

บทที่ 10
การจัดการกับของเสียอย่างมีระบบ :
การนำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และการนำกลับมาใช้อีก
(Waste Management : recycling and reuse)

10. การจัดการกับของเสียอย่างมีระบบ :

การนำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และ การนำกลับมาใช้อีก

10.1. วัสดุที่สามารถนำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (recyclable materials)

เราได้เห็นแล้วว่าไม่มีคำตอบที่สมบูรณ์ที่สุดในปัญหาที่เกี่ยวข้องกับของเสีย การบำบัดของเสียก็ไม่ใช่วิธีการที่จะสามารถทำลายความเป็นพิษของของเสียได้โดยสิ้นเชิง (เศษที่หลงเหลืออยู่เป็นโลหะหนักสะสมใน sludge) ในเผาของเสียหรือขยะจะลดปริมาณของของเสีย แต่จะปล่อยองค์ประกอบที่เป็นพิษบางชนิดออกมาในเถ้าและในแก๊สที่ออกมา การกำจัดของเสียโดยการฝังกลบก่อให้เกิดปัญหาการถูกระบายออกมาและเกิดแก๊สมีเทนตามมา

จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีที่จะทำการลดปริมาณของของเสียที่ผลิตออกมาจากอาคารบ้านเรือนและอุตสาหกรรมลง การนำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (recycle) หรือการนำกลับมาใช้อีก (re-use) จะเป็นวิธีการที่ชัดเจนที่สุดที่จะลดได้ และ

ในปัจจุบันมีหลาย ๆ ประเทศที่ได้มีการกระตุ้นให้ทำองค์ประกอบมากมายในของเสียยังสามารถนำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ หรือเรียกทั่วไปว่าการรีไซเคิล หรือ re-used

10.1.1 กระดาษ (Paper)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ของกระดาษรีไซเคิลมีอยู่ทั่ว ๆ ไปหลายประเทศ มากกว่า 40% ของกระดาษที่ทิ้งแล้วถูกนำมารีไซเคิลในประเทศเยอรมันนีและฮอลแลนด์ การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ของกระดาษจะเกี่ยวข้องกับการแยกเอาสีหมึก กาว สารเคลือบและตัวเติมอื่น ๆ ออกจากของเสีย กระดาษรีไซเคิลสามารถนำมาย่อยเป็นเยื่อแทนการใช้เยื่อไม้เพื่อทำกระดาษใหม่

การรีไซเคิลกระดาษจะทำได้ดีที่สุดถ้าหากว่ามีการแยกกระดาษออกเป็นเกรดต่าง ๆ ที่แหล่งผลิต กระดาษเสียที่มีเกรดดี ๆ สามารถใช้ทำกระดาษรีไซเคิลที่มีคุณภาพดี ของเสียผสมต้องจัดเป็นเกรดต่ำและสามารถนำมาผลิตกระดาษที่มีคุณภาพต่ำ เช่น กระดาษม้วนเพื่อการชำระและกระดาษที่กล่อง

10.1.2 แก้ว (Glass)

ภาชนะแก้วที่ใช้บรรจุอาหารและเครื่องดื่มสามารถเอามาบดให้ละเอียดเป็น “cullet “ ซึ่งสามารถนำมาหลอมเพื่อทำผลิตภัณฑ์ใหม่ของแก้วโดยปราศจากการปรับปรุงในกระบวนการธรรมชาติ แก้วรีไซเคิลจะมีราคาถูกกว่าแก้วใหม่ ประสิทธิภาพของแก้วรีไซเคิลจะขึ้นอยู่กับ การแยกแยะแก้วที่มีสีต่างกันที่แหล่งธนาคารขวด “bottle banks “ ในประเทศทวีปยุโรปปกติจะมีธนาคารขวดตั้งไว้ตามที่สาธารณะต่าง โดยจะแยกออก

เป็นช่อง ๆ สำหรับใส่แก้วสีน้ำตาล, เขียว และแก้วใสจากผู้บริโภค ของเสียแก้วผสมจะ ถูกใช้เป็น “glassphalt “ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุในการสร้างถนน

แก้วเป็นสารที่ง่ายแก่การล้างและนำมาใช้อีก ขวดบรรจุที่คืนได้ยังคงใช้อยู่ใน ประเทศอังกฤษหรือขวดบรรจุเครื่องดื่มอื่น ๆ โดยมากต้องมีการจ่ายเงินมัดจำค่าขวด เพื่อ กระตุ้นให้ผู้บริโภคนำกลับคืนสำหรับนำมาใช้อีก

แนวโน้มของการใช้ขวดพลาสติกสำหรับบรรจุเครื่องดื่มนำไปสู่การลดลงของ จำนวนภาชนะที่จะนำกลับมาใช้อีก ผู้ขายปลีกรายย่อย (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง supermarket) ไม่ชอบที่จะรับกลับคืนและเก็บขวดเปล่า ขวดที่นำมาใช้ใหม่ได้มักจะหนักขึ้น (เพราะมี เนื้อแก้วมากกว่า) ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งมากขึ้น ซึ่งจะเป็ปัจจัยสำคัญถ้า หากว่าผลิตภัณฑ์ถูกถ่ายเทออกจากแหล่งผลิตที่ศูนย์กลางมากกว่าที่ผลิตของในท้องถิ่น

บางประเทศในทวีปยุโรป ได้มีการออกกฎหมาย (เช่น ภาษีขวด) เพื่อเป็นการ กระตุ้นให้มีการนำขวดแก้วที่ใช้แล้วกลับมาใช้อีก (reusable glass bottles)

10.1.3 อะลูมิเนียม (Aluminium)

