนิษฐานที่เลวร้ายที่สุดเนื่องจากที่ดินแปลงนี้อาจเคยถูกใช้เพื่อปลูกพืชชนิดอื่นมาก่อน การวิเคราะห์เพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวโน้มในพื้นที่ที่ใช้สำหรับพืชอื่นๆ ที่ปลูกในบราซิลสามารถระบุได้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมโดยรวมมีการขยายตัวหรือไม่ และขยายมากน้อยเพียงใด สิ่งนี้สามารถให้การแสดงที่ดินที่ถูกแปลงได้แม่นยำยิ่งขึ้น

ซึ่งคิดเป็น 53% ของพื้นที่ที่เก็บเกี่ยวในปัจจุบัน

พืชพรรณธรรมชาติที่แพร่หลายมากที่สุดในภูมิภาคของบราซิลซึ่งมีการปลูกถั่วเหลืองคือป่า (หมายเหตุ:หากไม่ทราบภูมิภาคที่เฉพาะเจาะจง แนวทางที่เหมาะสมคือการใช้ข้อมูล EarthTrends ของสถาบันทรัพยากรโลกเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของประเภทการใช้ที่ดินทั่วประเทศ)

4. บัณฑิตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับพื้นที่ป่าที่แปลงเป็นพื้นที่เพาะปลูกในบราซิล = 37,000 กก. CO₂e/เฮกตาร์/ปี
5. เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ – 53%:
53% × 37,000 = 19,610 กก. CO₂e/เฮกตาร์/ปี
6. ผลผลิตถั่วเหลือง – 2,636 กก./ไร่/ปี:
19,610/2,636 = 7.4 กก. CO₂e/กก. จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

เครื่องทำความเย็น

ระบบทำความเย็นและความคุมสภาพอากาศมักประกอบด้วยสารต่างๆ เช่น ไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (HCFCs เช่น R-22) และ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs เช่น R-134a) สิ่งเหล่านี้มีความเข้มข้นสูงในการผลิต และเมื่อปล่อยสู่บรรยากาศมีโอกาสทำให้โลกร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 1,000 เท่า นี่คือนิวเคลียสของการรั่วไหลของสารทำความเย็นสามารถเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยมลพิษ แม้ในปริมาณที่น้อยมาก

ในการคำนวณรอยเท้าของคุณ ให้ระบุประเภทของสารทำความเย็นที่ใช้และรับบันทึกการบำรุงรักษาเพื่อแสดงระดับการเปลี่ยนก๊าซประจำปี (การเติมระบบ) นี่คือนิวเคลียสของระบบ แต่ควรถือว่าสะท้อนถึงปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหลออกจากระบบในช่วงเวลาดังกล่าวด้วย คุณต้องมีบัณฑิตการปล่อยก๊าซสำหรับทั้งการผลิตสารทำความเย็น และสำหรับการปล่อยก๊าซ โดยทั่วไปการปล่อยก๊าซมีความสำคัญมากกว่าในแง่หนึ่ง

แหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์อื่นๆ เกี่ยวกับการทำความเย็น:

- โปรแกรม Market Transformation ของ Defra มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเครื่องทำความเย็นเชิงพาณิชย์ (<http://www.mtprog.com/cms/product-strategies/subsector/commercial-refrigeration>)
- คู่มือเทคโนโลยีระบบทำความเย็นของ Carbon Trust แนะนำวิธีหลักในการลดพลังงานที่คุณใช้สำหรับการทำความเย็น (<http://www.carbontrust.co.uk/cut-carbon-reduce-costs/products-services/technology-Advice/pages/refrigeration-introduction.aspx>)

การปล่อยมลพิษจากการขนส่ง (Transport emissions)

ขั้นตอนการขนส่งจะเกิดขึ้นในหลายจุดตลอดห่วงโซ่อุปทาน ต้นน้ำและปลายน้ำของการผลิต ดังนั้นการคำนวณการขนส่งจึงจำเป็นต้องรวมในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

บัณฑิตการปล่อยมลพิษสำหรับการขนส่งมีอยู่ทั่วไป – ตัวอย่างเช่น จากแนวทาง Defra/DECC reporting guidelines, the US GREET model or the European Reference Life Cycle Database โดยทั่วไปจะมีการรายงานในหน่วย 'ตัน-กิโลเมตร' (tkm)

ในการใช้บัณฑิตการปล่อยการขนส่ง tkm ข้อมูลต่อไปนี้จำเป็นต้องมีสำหรับแต่ละขั้นตอนการขนส่ง:

- ระยะทางจาก a ถึง b ที่เดินทางโดยการขนส่งแต่ละประเภท (เช่น 10 กม. โดยรถบรรทุก, 100 กม. โดยเรือ, 20 กม. โดยรถไฟ)
- หากยานพาหนะที่คุณใช้มีแนวโน้มที่จะกลับรถเปล่าไปยังจุดต้นทาง คุณควรรวมระยะทางเดินทางกลับไว้ด้วย
- ขนาด/ความจุโดยประมาณของยานพาหนะที่ใช้บนถนน (หากไม่ทราบ จะใช้รถบรรทุกขนาดเล็ก กลาง หรือใหญ่ก็ได้)
- รถบรรทุกถูกแช่เย็นหรือไม่
- มวลของผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่ขนส่ง (เป็นตัน)

