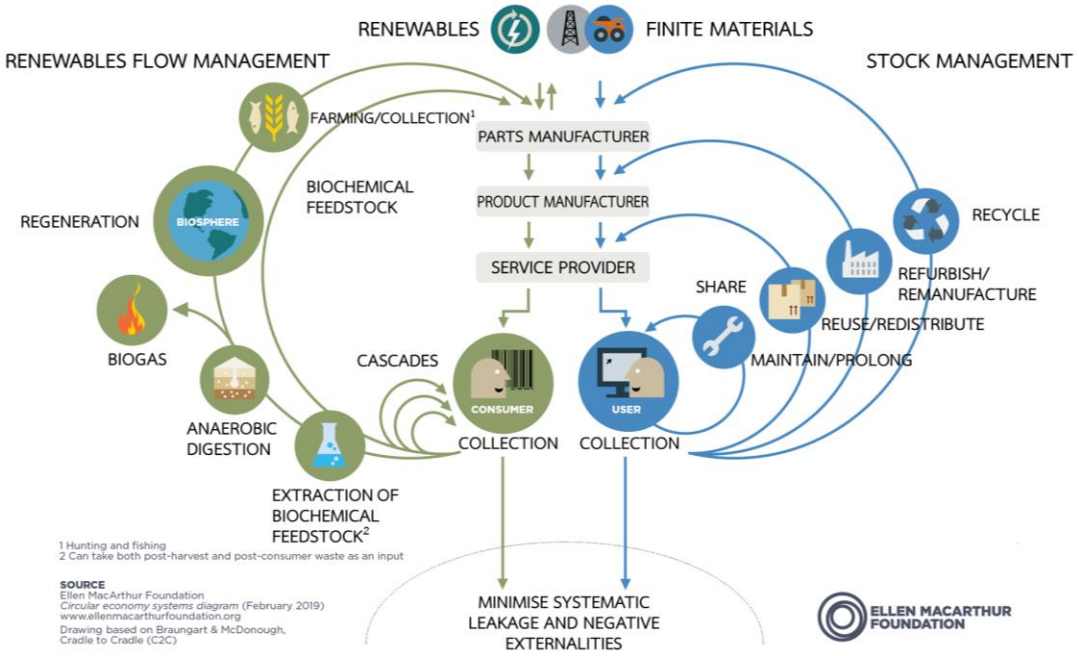
เศรษฐกิจหมุนเวียน

หลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นแนวคิดสำคัญในปัจจุบัน ที่เน้นการหมุนเวียนทรัพยากรใช้อย่างมีประสิทธิภาพและลดของเสีย ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในระดับประเทศและระดับโลก นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างสรรค์แนวคิดเพื่อปรับปรุงกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ให้มีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น รวมถึงเป็นแนวทางในการดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy: CE) มีนิยามโดยมูลนิธิ Ellen MacArthur ว่า เป็นแนวทางในการออกแบบกระบวนการผลิตภัณฑ์ บริการ และรูปแบบธุรกิจที่สามารถผลักดันให้เกิดการเติบโตทางธุรกิจอย่างยั่งยืน โดยการจัดการทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและการนำทรัพยากรหรือวัสดุกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยลดการใช้ทรัพยากรและลดการเกิดของเสีย จนท้ายที่สุดนำไปสู่การไม่มีของเสียเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์และวัสดุจะถูกหมุนเวียนผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การบำรุงรักษา การใช้ซ้ำ การปรับปรุงใหม่ การผลิตซ้ำ การรีไซเคิล และการทำปุ๋ยหมัก[1] เศรษฐกิจหมุนเวียนมีหลักการสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

- **<u>หลักการที่ 1:</u> การกำจัดของเสียและมลพิษ (Eliminate Waste and Pollution)** คือ การเปลี่ยนจากระบบเศรษฐกิจเชิงเส้น (Linear Economy) “ได้ – ใช้ – ทิ้ง” (Take – Make – Dispose) ไปสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การแบ่งปัน การซ่อมแซมและบำรุงรักษา การใช้ซ้ำ การแจกจ่ายซ้ำ การปรับปรุงเป็นของใหม่ การผลิตซ้ำ และการรีไซเคิล ซึ่งมีความปลอดภัยในการคืนสู่ธรรมชาติ ช่วยสร้างผืนดินใหม่ และเติมเชื้อเพลิงในการผลิตอาหารและวัสดุใหม่ ๆ
- **<u>หลักการที่ 2:</u> การหมุนเวียนผลิตภัณฑ์และวัสดุ (Circulate Products and Materials)** คือ การสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากสินค้าและวัสดุอย่างคุ้มค่าที่สุด โดยไม่มีสิ่งใดสูญเปล่าหรือถูกทิ้งอย่างไร้ประโยชน์ โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์และวัสดุให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำกลับมาใช้ใหม่หรือนำไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่น ๆ
- **<u>หลักการที่ 3:</u> การฟื้นฟูธรรมชาติ (Regenerate Nature)** คือ การสนับสนุนกระบวนการทางธรรมชาติและให้พื้นที่แก่ธรรมชาติในการเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพ สร้างทุนทางธรรมชาติตั้งแต่การสกัดจนถึงการฟื้นฟู แทนที่จะทำให้ธรรมชาติเสื่อมโทรม โดยใช้วิธีการทำฟาร์มที่ส่งเสริมให้ธรรมชาติสร้างดินใหม่และเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ และการนำวัสดุชีวภาพกลับสู่โลกเพื่อรองรับกระบวนการที่ไม่มีการทิ้งขยะในธรรมชาติ[2]

เศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นระบบเศรษฐกิจที่ออกแบบมาเพื่อใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยรักษาและสร้างคุณค่าจากทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบให้ได้มากที่สุด ด้วยการใช้งานวัสดุ ชิ้นส่วน และผลิตภัณฑ์ให้ได้นานที่สุด ผ่านการหมุนเวียนในวงจรอย่างต่อเนื่องในระบบปิดโดยไม่มีการปล่อยของเสียออกนอกระบบ ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพผีเสื้อ (Butterfly Diagram) ซึ่งอธิบายการไหลของวัสดุต่าง ๆ ในเศรษฐกิจหมุนเวียน ประกอบด้วย 1) วัฏจักรทางชีวภาพ (Biological Cycle) เป็นกระบวนการที่วัสดุทางชีวภาพหรืออินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตหรือใช้งานที่ต่างกัน สามารถถูกนำกลับสู่ธรรมชาติโดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ โดยที่ไม่ต้องมีการส่งของเสียออกจากระบบ และ 2) วัฏจักรทางเทคนิค (Technical Cycle) เป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อใช้ทรัพยากรทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมให้เป็นไปตามวงจรอย่างต่อเนื่อง มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและลดการสูญเสียของวัสดุและพลังงานในกระบวนการผลิตและการใช้งาน จุดประสงค์หลัก คือ การสร้างผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีอายุการใช้งานยาวนานและสามารถรีไซเคิลหรือใช้ซ้ำได้ เช่น การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถซ่อมแซมและอัพเกรดได้ เพื่อลดการใช้วัสดุใหม่และลดปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งาน[1,3,4] ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดลักษณะการหมุนเวียนทรัพยากรตามแผนภาพผีเสื้อด้วยเทคนิคต่าง ๆ



ภาพที่ 1 แผนภาพผีเสื้อ (Butterfly Diagram)[1]

ที่มา: Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *What is a circular economy?*.

ตารางที่ 1 รายละเอียดของแผนภาพผีเสื้อ[1,3,4]

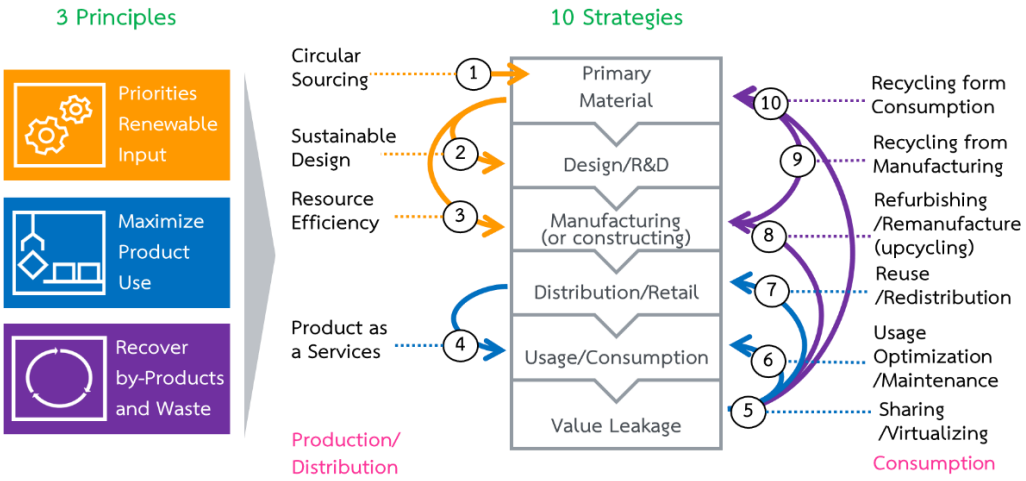
แนวคิด	รายละเอียด
วัฏจักรทางชีวภาพ (Biological Cycle)	
1. Cascades (การใช้อย่างต่อเนื่องเป็นลำดับ)	• การนำผลิตภัณฑ์และวัสดุที่มีอยู่ในเศรษฐกิจมาใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตผ้าทอจากเปลือกส้ม • การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารใหม่โดยใช้ส่วนผสมที่มักถูกมองว่าเป็นของเสีย เช่น การผลิตซอสมะเขือเทศจากเปลือกกล้วย • การนำวัสดุมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น การผลิตอาหารสัตว์ • สำหรับผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่ไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป จะมีการนำส่งคืนสู่ธรรมชาติในวงจรภายนอกของวัฏจักรทางชีวภาพ
2. Extraction of Biochemical Feedstock (การสกัดวัตถุดิบทางชีวเคมี)	• วัสดุชีวภาพที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวและการบริโภคสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตได้ โดยใช้เทคโนโลยีไบโอรีไฟเนอรี (Biorefineries) เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์เคมีที่มีมูลค่าสูง • ไบโอรีไฟเนอรีสามารถผลิตผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภทจากวัสดุอินทรีย์ผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน เช่น การผลิตสารชีวเคมีและผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการที่มีมูลค่าสูง • นอกจากนี้ ไบโอรีไฟเนอรียังสามารถผลิตไฟฟ้าและเชื้อเพลิงความร้อนจากชีวมวล ซึ่งสามารถนำมารวมกันเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์หรือพลังงานที่หลากหลาย
3. Composting (การทำปุ๋ยหมัก) และ **Anaerobic Digestion** (การย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน)	• Composting (การทำปุ๋ยหมัก) คือ การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น แบคทีเรียและเชื้อรา ในสภาวะที่มีออกซิเจน เพื่อเปลี่ยนเศษอาหารและวัสดุที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพอื่น ๆ ให้กลายเป็นปุ๋ยหมักที่อุดมด้วยสารอาหาร ใช้ปรับปรุงดินในเกษตรกรรมแทนการใช้ปุ๋ยเคมี • Anaerobic Digestion (การย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีประสิทธิภาพในการคืนคุณค่าของวัสดุที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ไม่มีการใช้ออกซิเจนในระหว่างการย่อยสลาย ได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นก๊าซชีวภาพ
4. Regeneration (การฟื้นฟู)	• การฟื้นฟูเป็นหัวใจสำคัญของวัฏจักรทางชีวภาพและเป็นหลักการที่สามของเศรษฐกิจหมุนเวียน • ส่งเสริมให้ธรรมชาติฟื้นตัว โดยช่วยเสริมสร้างสุขภาพของดินและเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ • ระบบอาหารหมุนเวียนวัสดุชีวภาพกลับสู่ผืนดิน แทนการปล่อยให้สูญเสียไป • เน้นลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