กระป๋องอะลูมิเนียมเป็นของเสียจากอาคารบ้านเรือนที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ ง่ายที่สุด อะลูมิเนียมเป็นสินค้าที่มีราคาแพงมาก กระป๋องแต่ละใบอาจมีราคาถึง 1 บาท เพราะฉะนั้นจึงเป็นเหตุผลทางเศรษฐกิจที่ดีที่จะนำวัสดุนี้มารีไซเคิล ในประเทศอังกฤษ และยุโรป กระป๋องอะลูมิเนียมถูกนำมารีไซเคิลในสัดส่วนที่สูงมากมีองค์กรกุศลต่าง ๆ ได้มีส่วนร่วมในการเก็บรวบรวมกระป๋องที่ใช้แล้ว เพราะสามารถทำเงินจากกระป๋อง เหล่านี้ได้ง่ายมาก

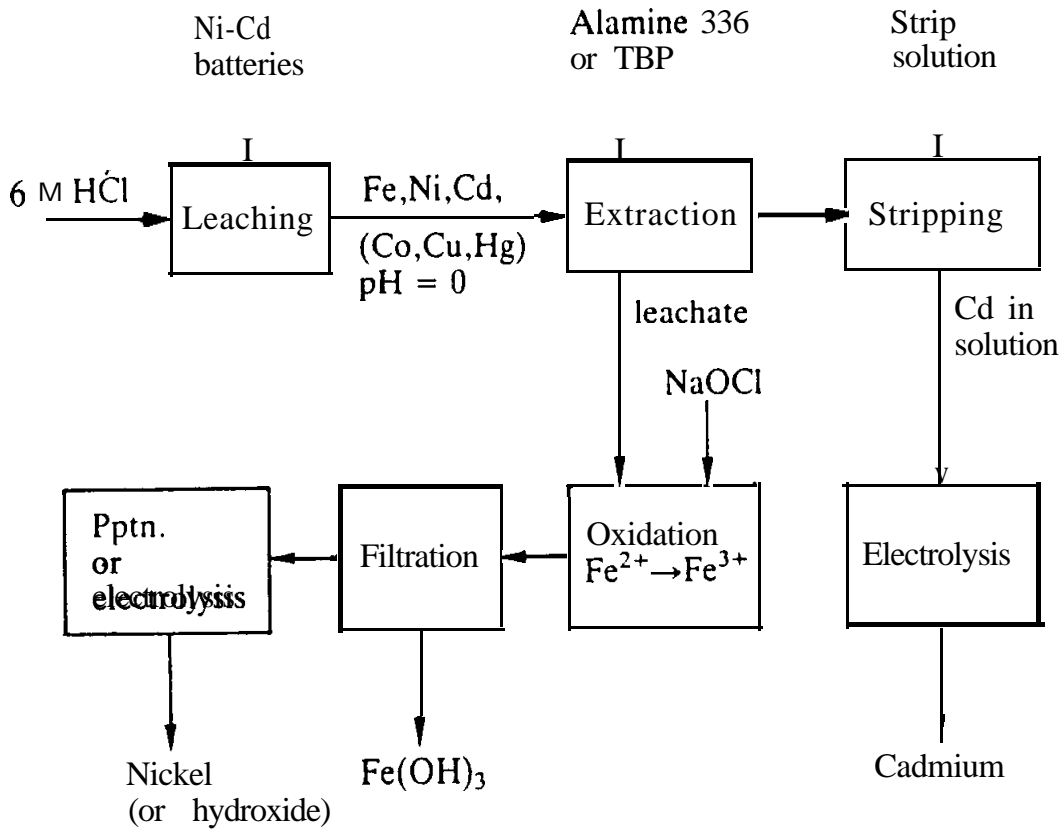
การรีไซเคิลกระป๋องที่ทำด้วยอะลูมิเนียมอาจทำให้ง่ายขึ้นโดยการเปลี่ยนการออกแบบกระป๋อง โดยมากที่ส่วนบนของฝากระป๋อง จะมีห่วงวงแหวนใช้ดึงเวลาเปิดซึ่งทำจากเหล็ก ต้องทำการแยกออกจากกระป๋องอะลูมิเนียมก่อนที่จะนำกระป๋องมาอะลูมิเนียมมารีไซเคิล

10.1.4 โลหะอื่น ๆ (other metals)

โดยหลักการแล้วโลหะใด ๆ สามารถนำมาหลอมแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก อย่างไรก็ตามก็ตีกระบวนกรนี้จะยุ่งยากมาก สำหรับของเสียที่มีองค์ประกอบที่เป็นโลหะมากกว่า 1 ชนิด หรือมีสารอื่น ๆ ปนอยู่ เช่น พลาสติก ยาง หรือแก้ว

การแยกที่แหล่งก่อนจะเป็นสิ่งที่สำคัญ โลหะที่ง่ายที่สุดที่จะแยกออกจากสิ่งอื่น ๆ คือ เหล็กเพราะมีสมบัติทางแม่เหล็ก การทำผลิตภัณฑ์เหล็กจากเศษเหล็กกลายเป็นส่วนที่ให้งำไรในอุตสาหกรรมในบางประเทศ

กระบวนการที่ถูกพัฒนาสำหรับการรีไซเคิลแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล/แคดเมียม (รูปที่ 10.1) ซึ่งมีจะนั้นจะเพิ่มมลพิษที่เป็นโลหะหนักในของเสีย กระบวนการนี้จะเกี่ยวข้องกับการนำเอากลับคืนมาใช้ใหม่โดยใช้การสลายตัวด้วยกระแสไฟฟ้าของโลหะทั้งสองและเหล็กจากแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว



รูปที่ 10.1 กระบวนการสำหรับการนำแบตเตอรี่ชนิด Ni/Cd หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่

10.1.5 พลาสติก (Plastics)

ถ้าเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) ส่วนใหญ่จะสามารถนำมาหลอมและทำเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดใหม่ ปัญหาที่คือมีพลาสติกต่าง ๆ จำนวนมากมายและยากที่จะทำการแยก ดังนั้นพบว่ามีน้อยกว่า 1% ของพลาสติกถูกนำมารีไซเคิลในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศในยุโรปก็เช่นเดียวกัน