ข้อมูลข้างต้นสามารถแปลงเป็นค่า tkm ด้วยการคำนวณอย่างง่าย - ระยะทางที่เดินทาง (กม.) × มวลที่ขนส่ง (ตัน) - และคุณด้วยบัณฑิตการปล่อยมลพิษที่สอดคล้องกันสำหรับประเภทยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับขั้นตอนการขนส่งนั้น (ในหน่วยกิโลกรัม CO₂e)

ขนส่งห้องเย็น (Refrigerated transport)

หากการขนส่งมีการแช่เย็น จะใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำความเย็นบนเครื่อง ดังนั้นการปล่อยมลพิษต่อ tkm ก็สูงขึ้น ในกรณีที่ไม่ใช่ข้อมูลหลัก โดยทั่วไปจะใช้ 'บัณฑิตการปล่อยระดับ' ที่ร้อยละ 14) ตัวอย่างเช่น หากการขนส่งอยู่ในรถบรรทุกห้อง

เย็นขนาด 32 ตัน ปัจจัยการปล่อยมลพิษต่อ tkm สำหรับรถบรรทุกขนาด 32 ตันปกติควรได้รับการปรับขนาดขึ้น ร้อยละ 14 (เช่น คุณด้วย 1.14)

การขนส่งวัสดุขนาดใหญ่/ความหนาแน่นต่ำ (Transporting bulky/low-density materials)

การคำนวณและปัจจัยการปล่อยมลพิษข้างต้นถือว่าการปล่อยมลพิษในการขนส่งจะถูกแบ่งเท่าๆ กันระหว่างมวลของสินค้าที่ขนส่งในยานพาหนะ และขึ้นอยู่กับน้ำหนักสูงสุดที่ยานพาหนะสามารถบรรทุกได้ อย่างไรก็ตาม สำหรับวัสดุหรือผลิตภัณฑ์บางอย่าง ปริมาณที่สามารถขนส่งได้ในยานพาหนะหนึ่งคันอาจถูกจำกัดด้วยปริมาณมากกว่ามวล ตัวอย่างเช่น โพลีสไตรีนเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาแต่มีขนาดใหญ่ และมวลที่ค่อนข้างต่ำจะใช้พื้นที่จำนวนมากในรถยนต์

ตามกฎทั่วไป หากความหนาแน่นของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์น้อยกว่า 0.5 กก./ลิตร ปริมาณของวัสดุที่ขนส่งมีแนวโน้มที่จะถูกจำกัดโดยปริมาตรของยานพาหนะ ในกรณีนี้ ต้องใช้ปัจจัยการปล่อยมลพิษสำหรับการดำเนินการโดยเฉลี่ยของโหมดการขนส่งที่เป็นปัญหาต่อ กม. (แทนที่จะเป็นต่อ กม.) จากนั้น การปล่อยมลพิษเหล่านี้จะถูกหารด้วยมวลของปริมาณผลิตภัณฑ์สูงสุดตามทฤษฎีที่สามารถขนส่งโดยยานพาหนะคันนี้ได้ เพื่อคำนวณการปล่อยมลพิษที่เกิดจากการขนส่งผลิตภัณฑ์ 1 ตันเป็นระยะทาง 1 กม.

การขนส่งแบบจำกัดปริมาตร – ตัวอย่างการคำนวณ

- โพลีสไตรีนขยายตัวถูกขนส่งทางถนนในรถบรรทุกขนาด 20 ตัน ซึ่งสามารถบรรทุกโพลีสไตรีนได้สูงสุด 12 ลบ.ม.
- โพลีสไตรีนมีความหนาแน่น 20 กก./ลบ.ม. ดังนั้นจึงสามารถขนสงน้ำหนัก 240 กก. (= 0.24 ตัน) ในรถบรรทุกขนาด 20 ตันได้
- การปล่อยมลพิษจากการปฏิบัติงานโดยเฉลี่ยของรถบรรทุกขนาด 20 ตันคือ 0.7 กก. CO₂e/กม. ปัจจัยการลดปล่อยสำหรับการขนส่งโพลีสไตรีนนี้ = $0.7/0.24 = 2.92$ กก. CO₂e/tkm.