แนวคิด	รายละเอียด
5. Farming (การทำฟาร์ม)	• ส่งเสริมผลลัพธ์เชิงบวกต่อธรรมชาติผ่านการจัดการฟาร์ม ป่าไม้ และการประมงอย่างยั่งยืน • สนับสนุนการสร้างดินที่มีสุขภาพดีและมีเสถียรภาพ พร้อมเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ ปรับปรุงคุณภาพอากาศและน้ำ และเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน • ช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศที่เสื่อมโทรม สร้างความหลากหลายทางชีวภาพ และเพิ่มความสามารถในการฟื้นตัวของระบบนิเวศในฟาร์มและพื้นที่โดยรอบ • จัดหาสารอาหารจากขยะอินทรีย์โดยส่งคืนสู่ดินผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำปุ๋ยหมัก
วัฏจักรทางเทคนิค (Technical Cycle)	
1. Sharing (การแบ่งปัน)	• กลไกสำคัญในวัฏจักรทางเทคนิคที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ผลิตภัณฑ์ โดยไม่ต้องใช้ทรัพยากรเพิ่มเติม • ผู้ใช้สามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์หรือบริการโดยไม่จำเป็นต้องเป็นเจ้าของ ทำให้สามารถใช้งานร่วมกันและใช้แหล่งทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างคุ้มค่า
2. Maintenance (การบำรุงรักษา)	• การบำรุงรักษาเป็นวิธีสำคัญในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานที่กำหนด • ควรมีการตรวจสอบเป็นประจำเพื่อตรวจเช็คสภาพ ทำความสะอาด และซ่อมแซมเมื่อจำเป็น
3. Reusing (การใช้ซ้ำ)	• กระบวนการนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ โดยมุ่งเน้นการใช้งานตามวัตถุประสงค์เดิม ซึ่งอาจเป็นการใช้งานในรูปแบบเดิมหรือมีการปรับปรุงเล็กน้อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ • ช่วยลดการผลิตสินค้ารุ่นใหม่และลดปริมาณขยะที่ไม่จำเป็น ส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม
4. Redistributing (การแจกจ่ายซ้ำ)	• การรักษาผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในวงจรการใช้งานเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ได้อย่างเต็มที่ และป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์กลายเป็นขยะ • การขยายตลาดของผลิตภัณฑ์ไปยังลูกค้ารายใหม่ เพื่อเพิ่มโอกาสในการใช้งานต่อ
5. Refurbishing (การปรับปรุงเป็นของใหม่)	• การคืนผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเป็นการเพิ่มมูลค่าผ่านการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วน การปรับปรุงคุณสมบัติทางเทคนิค และการปรับปรุงรูปลักษณ์ภายนอก • กระบวนการนี้สามารถทำได้ทั้งโดยผู้ใช้งานเองหรือโดยผู้เชี่ยวชาญ
6. Remanufacturing (การผลิตซ้ำ)	• เมื่อผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานต่อได้ในสภาพปัจจุบัน จำเป็นต้องปรับปรุงหลายขั้นตอนเพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ • เน้นการออกแบบผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนให้กลับมามีสภาพใกล้เคียงของใหม่ โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าผลิตภัณฑ์ใหม่ • ต้องใช้การลงทุนสูงในโรงงานและเครื่องจักร มากกว่ากระบวนการที่อยู่ในวงจรภายในของวัฏจักรทางเทคนิค อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนเหล่านี้จะไม่กลายเป็นขยะ แต่ยังคงอยู่ในระบบเศรษฐกิจ ซึ่งช่วยลดต้นทุนทั้งธุรกิจและลูกค้า
7. Recycling (การรีไซเคิล)	• การเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนให้กลับเป็นวัสดุหรือสารพื้นฐาน เพื่อนำไปแปรรูปและสร้างเป็นวัสดุใหม่ • เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานต่อ ปรับปรุง หรือผลิตใหม่ได้ หรือไม่เหมาะสมสำหรับกระบวนการเหล่านั้น • เป็นวิธีสุดท้ายในการรักษาวัสดุที่ใช้ผลิต เพื่อป้องกันไม่ให้กลายเป็นของเสีย • ควรรักษามูลค่าที่แฝงอยู่ในผลิตภัณฑ์ เช่น เวลาและพลังงานที่ใช้ในการผลิต โดยการรีไซเคิลเพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่