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากพลาสติกส่วนมากในยุโรปจะต้องมีการระบุไว้ข้างขวด ว่า “PE “ “PET “ “PS (ซึ่งหมายถึง Polyethylene Polyethelene Terephthalate และ Polystyrene ตามลำดับ) เพื่อที่จะให้ผู้บริโภคแยกของเสียที่แหล่งเก็บได้ ได้มี 2-3 โครงการที่ทำการเก็บแยกพลาสติกของเสียอยู่ในขณะนี้ การใส่รหัสกับชนิดต่าง ๆ ของพลาสติก จะช่วยในการแยกพลาสติกที่โรงงานรีไซเคิล อาจจะเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา

ได้มีความห่วงใยเกี่ยวกับการตกค้างของสารพิษที่อาจถูกดูดซับโดยพลาสติก ดังนั้นพลาสติกรีไซเคิลจะไม่สามารถนำมาบรรจุอาหารได้ในปัจจุบัน ได้มีงานวิจัยดำเนินการอยู่ในปัจจุบันนี้ เพื่อเป็นการประเมินอันตรายนี้ในรายละเอียดมากขึ้น ถ้าหากพบว่ามีความเสี่ยงต่ำ ก็จะมีความเป็นไปได้ที่จะนำพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหารกลับมาใช้อีก

พลาสติกรีไซเคิลในปัจจุบันได้นำมาใช้ทำสิ่งต่าง ๆ มากมาย เช่น ถังบรรจุขยะ พรอมและท่อระบายน้ำ

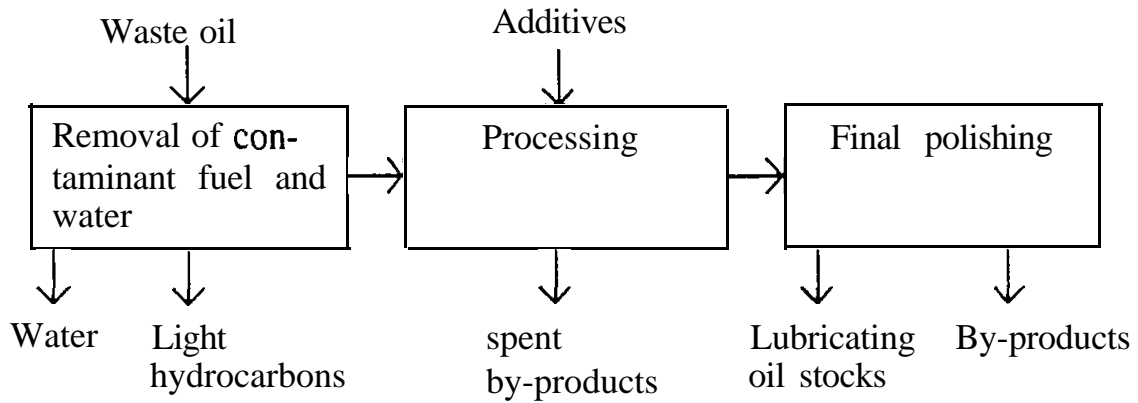
10.1.6 องค์ประกอบในของเสียจากอุตสาหกรรม

(Components of industrial waste)

ของเสียจากการะบวนการอุตสาหกรรมส่วนมากจะมีลักษณะชัดเจนกว่า ของเสียผสมจากอาคารบ้านเรือน สารต่าง ๆ เช่น โลหะ สารประกอบของโลหะ กรดและด่าง ตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวทำละลายต่าง ๆ และน้ำมัน อาจนำเอากลับคืนจากน้ำเสียและนำกลับมาใช้อีกหรือใช้กับกระบวนการอื่น ๆ

ตัวอย่างโดยทั่วไปสำหรับกรณีนี้ เช่น น้ำมันที่ใช้แล้วในประเทศสหรัฐอเมริกาในแต่ละปีจะมีการผลิตน้ำมันเสียออกมาประมาณ 4,000 ล้านลิตร ประมาณครึ่ง

หนึ่งจะถูกเผาเป็นเชื้อเพลิง ที่เหลืออาจนำมารีไซเคิลหรือกำจัด ปัญหาของน้ำมันเสียคือ อาจมีสารปนเปื้อนที่เป็นพิษอยู่ ซึ่งมาจากกระบวนการในอุตสาหกรรมหรือเครื่องจักร กระบวนการที่ใช้ในการรีไซเคิลน้ำมันเสีย ดังแสดงในรูปที่ 10.2



รูปที่ 10.2 ขั้นตอนหลักในการ reprocessing waste oil

ในขั้นตอนแรกคือการกำจัดของเสียและไฮโดรคาร์บอนตัวเล็ก ๆ ออกโดยการกลั่น ตัวทำละลายเช่น Isopropanol butanol หรือ methyl ethyl ketone อาจต้องเติมลงไปช่วยในการละลายของน้ำมัน จากสารปนเปื้อนที่ไม่ละลายอื่นๆ แล้วแยกออกโดยการกรอง อาจเติมกรดกำมะถันลงไปเพื่อแยกเอาสารปนเปื้อนอินทรีย์ออกไปตามด้วยการบำบัดด้วยดินเหนียวเพื่อแยกเอากรดที่เติมและสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ ออกไป ในขั้นตอนสุดท้ายของการทำความสะอาดจะเกี่ยวข้องกับการใช้การกลั่นแบบสูญญากาศเพื่อแยกน้ำมันออกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น และสิ่งตกค้างพวกน้ำมันดิน (tar)

ตัวทำละลายที่ใช้แล้วอาจนำกลับมาใช้อีก ของแข็งอาจเอาออกจากตัวทำละลายที่ใช้แล้วโดยการกรอง การเติมสารช่วยให้แห้ง จะช่วยกำจัดน้ำเทคนิคการดูดซับหรือการบำบัดทางเคมี อาจใช้ในการแยกเอาสารปนเปื้อนอินทรีย์ออกไป การกลั่นลำดับส่วนจะ

เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในกระบวนการ เป็นการแยกตัวทำลายออกจากกันและออกจากสิ่งเจือปนอื่น ๆ