การปล่อยที่พื้นที่จัดเก็บ (Storage emissions)

ช่วงเวลาของการจัดเก็บจะเกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทาน ต้นน้ำและปลายน้ำของการผลิต ทั้งหมดนี้ต้องถือเป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์

สำหรับแต่ละขั้นตอนการจัดเก็บ คุณจะต้องค้นหา:

- มวลหรือปริมาตรของผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่เก็บไว้ (เช่น มีหน่วยเป็นกิโลกรัม/ตัน/ลิตร)
- ข้อกำหนดในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่กำลังจัดเก็บ (เช่น ความร้อน ความเย็น ความชื้น หรืออุณหภูมิแวดล้อม)
- จำนวนวันโดยประมาณที่มีการจัดเก็บผลิตภัณฑ์หรือวัสดุสำหรับปัจจัยการปล่อย (การปล่อยต่อกิโลกรัมที่จัดเก็บต่อวัน) สำหรับความต้องการในการจัดเก็บแต่ละประเภท

การคำนวณปัจจัยการปล่อยมลพิษสำหรับการจัดเก็บ

การปล่อยมลพิษจากการจัดเก็บส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พลังงาน หากไม่ทราบการใช้พลังงานเฉพาะที่สถานที่จัดเก็บ คุณสามารถดูการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยสำหรับคลังสินค้าแช่เย็นและไม่ได้แช่เย็นขนาดต่างๆ ได้จากการค้นหาเว็บ ตัวอย่างเช่นบนเว็บไซต์ US Energy Information Administration (<http://www.eia.gov/emeu/cbecs/pba99/warehouse/warehouseconstable.html>)

การรีไซเคิล (Recycling)

การรีไซเคิลวัสดุและการใช้วัสดุรีไซเคิลมีศักยภาพในการลดปริมาณวัสดุบริสุทธิ์ที่ต้องผลิต ความต้องการวัสดุบริสุทธิ์ที่ลดลงนี้เกี่ยวข้องกับลดการปล่อยมลพิษที่สามารถจัดสรรให้กับระบบผลิตภัณฑ์ได้ อย่างไรก็ตาม การลดการปล่อยก๊าซจะต้องจัดสรรให้กับการได้มาซึ่งวัสดุรีไซเคิลหรือการรีไซเคิลวัสดุนี้เมื่อสิ้นสุดอายุของผลิตภัณฑ์ แต่ไม่ใช่ทั้งสองอย่าง

ในการบัญชีสำหรับการรีไซเคิลวัสดุในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ จะต้องคำนวณปัจจัยการปล่อยมลพิษสำหรับวัสดุรีไซเคิล/รีไซเคิลที่เข้าสู่ระบบ และสำหรับการปล่อยมลพิษเมื่อหมดอายุการใช้งานของวัสดุนั้น

มีสองวิธีในการคำนวณปัจจัยการปล่อยมลพิษจากการรีไซเคิล: the 'recycled content method' and the 'closed-loop approximation method.' ซึ่งมีการใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับทั้งคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นปัญหาและการควบคุมที่ผู้ผลิตมีต่อกระบวนการรีไซเคิลหรือการเลือกวัสดุ

การกำจัดของเสียที่เหลือ: การฝังกลบและการเผา

การได้รับปัจจัยด้านการปล่อยมลพิษสำหรับการกำจัดของเสียที่ตกค้างอาจเป็นความท้าทายครั้งใหญ่ เนื่องจากแหล่งข้อมูลที่เปิดเผยต่อสาธารณะหลายแห่งไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เกี่ยวกับการจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาของการจัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เส้นทางการจัดการขยะ	ขั้นตอนการบัญชี แหล่งข้อมูล และสมมติฐานทั่วไป
การเผาด้วยการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ (Incineration with energy recovery)	การปล่อยของเสียที่เกี่ยวข้องกับการเผาขยะซึ่งการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่เป็นศูนย์ เมื่อผลิตพลังงานจากของเสีย การปล่อยมลพิษใดๆ จะถูกจัดสรรให้กับพลังงานที่ผลิตได้ ซึ่งตรงข้ามกับของเสียที่ผ่านการบำบัด
การเผาโดยไม่นำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ (Incineration without energy recovery)	การปล่อยมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการเผาขยะโดยที่ไม่สามารถนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่สามารถคำนวณได้จากปริมาณคาร์บอนของวัสดุและสมมติฐานที่ว่าคาร์บอนทั้งหมดถูกออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (ใช้มวลสัมพันธ์ของ CO ₂ /C และคูณด้วย 44/12 (= 3.67))
การฝังกลบของเสียไม่ย่อยสลาย (Landfill of inert wastes)	โดยปกติแล้ว การปล่อยก๊าซที่เกี่ยวข้องกับขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพไปยังหลุมฝังกลบสามารถสันนิษฐานได้ว่าเป็นศูนย์ เนื่องจากจะไม่มีคาร์บอนออกจากวัสดุนี้ และภาวะในการดำเนินการที่ไซต์ฝังกลบจะลดลงเล็กน้อย
การฝังกลบของเสียที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Landfill of biodegradable wastes)	<p>ในกรณีที่มีการฝังกลบไม่ใช้ส่วนสำคัญของระบบผลิตภัณฑ์ การปล่อยก๊าซสามารถประเมินได้โดยใช้ปัจจัยเฉพาะ ของแนวทางการรายงานของ Defra/DEC https://www.defra.gov.uk/environment/economy/business-efficiency/reporting/)</p> <p>ปัจจัยเหล่านี้มีประเด็นที่น่าสนใจ ในสองประเด็นหลัก:</p> <ul style="list-style-type: none"> ขึ้นอยู่กับเวลาที่ไม้สิ้นสุด (ตรงข้ามกับ 100 ปี) และสมมติว่าคาร์บอนทั้งหมดภายในของเสียย่อยสลาย นี้เป็นแบบอนุรักษ์นิยมที่เหมาะสมสำหรับการประมาณการ ไม่รวมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางชีวภาพ นำไปสู่การประเมินค่าการปล่อยก๊าซต่ำเกินไป ดังนั้นควรสังเกตว่าเป็นข้อจำกัด หากพิจารณาว่าอาจมีนัยสำคัญ อาจสันนิษฐานได้ว่าประมาณ 50% ของคาร์บอนที่บรรจุอยู่ภายในวัสดุถูกปล่อยออกมาในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และควรเพิ่มการปล่อยก๊าซเหล่านี้เข้าไปในปัจจัยที่มีอยู่ <p>ในกรณีที่มีการฝังกลบเป็นส่วนสำคัญของระบบผลิตภัณฑ์ ควรหาค่าประมาณที่ละเอียดกว่านี้ โดยพิจารณาจาก:</p> <ul style="list-style-type: none"> เปอร์เซ็นต์การปล่อยคาร์บอนโดยประมาณในช่วง 100 ปี เปอร์เซ็นต์ที่ปล่อยออกมาเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบกับมีเทน เปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนที่ถูกดักจับและเผาไหม้ เปอร์เซ็นต์ของการเผาไหม้ของก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนที่เป็นประโยชน์ ค่าเหล่านี้เป็นตัวแปร ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ/การดำเนินการฝังกลบ และโดยทั่วไปจะมีความไม่แน่นอน