จากหลักการทั้ง 3 ประการนี้ทำให้เศรษฐกิจหมุนเวียนมีความสำคัญอย่างมาก ในการสร้างความยั่งยืนทั้งในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ดังนี้

- **ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ:** เศรษฐกิจหมุนเวียนสามารถช่วยลดการสกัดวัตถุดิบจากแหล่งธรรมชาติ ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น แร่ธาตุ น้ำมัน และไม้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ในเศรษฐกิจหมุนเวียนมีจุดมุ่งหมายให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือรีไซเคิลได้ โดยมูลนิธิ Ellen MacArthur รายงานว่าการเปลี่ยนมาใช้เศรษฐกิจหมุนเวียนสามารถลดการใช้วัสดุใหม่ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ
- **ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก:** เศรษฐกิจหมุนเวียนสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ โดยการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อความยั่งยืน การใช้พลังงานหมุนเวียน การลดขยะอาหาร และการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมูลนิธิ Ellen MacArthur รายงานว่าการเปลี่ยนมาใช้เศรษฐกิจหมุนเวียนจะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงครึ่งหนึ่งภายในปี 2030 และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 7.4 ล้านตันต่อปี
- **ปกป้องความอุดมสมบูรณ์ของที่ดินและสุขภาพของดิน:** เศรษฐกิจหมุนเวียนมุ่งเน้นการใช้วัสดุรีไซเคิลแทนการสกัดวัตถุดิบใหม่ ซึ่งช่วยลดความต้องการใช้ที่ดินในการทำเหมืองและการเกษตร ที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมโทรมของที่ดินและสุขภาพของดิน นอกจากนี้ การนำขยะอินทรีย์กลับมาใช้ใหม่ เช่น การทำปุ๋ยหมัก ยังช่วยให้สารอาหารกลับคืนสู่ดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์และปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินมีความแข็งแรงและสามารถผลิตผลได้ดีขึ้น
- **ส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจ:** เศรษฐกิจหมุนเวียนมีผลสำคัญต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) เนื่องจากเน้นการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานยาวนานและสามารถรีไซเคิลหรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนมาใช้เศรษฐกิจหมุนเวียนสามารถกระตุ้นนวัตกรรมและการออกแบบผลิตภัณฑ์ สร้างโอกาสใหม่ในธุรกิจ ลดต้นทุนในการผลิตและการจัดการทรัพยากร ส่งเสริมเศรษฐกิจในระดับท้องถิ่นและชุมชน และมีผลกระทบที่เชื่อถือได้ต่อเศรษฐกิจโลก ตามรายงานของมูลนิธิ Ellen MacArthur การเปลี่ยนมาใช้เศรษฐกิจหมุนเวียนสามารถเพิ่ม GDP ได้ถึง 700 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2030 ช่วยลดความยากจนและปรับปรุงมาตรฐานการครองชีพให้ดีขึ้นทั่วโลก
- **สร้างงานใหม่:** เศรษฐกิจหมุนเวียนไม่เพียงแต่ส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจ แต่ยังสร้างงานใหม่ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การผลิต วิศวกรรม การออกแบบ และการรีไซเคิล งานเหล่านี้มีค่าตอบแทนสูงและต้องใช้ทักษะสูง ซึ่งไม่สามารถย้ายไปทำในต่างประเทศได้ การประชุมสุดยอด Global Climate Action Summit ประเมินว่าการเปลี่ยนไปใช้เศรษฐกิจหมุนเวียนอาจสร้างงานใหม่ได้ถึง 65 ล้านตำแหน่งภายในปี 2030 การสร้างงานใหม่เหล่านี้จะสร้างโอกาสให้กับประชากรที่มีความสามารถและสร้างความมั่นคงในชุมชนโดยรวม
- **เพิ่มการประหยัดค่าวัสดุให้กับโรงงานผู้ผลิต:** เศรษฐกิจหมุนเวียนทำให้บริษัทมองขยะเป็นทรัพยากรมีค่าที่สามารถนำมาใช้ใหม่เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ ด้วยเหตุนี้ โรงงานผู้ผลิตสามารถประหยัดเงินในการซื้อวัสดุและลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะได้ นอกจากนี้ โรงงานผู้ผลิตสามารถใช้วัสดุรีไซเคิลแทนที่จะใช้วัสดุใหม่ ทำให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ดีขึ้น การวิจัยโดยมูลนิธิ Ellen MacArthur ประเมินว่าการเปลี่ยนไปใช้เศรษฐกิจหมุนเวียนสามารถลดต้นทุนวัสดุลงได้ถึง 50% ภายในปี 2030[1,5,6]

การนำหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนไปประยุกต์ใช้เป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งานหรือการบริโภค ไปจนถึงการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์หลังจากหมดอายุการใช้งาน โดย มีหลักในการประยุกต์ใช้ 3 ประการ คือ การให้ความสำคัญกับวัตถุดิบที่ทดแทนได้ การใช้ผลิตภัณฑ์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ทั้งผลิตภัณฑ์และของเสีย ผ่านกลยุทธ์ 10 ประการสำหรับดำเนินการในระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ภาพที่ 2 แสดงการไหลอย่างต่อเนื่องของทรัพยากรผ่านหลักการ 3 ประการ และ 10 กลยุทธ์สำหรับเศรษฐกิจหมุนเวียน และมีรายละเอียดนิยามของกลยุทธ์ดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 2 การไหลอย่างต่อเนื่องของทรัพยากรผ่านหลักการ 3 ประการ และ 10 กลยุทธ์สำหรับเศรษฐกิจหมุนเวียน[7]

ที่มา: PricewaterhouseCoopers. (n.d.). *Taking on tomorrow*.

ตารางที่ 2 หลักการ 3 ประการ และ 10 กลยุทธ์ในการนำหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนไปใช้[7, 8]

หลักการ	กลยุทธ์		คำนิยาม
1. Priorities Renewable Input (การให้ความสำคัญกับวัตถุดิบที่ทดแทนได้)	1	Circular Sourcing (การเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถทดแทนได้)	การเลือกใช้วัตถุดิบที่ทดแทนได้ หรือสามารถรีไซเคิลได้ในกระบวนการผลิต
	2	Sustainable Design (การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความยั่งยืน)	การออกแบบผลิตภัณฑ์และเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถแยกส่วนประกอบเพื่อการใช้ซ้ำ การซ่อมแซม หรือเพิ่มมูลค่าได้
	3	Resource Efficiency (การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร)	ควบคุมการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพ เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด ในกระบวนการผลิตหรือกระบวนการทำงาน
2. Maximize Product Use (การใช้ผลิตภัณฑ์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด)	4	Product as a Service (การขายสินค้าในรูปแบบการให้บริการ)	จัดเตรียมหรือจัดหาบริการในพื้นที่เพื่อขายเป็นสินค้า เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของสินค้าให้นานขึ้น
	5	Sharing Visualizing (การแบ่งปันการใช้งานทรัพย์สิน)	การแบ่งปันการใช้งานทรัพย์สิน เช่น รถยนต์ ห้อง และอุปกรณ์ที่ใช้งาน เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน
	6	Usage Optimization/Maintenance (การเพิ่มอายุการใช้งานหรือประสิทธิภาพ)	เพิ่มศักยภาพหรือประสิทธิภาพของสินค้าและยืดอายุการใช้งานด้วยการซ่อมบำรุง
	7	Reuse/Redistribution (การจัดซื้อหรือขายสินค้ามือสอง)	จัดซื้อหรือขายสินค้ามือสอง หรือการสวสิทธิ์แทนเจ้าของเดิมเพื่อเพิ่มช่วงอายุของสินค้า
3. Recover by Products and Waste (การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ทั้งผลิตภัณฑ์และของเสีย)	8	Refurbishing/Remanufacturing (การปรับปรุงใหม่)	การปรับปรุงใหม่กระบวนการผลิตสินค้าหรือส่วนประกอบสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่
	9	Industrial Symbiosis or Recycling form Manufacturing (การนำของเสียจากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ใหม่)	การนำของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตส่งไปเข้ากระบวนการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในกระบวนการผลิตอื่น ๆ
	10	Recycling from Consumption (การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่)	การนำกลับมาใช้ประโยชน์หลังจากที่ผู้บริโภคไม่ต้องการใช้งานสินค้านั้นแล้ว

ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้หลักการ 3 ประการและ 10 กลยุทธ์สำหรับเศรษฐกิจหมุนเวียนทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น