10.2 *The economics of recycling*

10.2.1 Economic advantage of recycling

การรีไซเคิลไม่เพียงแต่เป็นวิธีที่จะลดปัญหาการกำจัดของเสียเท่านั้น ยังเป็นการแสดงถึงประสิทธิภาพของการใช้แหล่งวัตถุดิบ เช่น แร่ (ใช้ทำแก้วและโลหะ) ต้นไม้ (ใช้ทำกระดาษ) และน้ำมัน (ใช้ทำพลาสติกและสารเคมีอื่น ๆ) ใน ประเทศอเมริกาการบริโภควัตถุดิบเพิ่มขึ้น 2 เท่าในช่วง 35 ปีที่ผ่านมา แหล่งวัตถุต่าง ๆ เหล่านี้นับวันที่ต้องหมดสิ้นไป เมื่อวัตถุดิบเริ่มหายากขึ้น ราคา ก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดโดยกระบวนการรีไซเคิล

กระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการผลิตผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบจะใช้พลังงานและปล่อยมลพิษออกมามากกว่ากระบวนการรีไซเคิล ตารางที่ 10.1 แสดงประโยชน์ที่สิ่งแวดล้อมได้รับจากการรีไซเคิล เปรียบเทียบกับการผลิตสารเกี่ยวกับจากวัตถุดิบใหม่

ตารางที่ 10.1 Percent reduction of energy use and pollution with recycled products

Product	Energy Use	Air Pollution	Water Pollution
Aluminium	90-97%	95%	91%
Steel	47-74%	85%	16%
Paper	23-74%	74%	35%
Glass	4-32%	20%	

ปัจจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การรีไซเคิลควรจะเป็นกระบวนการที่ประหยัดกว่า และจะเพิ่มขึ้นในกรณีที่ถูกบังคับเกี่ยวกับมลพิษเข้มข้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลาย ๆ ประเทศได้นำเอากฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ใช้หลักการ “Polluter pays” ซึ่งบริษัทผู้ผลิตหรือทำให้เกิดมลพิษจะต้องเป็นผู้จ่ายเต็มราคา เพื่อทำความสะอาดมลพิษ หรือรับผิดชอบเกี่ยวกับผลกระทบของมลพิษ

10.2.2 Economic disadvantages of recycling

ไม่ใช่ทุกกรณีเสมอไปที่การรีไซเคิลจะได้กำไร ทั้งนี้ก็เนื่องจากค่าใช้จ่ายเกี่ยวข้องกับเก็บรวบรวมการแยกและการผลิตจากของเสีย ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มักจะมีคุณภาพต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดาษและพลาสติก) ในบางครั้งจึงเป็นการยากในการหาลาดสำหรับวัสดุรีไซเคิลเหล่านี้ เป็นจริงอย่างมากโดยเฉพาะกระดาษ ผู้บริโภคชอบที่จะซื้อกระดาษใหม่มากกว่ากระดาษรีไซเคิล (เพราะว่าคิดว่า) ในปลายศตวรรษที่ 19 ไม่มีความต้องการใช้กระดาษรีไซเคิลทำให้มีกระดาษที่ใช้แล้วมากมาย ซึ่งลดการได้ประโยชน์จากการรีไซเคิล

ปัจจัยอื่น ๆ ที่จะต้องคำนึงถึงในการประเมินการรีไซเคิลในแง่เศรษฐกิจ คือ ค่าใช้จ่ายของวิธีเลือกอื่น ๆ ของการจัดการหรือกำจัดกับของเสีย (การฝังกลบ , การเผา เป็นต้น) ปัญหาที่นี้ก็คือ การกระทำเหล่านี้โดยปกติจะทำโดยรัฐบาลในท้องถิ่น และค่าใช้จ่ายเต็มราคาอาจจะไม่ได้มาจากผู้ผลิตของเสียโดยตรงในประเทศส่วนใหญ่ ชาวบ้านไม่ได้จ่ายค่าเก็บขยะไม่มากนัก ซึ่งไม่ส่งเสริมให้เกิดการลดปริมาณของเสียโดยการรีไซเคิล ค่าใช้จ่ายในการบริหารสำหรับโดยการเลือกทางอื่น จะอยู่บนฐานของราคาต่อหน่วยน้ำหนักหรือปริมาตรอาจจะมีค่าสูงมาก

บทสรุปในกรณีนี้ก็คือ สถานการณ์ค่อนข้างจะยุ่งยาก วิธีเดียวที่จะใช้ประโยชน์จากค่าใช้จ่ายในการลดการกำจัดของเสียสามารถถูกผ่านไปยังองค์กรรีไซเคิลซึ่งอาจจะเป็นผู้มีอำนาจหน้าที่ในการกำจัดเป็นผู้รีไซเคิลเองหรือจ้างบริษัทเอกชนทำ ไม่ว่าจะเป็ นวิธีการใดก็ตามค่อนข้างชัดเจนว่ารัฐบาลจำเป็นต้องเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการนี้ ควรจะสังเกตว่าเมื่อเกิดการควบคุมเรื่องเตาเผาขยะและที่ดินที่ใช้ในการฝังกลบเข้มงวดมากยิ่งขึ้น และแหล่งที่จะฝังกลบหายากขึ้น ค่าใช้จ่ายเต็มราคาของการกำจัดก็ยิ่งสูงขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดแรงกระตุ้นทางเศรษฐกิจสำหรับองค์กรที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการกำจัดให้ทำการรีไซเคิลของเสีย

10.2.3 การวิเคราะห์ ค่าใช้จ่าย-ผลประโยชน์ที่ได้ (‘Cost-benefit Analysis)