ขั้นตอนที่ 4 การตีความผลลัพธ์ของรอยเท้าและผลักดันสู่การลด

ขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการประเมินรอยเท้าคาร์บอนผลิตภัณฑ์ คือการตีความผลลัพธ์ของรอยเท้าคาร์บอนและระบุโอกาสในการลดคาร์บอน ผลลัพธ์ของการประเมินให้ข้อมูลที่มีค่าซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อทำความเข้าใจและจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการประเมิน และในระดับองค์กรอย่างกว้างขวางมากขึ้น สิ่งสำคัญคือต้องเข้าใจความไม่แน่นอนของผลลัพธ์ เพื่อประเมินขอบเขตที่การประเมินสามารถใช้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจได้

4.1. ทำความเข้าใจผลลัพธ์ของรอยเท้าคาร์บอน

ผลลัพธ์จากการคำนวณรอยเท้าจะเป็นคาร์บอน 'ทั้งหมด' สำหรับหน่วยงานที่ตกลงไว้ (เช่น น้ำส้ม 1 ลิตรพร้อมบริโภค) ซึ่งจะแยกตามการมีส่วนร่วมของแต่ละวัสดุ กระบวนการ และขั้นตอนของวงจรชีวิต ตัวอย่างเช่น ตัวอย่างน้ำส้มที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ให้รอยเท้าและการมีส่วนร่วม

ซึ่งเป็นข้อมูลที่แสดงจุดปล่อยสูงสุด (emission hotspots) ตลอดวงจรชีวิต ด้วยการแยกย่อยผลลัพธ์ด้วยวิธีต่างๆ กัน ทำให้สามารถระบุวัสดุ กระบวนการ หรือขั้นตอนของวงจรชีวิตที่เป็นข้อกังวลมากที่สุดสำหรับบริษัท เพื่อให้สามารถกำหนดกลยุทธ์การลดโดยกำหนดเป้าหมายได้

ความละเอียดของผลลัพธ์จะถูกจำกัดโดยจำนวนและประเภทของข้อมูล inventory ที่ใช้เท่านั้น ในการระบุผู้ที่ส่งผลหลักแต่ละกระบวนการหรือกิจกรรม คุณสามารถ 'เจาะลึก' ลงในผลลัพธ์เท่าที่จะทำได้ ตามข้อมูลที่มีหรือสามารถทำให้มีโดยการศึกษาในแนวลงลึกได้

เมื่อตีความผลลัพธ์จะเป็นประโยชน์ หากทำการอธิบายอย่างชัดเจนว่าผลลัพธ์ใดแสดงให้คุณเห็นอย่างไร แม้ว่าเราจะเห็นได้อย่างชัดเจนก็ตาม ควบคู่ไปกับข้อสังเกตที่พบ ความพยายามในการให้คำอธิบายเกี่ยวกับเหตุผลของผลลัพธ์ เพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกเพิ่มเติมเป็นการภายในและสำหรับการอ้างอิงในภายหลัง

ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสำหรับผลลัพธ์ของน้ำส้มสกัดเข้มข้น:

- การปลูกส้มมีสัดส่วนที่สำคัญของรอยเท้าคาร์บอน สาเหตุหลักมาจากการใช้ปุ๋ยและการปล่อยมลพิษสู่ดิน
- การขนส่งน้ำส้มเข้มข้นก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน ซึ่งเป็นเพราะเวลาที่เก็บน้ำส้มเข้มข้นไว้ในช่องแช่แข็งก่อนขนส่งไปยังผู้จำหน่ายน้ำผลไม้
- การปล่อยมลพิษจากการผลิตมีความสำคัญ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าและการใช้สารทำความเย็น
- การกระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีกยังเป็นส่วนสนับสนุนที่สำคัญต่อปริมาณรอยเท้าทั้งหมด ซึ่งเป็นเพราะระยะทางไกลและความจำเป็นในการขนส่งในตู้เย็น