- **กลยุทธ์ที่ 1 การเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถทดแทนได้:** บริษัทน้ำอัดลมรายใหญ่ได้ร่วมมือกับผู้ประกอบการรีไซเคิลพลาสติกที่ได้มาตรฐานและได้รับการรับรองจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เพื่อนำพลาสติกรีไซเคิล rPET 100% มาผลิตขวดบรรจุน้ำอัดลมขนาด 550 มิลลิลิตร มีกำลังการผลิตพลาสติก rPET 30,000 ตันต่อปี ซึ่งสามารถลดการใช้พลาสติกใหม่และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 57.7% การริเริ่มโครงการนี้ไม่เพียงแต่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังเป็นการส่งเสริมแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน และเป็นตัวอย่างให้กับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ในการเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถทดแทนได้เพื่อสร้างความยั่งยืนในระยะยาว[9]
- **กลยุทธ์ที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความยั่งยืน:** บริษัทผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคมีความมุ่งมั่นที่จะลดการใช้พลาสติกโดยสิ้นเชิงในกลุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ภายในปี 2025 บริษัทตั้งเป้าลดการใช้พลาสติกบริสุทธิ์ลงครึ่งหนึ่งโดยลดการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกมากกว่า 100,000 ตัน และเร่งการใช้พลาสติกรีไซเคิล ตัวอย่างเช่น ถังไอศกรีมรีไซเคิลที่ทำจากกระดาษ ผลิตภัณฑ์ปรับผ้านุ่มที่มีความเข้มข้นเป็นพิเศษซึ่งใช้น้ำน้อยลงในการผลิตและต้องการบรรจุภัณฑ์น้อยลง จึงช่วยประหยัดทรัพยากรและลดของเสีย[10]
- **กลยุทธ์ที่ 3 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร:** บริษัทจากประเทศเนเธอร์แลนด์ซึ่งเชี่ยวชาญในการพัฒนาเทคโนโลยีการย้อมผ้าที่ได้รับการจดสิทธิบัตรและผ่านการพิสูจน์ทางอุตสาหกรรม โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะเหนือวิกฤต (Supercritical Carbon Dioxide) แทนน้ำ เทคโนโลยีนี้ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่นำกลับมาใช้ใหม่เป็นตัวกลางในการย้อมในกระบวนการแบบวงปิด เมื่อมีแรงดัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะกลายเป็นสถานะเหนือวิกฤต ซึ่งในสถานะนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีกำลังตัวทำละลายสูงมาก ทำให้สีย้อมละลายได้ง่ายและสามารถซึมผ่านเข้าสู่เส้นใยได้อย่างรวดเร็วและลึก ทำให้เกิดสีสันสดใส นอกจากนี้ เมื่อไม่มีการใช้น้ำ จึงไม่ต้องใช้เวลาในการตากแห้ง ทำให้ลดเวลาในการผลิตลงครึ่งหนึ่ง ใช้พลังงานน้อยลง และมีต้นทุนที่น้อยกว่า จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากกระบวนการนี้ไม่ต้องใช้น้ำและสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม[11]
- **กลยุทธ์ที่ 4 การขายสินค้าในรูปแบบการให้บริการ:** บริษัทจากประเทศไทยให้บริการเช่าที่นอนแทนการซื้อที่นอนใหม่จากแบรนด์ชั้นนำ โดยไม่ต้องลงทุนซื้อด้วยเงินก้อนใหญ่ และไม่ต้องกังวลเรื่องการทิ้งที่นอนเมื่อเลิกใช้งาน นอกจากนี้ ยังช่วยลดขยะและยับยั้งภาวะโลกร้อน โดยรวมค่าใช้จ่ายในการรีไซเคิลในค่าใช้บริการที่นอนในแต่ละเดือน และช่วยรับที่นอนกลับมารีไซเคิลเมื่อสิ้นสุดสัญญาใช้บริการโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม[12]
- **กลยุทธ์ที่ 5 การแบ่งปันการใช้งานทรัพย์สิน:** บริษัทจากประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นโมเดลให้เช่าเฟอร์นิเจอร์ในรูปแบบการสมัครสมาชิก ทำให้สามารถเช่าเฟอร์นิเจอร์ในระยะสั้นและปรับเปลี่ยนเฟอร์นิเจอร์ได้ตามต้องการได้ ซึ่งเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการด้านอสังหาริมทรัพย์ ผู้ให้เช่าคอนโด และผู้เช่า แม้ว่าจะเป็นบริการเช่าเฟอร์นิเจอร์ บริษัทก็คัดสรรแบรนด์ที่นำเข้ามาจากยุโรปหรือญี่ปุ่นเพื่อการเน้นเฟอร์นิเจอร์ที่ทำจากไม้ ดีไซน์ที่ชัดเจนและต้องมีความโดดเด่น ซึ่งเป็นบริการที่ทำให้ทุกคนสามารถเลือกใช้เฟอร์นิเจอร์ที่มีคุณภาพได้และไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสียหาย เมื่อนำเฟอร์นิเจอร์กลับมา ทีมดูแลสินค้าจะทำความสะอาดให้เหมือนใหม่และนำกลับไปเก็บในโกดัง เพื่อให้ทุกคนสามารถเลือกใช้ต่อได้เรื่อย ๆ[13]
- **กลยุทธ์ที่ 6 การเพิ่มอายุการใช้งานหรือประสิทธิภาพ:** แบรนด์เสื้อผ้าคุณภาพสูงสัญชาติอเมริกัน ได้ริเริ่มโครงการให้ลูกค้านำสินค้าที่ใช้งานแล้วมาแลกเป็นเครดิตส่วนลดสำหรับการซื้อสินค้าใหม่ ส่งเสริมให้ลูกค้าซ่อมแซมเสื้อผ้าด้วยตนเอง โดยจัดทำคู่มือการซ่อมแซมสินค้าของแบรนด์หกภาษา หรือสามารถนำมาซ่อมที่ร้านสาขาได้ โดยรับประกันงานซ่อมตลอดอายุการใช้งาน เพื่อยืดอายุการใช้งานของเสื้อผ้าและไม่ให้ต้องจบที่หลุมขยะเร็วเกินไป บริษัทมีเครือข่ายศูนย์ซ่อมเสื้อผ้ามากกว่า 70 แห่งทั่วโลก สามารถซ่อมเสื้อผ้าได้ถึงหลักแสนชิ้นต่อปี และถ้าเสื้อผ้าชิ้นไหนไม่สามารถซ่อมได้ จะคัดแยกเพื่อนำไปรีไซเคิล โดยนำกลับไปประกอบร่างแปลงโฉมให้กลายเป็นสินค้าชิ้นใหม่[14]