สมการเหล่านี้จะใช้ในการอธิบายประโยชน์ที่จะได้รับและค่าใช้จ่ายของการรีไซเคิล

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการรีไซเคิล (Benefits of recycling, BR)

$$Br = Vc + Vp + Vf + Sk + Sd \quad (10.1)$$

เมื่อ Vc = ค่าใช้จ่ายโดยตรงของผู้ผลิตจากวัตถุดิบปฐมภูมิ

V_p = ค่าใช้จ่ายของมลพิษของผู้ผลิตจากวัตถุดิบปฐมภูมิ

V_f = ค่าใช้จ่ายต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ของผู้ผลิตจากวัตถุดิบปฐมภูมิ

SK = ค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมของเสียเพื่อการกำจัด

S_d = ค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย (รวมถึงมลพิษและค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ, S_{dp})

ค่าใช้จ่ายของการรีไซเคิล (cost of recycling, SCS)

$$SCS = S_{kr} + S_{st} + S_p \quad (10.2)$$

เมื่อ S_{kr} = ค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมของเสียเพื่อการรีไซเคิล

S_{st} = ค่าใช้จ่ายในการแยก กระบวนการ และการขนย้ายของการรีไซเคิล

S_p = ค่าใช้จ่ายมลพิษของการรีไซเคิล

ดังนั้น ประโยชน์สุทธิที่ได้รับการจากการรีไซเคิล (net benefit of recycling, NBR) จะหาได้โดย

$$NBR = BR - SCS = (V_c - S_{st}) + (V_p + V_f + S_{dp} - S_p) + (S_k - S_{kr}) + S_d \quad (10.3)$$

เมื่อ $V_c - S_{st}$ = ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายโดยตรงระหว่างการผลิตโดยตรงจากวัตถุดิบปฐมภูมิ และวัตถุดิบรีไซเคิล

$V_p + V_f + S_{dp} - S_p$ = ส่วนที่ประหยัดในค่าใช้จ่ายเพื่อสิ่งแวดล้อมและมลพิษ

$S_k - S_{kr}$ = ส่วนที่ประหยัดในค่าใช้จ่ายเพื่อการเก็บรวบรวม

S_d = ส่วนที่ประหยัดในค่าใช้จ่ายเพื่อการกำจัดโดยตรง

10.2.4. การปรับปรุงเศรษฐกิจของการรีไซเคิล (Improving the economics of recycling)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการรีไซเคิลสามารถปรับปรุงได้โดย

1. ทำการแยกสารที่จะนำมารีไซเคิลที่แหล่งผลิต ซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการ, Sst (แม้จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัด, Sd ซึ่งสามารถทำให้มีค่ามากที่สุดโดยใช้ระบบศูนย์กลางการแยกของเสีย ซึ่งจะมีสัดส่วนมากขึ้นของของเสียทั้งหมดที่จะนำมารีไซเคิล)
2. ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมลงให้น้อยที่สุด, Skr ตัวอย่างเช่น โดยเกี่ยวข้องกับองค์การกุศลต่างๆ และองค์กรอาสาสมัครอื่นๆ ในกระบวนการ หรืออาจใช้ศูนย์อำนวยความสะดวก เช่น ธนาคารขวด หรือศูนย์รีไซเคิล
3. ใช้ประโยชน์ของการรีไซเคิลต่อสิ่งแวดล้อมและมลพิษ นั่นคือหลักการของ “Polluter pays”

จะคำนวณประโยชน์ที่สิ่งแวดล้อมได้รับทั้งหมดยากมาก อย่างไรก็ตามดีจะเป็นการยากที่จะเอาชนะความคิดที่ว่า สิ่งแวดล้อมเป็นแหล่งที่ใช้กำจัดของเสียฟรี เพราะเหตุนี้ นโยบายของรัฐบาลในการตัดสินใจให้มีการรีไซเคิล แม้ว่าอาจไม่เป็นการประหยัดที่จะทำ แต่จำเป็นต้องทำ

10.3 Practical Aspects of recycling

สิ่งหนึ่งของการตัดสินใจที่สำคัญในการจัดตั้งโครงการรีไซเคิล คือ

1. **Source separation scheme** ซึ่งผู้ผลิตของเสียถูกคาดหวังให้เป็นผู้แยกแยะของเสียออกเป็นสารที่จะนำไปรีไซเคิลต่าง ๆ และสารที่ไม่สามารถนำไปรีไซเคิลได้หรือ
2. **“Resource recovery”** ระบบการแยกทางแมคคานิกส์ เมื่อโรงงานเป็นศูนย์กลางการแยกถูกใช้ในการจัดการของเสียผสม

10.3.1 Source Separation

แบบแผนการแยกที่แหล่งกำเนิดมี 2 แบบที่ใช้ในประเทศอังกฤษและอื่น ๆ

1. **“Drop off” point scheme** ซึ่งจะขึ้นอยู่กับผู้ผลิตจะเป็นผู้รับส่งของที่เอากลับคืนได้ ไปยังจุดเก็บรวบรวม เช่น ศูนย์เก็บขวด ธนาคารกระดาษ หรือ กระจก (บางที่อาจใช้สีของถังเก็บที่แตกต่างกัน) เพื่อการเก็บรวบรวม
2. **Direct collection scheme** ผู้ผลิตจะแยกชนิดของของเสียออกเป็นพวก ๆ (บางที่อาจใช้สีของถังเก็บที่แตกต่างกัน) เพื่อการเก็บรวบรวม
3. **Mixed scheme** จะเกี่ยวข้องกับหัวข้อทั้งสอง

10.3.2 Resource Recovery

จำนวนของ Resource recovery scheme ได้ถูกจัดตั้งขึ้นมาในประเทศต่าง ๆ โดยใช้วิธีทางแมคคานิกส์ในการแยกของเสีย ระบบเช่นนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าเพราะไม่ขึ้นกับลูกค้าหรือผู้บริโภคให้ทำการแยก และสามารถแยกแยะชนิดของของเสีย เพื่อ