ผลลัพธ์ของการศึกษานี้ ควรได้รับการป้อนเข้าสู่การอภิปรายโดยตรง ว่าควรมุ่งเน้นความพยายามในการลดคาร์บอนที่ใดและจะบรรลุผลสำเร็จในการลดได้อย่างไร

นอกจากนี้ยังอาจเป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบ ไม่ว่าจะเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษากับผลิตภัณฑ์อื่นที่คล้ายคลึงกันภายนอก หรือกับผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ ภายในบริษัทเอง ในทั้งสองกรณี การเปรียบเทียบจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ โดยใช้คุณภาพข้อมูลในระดับเดียวกัน ตรวจสอบให้แน่ใจว่าขอบเขตของระบบสอดคล้องกัน และหน่วยการทำงานที่เหมาะสม

4.2. จะแน่ใจได้อย่างไรเกี่ยวกับข้อมูลรอยเท้าและสอดคล้องที่ได้รับ

รอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น เนื่องจากมีความไม่ถูกต้องในปัจจุบันมาตรฐานการปล่อยมลพิษที่ใช้ปริมาณข้อมูลที่รวบรวม มีช่องว่างความรู้ที่เต็มไปด้วยสมมติฐาน แต่ก็ไม่ใช่ปัญหาเสมอไป หากทราบว่าคุณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์นี้จะสามารถใช้หรือไม่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ใด

สิ่งที่สำคัญคือต้องเข้าใจความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์การศึกษา และแง่มุมใดๆของวิธีการประเมิน ที่ส่งผลต่อความไม่แน่นอนที่อาจมี กรณีที่คุณต้องเชื่อมั่นในข้อมูลจากผลลัพธ์และนำมาพิจารณาเพื่อทำการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดลำดับความสำคัญของสอดคล้อง การเลือกวัสดุ การเลือกกระบวนการ ฯลฯ

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ต้องมาพร้อมกับการประเมินคุณภาพข้อมูลอย่างดี และควรผ่านการศึกษาคาร์บอนโดยละเอียด การประเมินนี้สามารถมองได้ว่าเป็นขั้นตอนแรกในการประเมินความไม่แน่นอน ซึ่งจะมีการระบุข้อบ่งชี้ที่ชัดเจนเกี่ยวกับประเด็นที่มีส่วนทำให้เกิดความไม่แน่นอนจากผลการศึกษา

จากตัวเลขที่กำหนดให้กับจุดข้อมูล (data point), ชุดข้อมูล (data sets) หรือข้อมูลทั้งหมด (all data) สามารถใช้เพื่อประเมินความไม่แน่นอนในลักษณะกึ่งปริมาณ ข้อมูลคุณภาพต่ำจะมีความไม่แน่นอนสูง เช่น ในกรณีที่ปัจจัยการปล่อยก๊าซที่ใช้ไม่ได้แสดงถึงกระบวนการจริงที่เป็นปัญหาอย่างสมเหตุสมผล หรือในกรณีที่จำเป็นต้องมีการประมาณการในกรณีที่ไม่มีข้อมูล

การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนที่เป็นทางการ สามารถทำได้โดยใช้วิธีการทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ Monte Carlo การวิเคราะห์ Monte Carlo ช่วยให้สามารถวัดปริมาณความไม่แน่นอนได้ และจะช่วยให้เข้าใจความไม่แน่นอนในเชิงลึกได้มากกว่าการประเมินคุณภาพข้อมูลเพียงอย่างเดียว

อย่างไรก็ตาม เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ Monte Carlo จำเป็นต้องมีข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับความแปรปรวนที่เป็นไปได้รอบจุดข้อมูลแต่ละจุด ซึ่งอาจเป็นเรื่องยากที่จะทำ หากสามารถรวบรวมข้อมูลความแปรปรวน ในจุดข้อมูลแต่ละจุดได้อย่างเพียงพอ ใน LCA package (เช่น SimaPro หรือ GaBi) จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนได้ ถ้าต้องการ

รอยเท้าคาร์บอนที่เป็นผลลัพธ์จะแสดงเป็นค่ามัธยฐานของรอยเท้าคาร์บอนทั้งหมด โดยมีข้อผิดพลาด \pm เปอร์เซนต์แสดงช่วงของค่าที่เป็นไปได้

หลังจากประเมินความไม่แน่นอนแล้ว ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง (หรือทั้งสองวิธี) ที่อธิบายไว้ข้างต้น **ควรใช้วิธีการที่สำคัญที่สุดคือสามัญสำนึก (common-sense) ของคุณ** เพื่อพิจารณาว่าความไม่แน่นอนของข้อมูลใดที่ควรให้ความสนใจในมากที่สุด ตัวอย่างเช่น หากข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองกระบวนการหรือกิจกรรมที่ไม่มีนัยสำคัญ มีความไม่แน่นอนสูง ก็ไม่จำเป็นต้องทำให้เป็นปัญหา อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ข้อมูลไม่แน่นอนและกระบวนการหรือกิจกรรมที่เป็นปัญหาเป็นแหล่งการปล่อยมลพิษที่สำคัญ ควรทำการระบุหมายเหตุไว้เพื่อให้ผู้ใช้ข้อมูลทราบเพื่อระวังในการใช้ข้อมูลการศึกษา ซึ่งหากเป็นกรณีเหล่านี้ แนะนำให้ดำเนินการวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) เพิ่มเติมหากทำได้

การวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) เป็นวิธีการต่างๆ ที่สามารถใช้ในการแสดงให้เห็นว่าข้อมูลสำคัญและสมมติฐานมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์อย่างไร สามารถนำไปใช้กับส่วนใดก็ได้ของรอยเท้า คุณเพียงแค่เปลี่ยนค่า (ข้อมูลกิจกรรมหรือปัจจัยการปล่อยมลพิษ) ที่มีความไม่แน่นอน เพื่อดูว่าสิ่งนี้ส่งผลต่อผลลัพธ์อย่างไร ตัวอย่างเช่น เพื่อตรวจสอบความสำคัญของความไม่แน่นอนเกี่ยวกับการขนส่งน้ำมัน ประเภทยานพาหนะหรือระยะทางสามารถเปลี่ยนแปลงได้ภายในช่วงของค่าที่เหมาะสม (เช่น เปลี่ยนเป็นยานพาหนะขนาดเล็ก/ใหญ่ขึ้น เพิ่ม/ลดระยะทางลง 20 เปอร์เซ็นต์) ความไว (sensitivity) ของผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายต่อการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถประเมินได้ในภายหลัง รอยเท้าเปลี่ยนไปมากหรือเพียงเล็กน้อยเท่านั้น?

ข้อสรุปของคุณที่ได้รับเป็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงหรือไม่? ข้อสรุปเปลี่ยนแปลงหรือการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ได้มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่? หลังจากการวิเคราะห์ความไวแล้ว คุณอาจจำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงการประเมินในส่วนนี้

4.3. รายงาน/บันทึกรอยเท้าคาร์บอนฟุตพริ้นท์

บันทึกกรอยเท้า

สำหรับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ cradle-to-gate เนื่องจากไม่ทราบข้อมูลการใช้งานและการสิ้นสุดชีวิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับ การจัดเก็บและปล่อยคาร์บอน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องมีการบันทึกอย่างเพียงพอเกี่ยวกับการขจัดคาร์บอนและ ปริมาณคาร์บอนให้กับปลายน้ำโดยใช้ข้อมูลแบบ cradle-to-gate ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การสื่อสาร

ไม่มีข้อกำหนดเฉพาะที่ระบุเกี่ยวกับการสื่อสารผลลัพธ์ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หากคุณเลือกที่จะสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับรอยเท้าของคุณหรือวิธีที่คุณลดรอยเท้าของคุณ โปรดอ้างอิงคำแนะนำ มาตรฐาน และข้อบังคับระหว่างประเทศหรือระดับชาติเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสื่อสารขอเรียกร้องด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อให้แน่ใจว่ามีความชัดเจน ถูกต้อง เกี่ยวข้องและพิสูจน์ได้

การสื่อสารควรเป็นไปตามการอ้างอิงเชิงบรรทัดฐานที่กำหนดไว้ก่อนหน้า กฎและสำคัญในการรายงานคือต้องโปร่งใสที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และใช้ภาษาที่สร้างความเข้าใจต่อผู้รับสาร

การสื่อสารรอยเท้าสามารถมีได้หลายรูปแบบ ได้แก่:

- การนำเสนอต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
- ข่าวประชาสัมพันธ์
- รายงานความรับผิดชอบขององค์กร
- การติดฉลากคาร์บอน (เช่น บนบรรจุภัณฑ์ บนเว็บไซต์ ณ จุดขาย)

การทวนสอบรอยเท้า (Footprint verification)

หากมีการตัดสินใจที่จะสื่อสารภายนอก ขอแนะนำให้มีการรับประกันความถูกต้องของรายงาน การได้รับคำรับรองจากบุคคลที่สาม การอ้างอิงสิทธิ์รอยเท้าสามารถป้องกันปัญหาที่อาจเกิดตามมาจากการอ้างตัวเลขได้ และทำให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีความมั่นใจว่าการอ้างสิทธิ์นั้นเชื่อถือได้และมีพื้นฐานที่ดี

โดยทั่วไป การรับประกันเกี่ยวข้องกับ:

- ตรวจสอบและทดสอบการเก็บรวบรวมข้อมูลและขั้นตอนการคำนวณเพื่อยืนยันว่าสิ่งเหล่านี้ถูกต้องและข้อมูลมีคุณภาพที่เหมาะสม
- ตรวจสอบการคำนวณที่รายงานเพื่อให้แน่ใจว่าสิ่งเหล่านี้สะท้อนถึงสิ่งที่ได้กระทำและสงมอบในกรอบเวลาการรายงานที่กำหนด