- **กลยุทธ์ที่ 7 การจัดซื้อหรือขายสินค้ามือสอง:** บริษัทจากประเทศญี่ปุ่นได้ดำเนินธุรกิจซื้อ-ขายสินค้าแบรนด์เนมมือสองในประเทศไทย ด้วยประสบการณ์กว่า 70 ปีและมีสาขากว่า 35 แห่งในญี่ปุ่น บริษัทเป็นผู้นำในธุรกิจดังกล่าวด้วยยอดขายราว 11,000 – 14,000 ล้านบาทต่อปี จากความพิถีพิถันในการตรวจสอบสินค้าก่อนรับซื้อและการซ่อมแซมสินค้าก่อนออกขาย บริษัทสามารถสร้างความน่าเชื่อถือและขยายตลาดสินค้าแบรนด์เนมมือสองให้กว้างขึ้น ถือเป็นการขยายตลาดออกจากญี่ปุ่นเป็นประเทศที่ 3 ต่อยอดจากฮ่องกงและจีน จึงเชื่อว่าจะทำให้มีผู้สนใจโมเดลธุรกิจขายของมือสองนำสินค้ามาขายกับบริษัทไม่ต่ำกว่าแสนชิ้น ขณะที่ในญี่ปุ่นมีสินค้าหมุนเวียนมากถึง 1.4 ล้านชิ้นต่อปี[15]
- **กลยุทธ์ที่ 8 การปรับปรุงใหม่:** บริษัทจากประเทศฝรั่งเศสเปลี่ยนมุมมองการผลิตรถยนต์ตลอดวัฏจักรชีวิต ด้วยโรงงาน Re-FACTORY เริ่มตั้งแต่การออกแบบให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเน้นการใช้พลาสติกรีไซเคิลเป็นส่วนประกอบมากถึง 20 – 30% ในบางรุ่น และมีการนำวัสดุอื่น ๆ เช่น อลูมิเนียม ทองแดง และผ้ามาใช้ร่วมกับวัสดุใหม่ นอกจากนี้ ยังร่วมมือกับบริษัทรถยนต์เก่ากว่า 300 รายในฝรั่งเศสในการคัดแยกวัสดุที่ยังมีสภาพดี เช่น เกียร์ ระบบส่งกำลัง ตัวถัง หรือแม้แต่ส่วนประกอบอื่น ๆ อย่างกระจกมองข้าง เพื่อนำกลับมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตรถยนต์ใหม่อีกครั้ง[16]
- **กลยุทธ์ที่ 9 การนำของเสียจากอุตสาหกรรมไปใช้ประโยชน์ใหม่:** การแลกเปลี่ยนวัสดุอุตสาหกรรมของเมืองคาลันบอร์ก (Kalundborg's Industrial Symbiosis) เป็นการดำเนินงานที่เกื้อกูลกันในด้านการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling of Water) การส่งต่อพลังงาน (Transfer of Energy) และการนำของเสียอุตสาหกรรมมาใช้ใหม่ (Recycling of Waste Products) รวมมากกว่า 35 โครงการ ระหว่างกลุ่มบริษัท 8 บริษัทกับเทศบาลเมืองคาลันบอร์ก ซึ่งเป็นตัวอย่างที่โดดเด่นของการทำงานร่วมกันระหว่างบริษัทต่าง ๆ และเทศบาลเมืองเพื่อใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม[17]
- **กลยุทธ์ที่ 10 การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่:** ความร่วมมือระหว่างบริษัทผลิตพลังงานและธุรกิจแพคเกจจิ้งได้ดำเนินโครงการ Greenovative Lube Packaging โดยการรวบรวมบรรจุภัณฑ์แกลลอนน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว มาผ่านกระบวนการผลิตให้เป็นเม็ดพลาสติกรีไซเคิล (Post-Consumer Recycled Resin; PCR) และนำมาผสมกับเม็ดพลาสติกใหม่ (Virgin Resin) ในสัดส่วนที่เหมาะสม นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาคุณภาพเม็ดพลาสติกเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและสามารถนำมาผลิตซ้ำได้ โดยยังคงประสิทธิภาพและคุณสมบัติที่ได้มาตรฐานเทียบเท่ากับแกลลอนน้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกใหม่ ทำให้ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติใหม่ และลดปริมาณขยะพลาสติกจากแกลลอนน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วอีกด้วย[18]

ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้เศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นแนวคิดเชิงระบบที่มุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์ในการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดปริมาณของของเสียตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งานหรือการบริโภค ไปจนถึงการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์หลังจากหมดอายุการใช้งาน โดยมีหลักการสำคัญประกอบด้วย การลดปริมาณของของเสียและมลพิษ การหมุนเวียนผลิตภัณฑ์และวัสดุ และการฟื้นฟูสู่ธรรมชาติ โดยการใช้ทรัพยากรใหม่น้อยลงและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ส่งผลให้สามารถลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ลดต้นทุนในการผลิตเนื่องจากไม่ต้องนำเข้าวัสดุใหม่ และลดความจำเป็นในการจัดการกับของเสีย ทำให้เศรษฐกิจยั่งยืนมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ประกอบการและสังคมโดยรวม

คณะผู้จัดทำ

1. รศ.ดร.กานดิส สุดสาคร
2. ผศ.ดร.วิกานดา วราห์บัณฑูรวิทย์
3. รศ.ดร.ชนินทร์ ปัญจพรผล
4. รศ.ดร.ปวีนา ประไพนัยนา
5. ผศ.ดร.ศุภพัชรี รอดเดชา
6. ผศ.ดร.พรรณทิศา ลิ้มแหลมทอง
7. ดร.ณัชพล เจียรสำราญ
8. นางสาวปนัดดา พิเชฐวาณิชย์
9. นางสาวนนทณัฐ บุญพบ

สถานที่ติดต่อ: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 0-2797-0999 ต่อ 1202 – 1204 โทรสาร 0-2561-4621

References:

1. Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *What is a circular economy?.* https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview
2. Thanyakorn Areeratchakul. (2019). Circular Economy. *Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 34*(1), 30 – 35. https://opac.tistr.or.th/Multimedia/STJN/2019-3401/tistr-stjn_3401-07.pdf
3. Ulla Soeder. (2023). *The butterfly diagram of the circular economy.* ecobe. https://www.ecobeweb.com/butterflydiagram-circulareconomy/
4. Mariana Pinto e Costa. (2021). *Butterfly Diagram: Journey to Circularity.* BeeCircular. https://en.beecircular.org/post/butterfly-diagram
5. Michael Ofei. (2023). *7 Benefits of Circular Economy (And How You Can Participate).* The Minimalist Vegan. https://theminimalistvegan.com/benefits-of-circular-economy/
6. David McGinty. (2021). *5 reasons to shift from a 'throw-it-away' consumption model to a 'circular economy'.* World Economic Forum. https://www.weforum.org/agenda/2021/02/change-five-key-areas-circular-economy-sustainability/
7. PricewaterhouseCoopers. (2020). *Taking on tomorrow.* PwC. https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/future-energy/energy-circularity.html
8. PricewaterhouseCoopers. (2019). *The road to circularity.* PwC. https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-the-road-to-circularity-en.pdf
9. Kanokwan Makmek. (2023). *"Pepsi" the first soft drink and the only one in Thailand Use 100% recycled bottles.* today. https://workpointtoday.com/pepsi-100-percent-recycled/
10. Unilever. (2020). *Unilever makes progress on its sustainable packaging goals.* Unilever. https://www.unilever.com/news/press-and-media/press-releases/2020/unilever-makes-progress-on-its-sustainable-packaging-goals/
11. DyeCoo. (2022). *CO_2 Dyeing.* DyeCoo. https://dyecoo.com/co2-dyeing/
12. Circularity Pte. Ltd.. (2018). *Now sleep can be green.* Nornnorn. https://th.nornnorn.com/
13. Kanika Ruaythanapanich. (2023). *Spruce furniture can be borrowed with monthly payments by the brand CHANINTR.* The Standard. https://thestandard.co/life/spruce-by-chanintr/
14. Athikorn Sriyasawin. (2022). *Patagonia connects people with brand beliefs, Create pride, Let customers spread the word.* Thairath Online. https://plus.thairath.co.th/topic/politics&society/102503
15. Nokyoong. (2019). *Delving into the "second-hand brand name" business, why do "Thai people" like it? Even big brands have to jump into the field!.* MarketingOops!. https://www.marketingoops.com/exclusive/business-case/brand-name-second-hand/
16. Future Perfect. (2021). *When "RENAULT" reforms the car factory with the Circular Economy.* Blockdit. https://www.blockdit.com/posts/611e4e2e0aa2002d74312b59
17. Kalundborg Symbiosis. (n.d.). *Surplus from circular production.* Kalundborg Symbiosis. https://www.blockdit.com/posts/611e4e2e0aa2002d74312b59
18. SCG Circular Way. (2019). *Greenovative Lube Packaging.* SCG Circular Way. https://www.scg.com/sustainability/circular-economy/collaboration-projects/greenovative-lube-packaging/