การรีไซเคิลได้อย่างถูกต้องในสัดส่วนที่สูงกว่ามาก อย่างไรก็ตาม ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงงานเพื่อ Resource Recovery จะมีราคาสูงมากและก็ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าประหยัดได้มาก ทางเลือกนี้ไม่ได้รับความสนใจเลยจากหลาย ๆ ประเทศ (จะสังเกตว่า โครงการโรงงานเตาเผาขยะที่เชียงใหม่จะรวมหน่วย centralised resource recovery ไว้ด้วย) source separation scheme จะเป็นทางเลือกที่ได้รับความสนใจมากกว่า

10.4 การรีไซเคิลพอลิเมอร์ (Polymer recycling)

ในหัวข้อนี้จะมีประโยชน์อย่างมากที่ควรกล่าวถึงในรายละเอียด เพราะบทบาทที่สำคัญของพลาสติกในสังคมผู้บริโภคสมัยใหม่ ดังนั้นพลาสติกจึงเป็นตัวก่อปัญหาทั้งหมดในการกำจัดของเสียจากอาคารบ้านเรือนที่เป็นของแข็ง

10.4.1 การใช้พอลิเมอร์

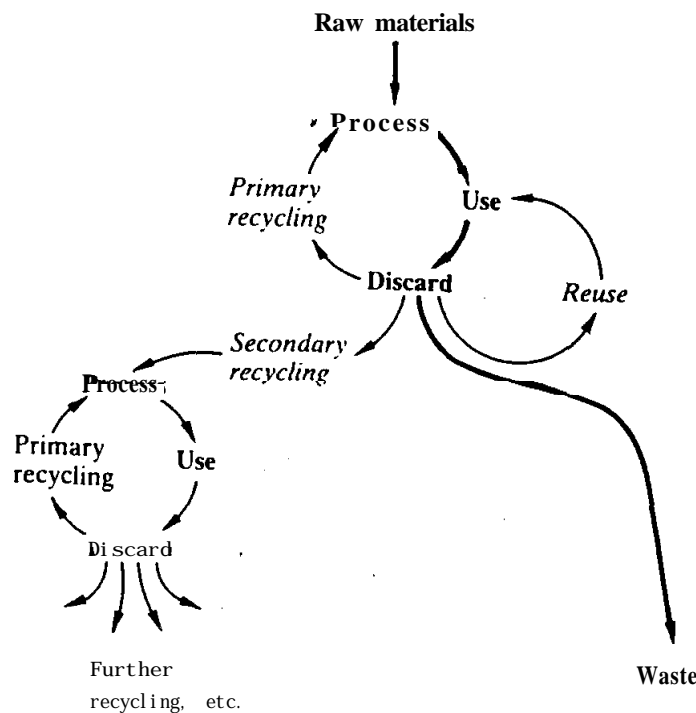
ในช่วง 60 ปีให้หลัง พอลิเมอร์ได้มีบทบาทสำคัญมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้เป็นวัสดุเพื่อการบรรจุ พลาสติกได้นำมาซึ่งประโยชน์มากมายทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม เช่น

1. โดยการลดน้ำหนักของสิ่งบรรจุหีบห่อ ดังนั้นจะลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
2. โดยลดการสิ้นเปลืองของอาหาร
3. โดยสามารถปรับตัวได้อย่างง่าย ๆ ในการประยุกต์ใช้ใด ๆ ดังนั้นจะลดการผลิตของของเสีย

ประมาณ 4% ของน้ำมันดิบทั้งหมดถูกนำมาใช้ในตลาดพลาสติก อย่างไรก็ตามพลาสติกจำนวนมากได้ถูกนำมาใช้ทำวัสดุบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะถูกล้างไปจากเวลาสั้น ๆ พบว่าในยุโรป ปริมาณที่น้อยกว่า 10% ของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ทำด้วยพลาสติกถูกนำกลับมารีไซเคิลที่เหลือก็จบลงด้วยเป็นของเสียจากอาคารบ้านเรือน 5-7 % (โดยน้ำหนัก) แต่คิดเป็น 15-20 % โดยปริมาตร ปัญหาที่คือของเสียเหล่านี้เกือบทั้งหมดไม่สลายตัวอย่างมีประสิทธิภาพในหลุมฝังกลบ และยังอาจก่อให้เกิดการปล่อยสารพิษ เช่น dioxin จาก MSW I ดังนั้นในประเทศที่พัฒนาแล้วส่วนใหญ่จะมีเป้าหมายของการรีไซเคิลพลาสติกและนำมาใช้อีก จะถูกกำหนดโดยรัฐบาล

10.4.2 กลยุทธ์การรีไซเคิล (Recycling Strategy)

มีหลายวิธีในการรีไซเคิลพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 10.3



รูปที่ 10.3 ไคอะแกรมแสดงแนวทางที่เป็นไปได้ของการรีไซเคิลพอลิเมอร์สังเคราะห์

10.4.2.1 การรีไซเคิลตติยภูมิ (Tertiary recycling)

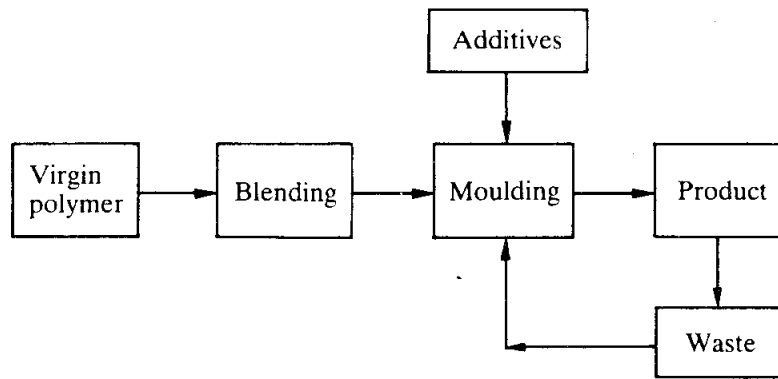
ในวิธีนี้พลาสติกจะไม่ถูกบำบัด แต่จะถูกนำไปใช้สำหรับวัตถุประสงค์รองหลังจากการใช้ครั้งแรกตัวอย่างเช่น โพลีเอทิลีนจากวัสดุที่ใช้บรรจุสารทางเกษตรกรรมอาจจะถูกฉีกออกเป็นชิ้น ๆ และใช้คลุมดินเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของวัชพืช

ความเสถียรทางเคมีของพลาสติกจะเป็นข้อดีในการประยุกต์ใช้เช่นนี้ พลาสติกที่ฉีกเป็นชิ้นเล็ก ๆ นี้ บางทีใช้อัดเข้าไปในเส้นรองเท้า อย่างไรก็ตามก็ดียังไม่มีการรายงานว่าการขยายการประยุกต์นี้ไปสู่ของเสียที่เป็นพลาสติกจากผู้บริโภคในขั้นตอนสุดท้าย

10.4.2.2 การรีไซเคิลขั้นทุติยภูมิ (Secondary recycling)

กรณีนี้จะเกี่ยวข้องกับก็นำเอาพลาสติกเข้ามาสู่กระบวนการอีกครั้งโดยการใช้ความร้อน นั่นคือนำมาหลอมและหล่อใหม่เพื่อทำวัสดุอื่น ๆ ยกตัวอย่างเช่น ของเสีย PVC จากขวดเครื่องดื่ม ใช้ทำท่อระบาย ถ้าหากว่าจำเป็น สมบัติของพอลิเมอร์จะถูกปรับเพื่อการประยุกต์ใช้รองลงมาโดยการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักโมเลกุลหรือขนาดของการ cross-linking การใช้ copolymer หรือการเติมตัว stabilizer plasticizer หรือสี ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน

เงื่อนไขของการเข้ากระบวนการอีกครั้ง ต้องมีการควบคุมอย่างระมัดระวังเพื่อการควบคุมสมบัติของรีไซเคิลพลาสติก การเข้ากระบวนการนี้อาจก่อให้เกิดการสลายตัวของพอลิเมอร์ การออกซิเดชัน สิ่งที่ดีตามมาก็คือคุณภาพของรีไซเคิลพลาสติกทุติยภูมิจะต่ำลง



รูปที่ 10.4 แผนผังแสดงการรีไซเคิลภายในกระบวนการ (pre-consumer waste)

10.4.2.3 การรีไซเคิลขั้นปฐมภูมิ (primary recycling)

เป็นกระบวนการ depolymerization ของพลาสติกเสียดกลับสู่องค์ประกอบที่เป็นโมโนเมอร์ เพื่อที่จะทำวัสดุที่มีคุณภาพสูงจากของเสีย ยกตัวอย่างเช่น poly(ethylene)terephthalate (PET) เมื่อเกิดการสลายตัวด้วย methanol (methanolysis) จะให้ dimethyl terephthalate ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการผลิต PET ชนิดของการสลายตัวทางเคมีนี้จะมีประโยชน์สำหรับการแยกของเสียที่เป็นพอลิเมอร์ชนิดควบแน่นเท่านั้น ของเสียที่เป็นพลาสติกผสมอาจจะถูกเปลี่ยนกลับคืนสู่ของเหลวคล้ายคลึงกับน้ำมันดิบ โดยการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงหรือการเติมไฮโดรเจน แต่สำหรับในขณะนี้กระบวนการเหล่านี้ส่วนใหญ่ยังไม่ประสบความสำเร็จในแง่เศรษฐกิจ

10.4.3. การนำกลับมาใช้อีก (re-use)

การนำขวดแก้วบรรจุนมกลับมาใช้อีกในประเทศอังกฤษได้เกิดขึ้นมาเป็นเวลาหลายปีแล้ว ในประเทศเยอรมันนี้ขวดพลาสติกที่นำกลับมาใช้อีกยังมีการพัฒนาไม่ดีพอ อย่างไรก็ตามการยากมากที่จะลดการปนเปื้อนในพลาสติกกว่าในแก้ว และใช้อุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาจทำให้พอลิเมอร์สลายตัวได้ ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาของการนำพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหารกลับมาใช้อีก ได้มีความพยายามที่จะพัฒนาเทคโนโลยีที่จะให้มีการตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนในภาชนะที่ใช้บรรจุและกำจัดออกจากรีไซเคิล

10.4.4 การนำเอาพลังงานกลับคืน (energy recovery)

ในขณะที่มีพลาสติกใน MSW ประมาณ 7% แต่จะมีค่าพลังงานถึง 30 % ของเสียที่เป็นพลาสติกควรจะเผาแยกเพื่อผลิตความร้อนหรือกระแสไฟฟ้า อย่างไรก็ตามถ้า MSW ถูกกำจัดโดยการใช้เตาเผา การเอาของเสียที่เป็นพลาสติกออกไปจะต้องการการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มเติมเพื่อการเผาที่มีประสิทธิภาพ ทางเลือกอื่นของการเผาคือ “gasification” ซึ่งเป็นกระบวนการออกซิเดชันบางส่วนที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะผลิตไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซึ่งจะสามารถนำมาเผาเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือเป็นแหล่งให้สารเคมี

10.4.5 พอลิเมอร์ที่สลายตัวได้ (degradable polymer)

วิธีการทั้งหมดที่กล่าวมาในการจัดการกับของเสียที่เป็นพลาสติก จะมีประสิทธิภาพที่จะลดปริมาณพลาสติกที่จบลงด้วยการฝังกลบ ทางเลือกอื่นที่ได้มีความพยายามในขณะนี้ คือการผลิตพอลิเมอร์ ที่สลายตัวได้ในยุโรปได้มีการออกกฎหมาย บังคับให้มีการใช้บรรจุภัณฑ์โดยให้บังคับใช้ฟิล์มพลาสติกสำหรับห่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนครั้งไหลที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ตั้งแต่ปี 1981 หรือบังคับให้มีส่วนผสมของ แป้ง 15 % ในปัจจุบันพลาสติกที่ย่อยสลายได้แบ่งออกเป็น

10.4.5.1 พลาสติกที่ย่อยสลายได้ด้วยวิธีการทางชีวภาพ (biodegradable polymer)