สิ่งสำคัญคือต้องจำไว้ว่ามีระดับการรับรองในระดับต่างๆกัน (เช่น การยืนยันด้วยตนเอง การยืนยันโดยบุคคลที่สามอื่นๆ หรือการรับรองจากบุคคลที่สามที่เป็นอิสระ) และเป็นข้อกำหนดทั่วไปที่ต้องแสดงระดับของการรับประกัน

4.4. ใช้ Footprinting เพื่อการปรับปรุงองค์กรในการจัดการคาร์บอนให้ลดลงได้อย่างไร

รอยเท้าคาร์บอนสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการลดการปล่อยคาร์บอนและการใช้พลังงานต่างๆ ในขณะเดียวกันก็สามารถใช้เพื่อเป็นข้อความเชิงบวกไปยังกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่างๆ

จากการตีความรอยเท้าคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ของคุณ ควรแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าส่วนใดของวงจรชีวิต วัสดุชนิดใด และกระบวนการใดควรได้รับการกำหนดเป้าหมายเพื่อทำการลดได้

ระบุประสิทธิภาพในกระบวนการของคุณเอง

ความคิดริเริ่มในการลด ให้ความสำคัญที่กระบวนการที่ได้รับการระบุผ่านการประเมินว่าเป็นกิจกรรมใด กระบวนการใดที่นำกังวลมากที่สุด ลักษณะของความคิดในการลดเหล่านี้ส่วนใหญ่จะเฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ที่กำลังประเมินและกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้อง

อย่างไรก็ตาม เคล็ดลับทั่วไปสำหรับโอกาสในการลดคาร์บอนมีระบุไว้ในที่ ควรหาได้จากสมาคมทางการค้า มหาวิทยาลัย องค์กรที่ปรึกษา หรือแหล่งข้อมูลภายในเพื่อการริเริ่มลดคาร์บอนที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น การใช้ความรู้จะใช้ค่าใช้จ่ายด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด

คุณสามารถใช้เครื่องมืออื่นๆประกอบการพิจารณาทางเลือกต่างๆ เช่น การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ เพื่อประเมินทางเลือกเพื่อร่วมกับข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับกลยุทธ์การลดที่เหมาะสมที่สุด

ช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืนมากขึ้น

ความรู้ที่ได้จากการศึกษารอยเท้าคาร์บอนผลิตภัณฑ์ ควรส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเชิงบวกได้ และสามารถประเมินการปรับปรุงการออกแบบโดยใช้ค่าการปล่อยคาร์บอนของผลิตภัณฑ์เป็นสมมติฐาน

คุณสามารถใช้แบบจำลองคาร์บอนฟุตพริ้นต์เพื่อเปลี่ยนอินพุตของวัสดุ ข้อกำหนดในการผลิตหรือการกำหนดค่าเฟสระหว่างการใช้งาน ทำให้สามารถตรวจสอบและเปรียบเทียบตัวเลือกการออกแบบต่างๆ กับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมได้

นอกจากนี้ยังสามารถใช้เครื่องมือง่ายๆ ที่ช่วยให้นักออกแบบใช้สถานการณ์ 'จะเกิดอะไรขึ้นถ้า' และ กำหนดคาดการณ์ผลกระทบต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด เมื่อเปลี่ยนวัสดุหรือกระบวนการเฉพาะใดๆ

1. วัสดุ

- การเปลี่ยนแปลงวัสดุที่ส่วนประกอบนี้ทำขึ้นจะมีผลอย่างไร?
 - บัญชีการปล่อยมลพิษสำหรับวัสดุทางเลือกต่างๆ ที่มีศักยภาพสามารถรวมอยู่ในแบบจำลองรอยเท้าเพื่อให้สามารถเลือกได้
- การลดน้ำหนักของส่วนประกอบนี้จะมีผลอย่างไร?
 - น้ำหนักสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยตรงในแบบจำลองรอยเท้า
- การจัดหาวัสดุสำหรับส่วนประกอบนี้จากซัพพลายเออร์ที่อยู่ใกล้กับสถานที่ผลิตจะมีผลอย่างไร?
 - ระยะทางขนส่งจากซัพพลายเออร์ไปยังจุดผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยตรงในแบบจำลองรอยเท้า

2. การผลิต

- การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สถานที่ผลิตนี้จะมีผลอย่างไร?
 - ค่าประมาณของการประหยัดที่เป็นไปได้ (เช่น x เปอร์เซ็นต์) สามารถใช้เพื่อเปิดใช้งานการปรับการใช้พลังงานในแบบจำลองรอยเท้า นอกจากนี้ยังสามารถขยายไปสู่การประหยัดในการบริโภควัตถุดิบและลดปริมาณของเสีย
- การเพิ่มการใช้เคลือบวัสดุเหลือใช้ที่สถานที่ผลิตนี้จะมีผลอย่างไร?
 - กองขยะในโรงงานสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยตรงในแบบจำลองรอยเท้า เพื่อเพิ่มสัดส่วนของขยะที่ถูกรีไซเคิล

3. การใช้งานและอายุการใช้งาน

- ผลของการทำให้ผลิตภัณฑ์ประหยัดพลังงานมากขึ้นจะเป็นอย่างไร?
 - การใช้พลังงานในขั้นตอนการใช้งานสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยตรงในแบบจำลองรอยเท้า
- อะไรจะเกิดขึ้นจากการทำให้ผลิตภัณฑ์รีไซเคิลได้ง่ายขึ้นเมื่อหมดอายุการใช้งาน?
 - ชะตากรรมของขยะสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยตรงในแบบจำลองคาร์บอนฟุตพริ้นต์เพื่อเพิ่มสัดส่วนของขยะรีไซเคิล สิ่งนี้อาจเชื่อมโยงกับบัญชีการปล่อยมลพิษที่ใช้สำหรับวัตถุดิบที่รีไซเคิลได้ เนื่องจากชะตากรรมที่สิ้นสุดอายุอาจมีอิทธิพลต่อสิ่งนี้

ทำงานร่วมกับซัพพลายเออร์และลูกค้าเพื่อลดการปล่อยมลพิษ

แม้ว่าในบริษัทคุณ สถานที่ผลิตคุณ อาจมีอิทธิพลน้อยมากในห่วงโซ่อุปทานต้นน้ำและปลายน้ำของคุณ แต่ก็มีประโยชน์อย่างมากในการพยายามช่วยให้เกิดการลดลงในวงกว้างตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ของคุณ

ท้ายที่สุด ผลลัพธ์ของรอยเท้าคาร์บอนผลิตภัณฑ์ของคุณอาจบ่งชี้ว่าวัสดุ กระบวนการ หรือระยะวงจรชีวิตเฉพาะที่ไม่ได้อยู่ภายใต้การควบคุมโดยตรงของคุณ และสิ่งนั้นอาจมีส่วนในสัดส่วนที่มากที่สุดในการปล่อยก๊าซทั้งหมด

การดำเนินการที่คุณสามารถทำได้ อาจได้แก่:

- สื่อสารผลลัพธ์และข้อมูลเชิงลึกจากงานคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของคุณไปยังซัพพลายเออร์และลูกค้าของคุณ
- แบ่งปันบทเรียนที่ได้รับจากการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นต์
- สนับสนุนให้ซัพพลายเออร์ของคุณดำเนินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ด้วย เพื่อเพิ่มสัดส่วนของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่มีการรวบรวมข้อมูลที่ดีและเฉพาะเจาะจง

- ทำงานร่วมกับซัพพลายเออร์เพื่อแนะนำมาตรการลด
- การเปรียบเทียบซัพพลายเออร์ของคุณและการวัดผลการปรับปรุงเมื่อเวลาผ่านไป

นอกจากการทำงานร่วมกับซัพพลายเชนต้นทางแล้ว การให้ความรู้แก่ลูกค้าเกี่ยวกับมาตรการลดคาร์บอนยังสามารถนำไปสู่การลดรอยเท้าของผลิตภัณฑ์ของคุณได้อีกด้วย

ขั้นตอนระหว่างการใช้งานผลิตภัณฑ์อาจแสดงถึงการปล่อยมลพิษในสัดส่วนที่มากสำหรับผลิตภัณฑ์บางประเภท ดังนั้น คำแนะนำที่ให้ไว้เกี่ยวกับการใช้งานจึงช่วยประหยัดได้อย่างมาก ซึ่งสิ่งสำคัญคือต้องให้คำแนะนำแก่ผู้ใช้และ สิ่งนี้ต้องได้รับการสนับสนุนจากการวิจัยที่เพียงพอก่อนแนะนำผู้ใช้ใดๆ

เคล็ดลับในการลดคาร์บอน

พลังงาน

- ลดความจำเป็นในการใช้เครื่องปรับอากาศโดยการลดการรับแสงอาทิตย์และใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติ
- เปลี่ยนหลอดไฟแบบเดิมเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (CFL)
- ผลิตพลังงานจากพลังงานหมุนเวียนในสถานที่และใช้เพื่อขับเคลื่อนกระบวนการต่างๆ
- ฉนวนอาคารและงานเดินท่อทั้งหมด

การผลิต

- มุ่งเน้นที่ประสิทธิภาพของกระบวนการ
- พิจารณาเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่
- ตรวจสอบการบำรุงรักษาอุปกรณ์การประมวลผลอย่างสม่ำเสมอ
- ลดการปล่อยสารที่หลบหนีโดยแทนที่การรั่วไหลอุปกรณ์ทำความสะอาด

ขนส่ง

- ใช้ยานพาหนะที่ปล่อยมลพิษต่ำ
- ติดตั้งเพิ่มเติมในกองขนส่งที่มีอยู่ด้วยเทคโนโลยีเพื่อลดการปล่อยมลพิษ (อุปกรณ์ติดตาม, ระบบตัดการทำงานอัตโนมัติขณะเดินเบา ฯลฯ)
- ปรับปรุงเส้นทางการจัดส่งและเพิ่ม backhaul ถ้าเป็นไปได้
- เรียกใช้โปรแกรมการฝึกอบรมคนขับเพื่อลดการเร่งความเร็วเกินกำหนด การเปลี่ยนเกียร์ช้า ฯลฯ