ในวิธีการนี้จะใช้จุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก ๆ เช่น เชื้อราหรือแบคทีเรียเป็นตัว คอยปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยพลาสติก พลาสติกโดยทั่วไปจะมีสมบัติอย่างหนึ่งคือไม่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ ยกเว้นพอลิเมอร์ที่มีหมู่เอสเทอร์ในสายโซ่โมเลกุล หรือการใช้สารเติมแต่งลงไปเพื่อเพิ่มความสามารถในการถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ สารเติมแต่งเหล่านี้เป็นสารธรรมชาติเช่น แป้งข้าวโพด จีลลี่และอื่น ๆ พอลิเมอร์ที่ สลายตัวได้ทางชีวภาพที่ถูกผลิตออกมามี 3 ชนิดคือ

1. polymer-additive blends

ยกตัวอย่างเช่น poly (ethylene)- starch blends

สารที่เติมลงไปในพอลิเมอร์เหล่านี้จะช่วยในการสลายตัวทางชีวภาพ เมื่อ ปริมาณของสารที่เติมลงเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการสลายตัวของพอลิเมอร์จะลดลง แต่คุณ

ภาพทางแมคคานิกส์ของพอลิเมอร์จะลดลงด้วย พอลิเมอร์ชนิดนี้จะนำมาใช้ทำส่งบรรจุหีบห่อ และใช้เป็นสาร “controlled-release” สำหรับยาและสารเคมีทางด้านเกษตรกรรม

2. Synthetic biodegradable polymers

ตัวอย่างเช่น poly (ϵ) - caprolactone ใช้สำหรับทำกระถางต้นไม้

พอลิเมอร์ชนิดนี้จะไวต่อ ester hydrolysis โดยจุลชีพ

3. Naturally-occurring biodegradable polymers

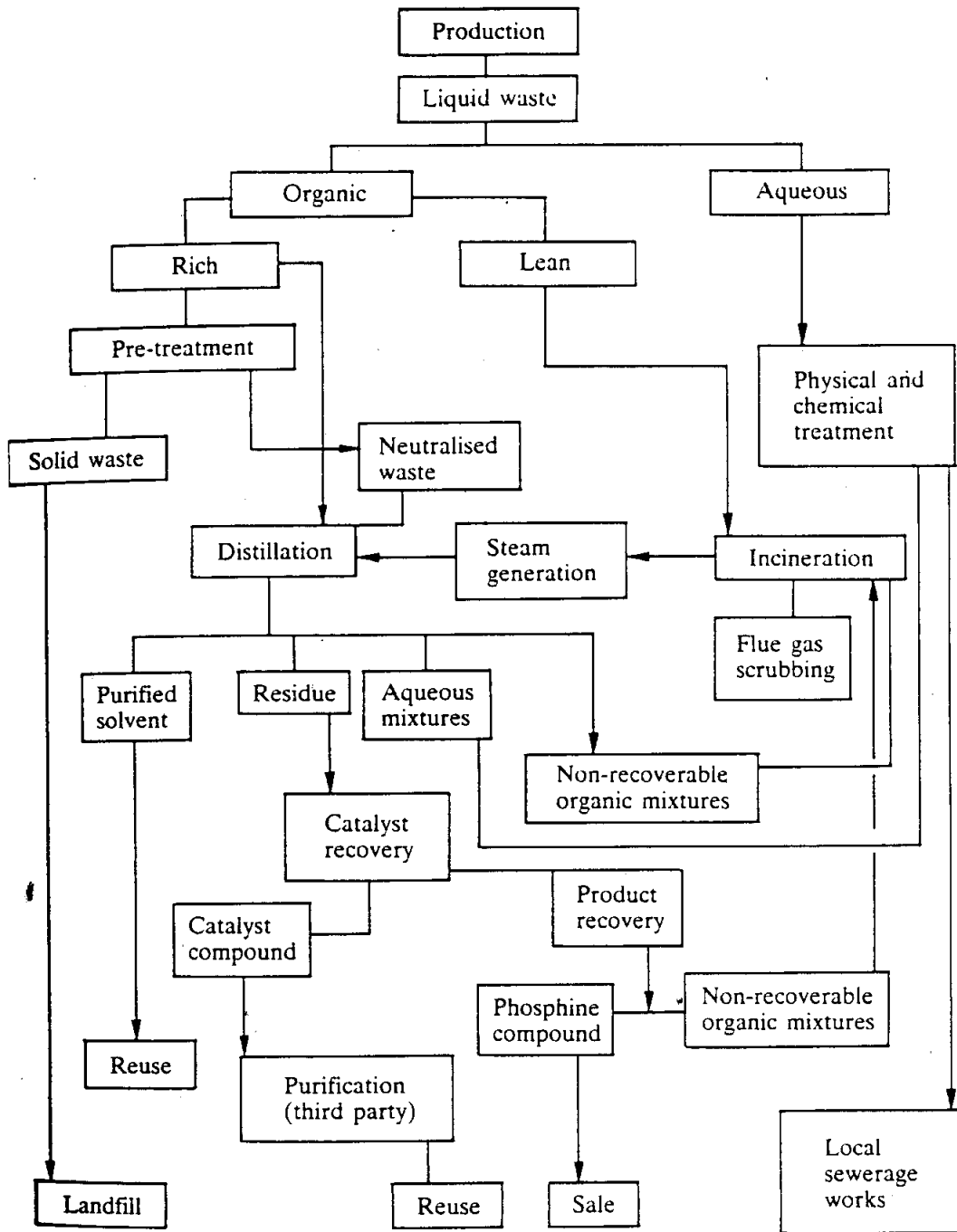
ตัวอย่างเช่น poly (3-hydroxy butanoic acid) (PHB)

แต่ปัญหาก็คือ อัตราการสลายตัวของพอลิเมอร์ที่สลายตัวได้ทางชีวภาพเหล่านี้จะไม่เร็วเพียงพอที่จะมีผลสำคัญต่อปริมาณของของเสียที่เป็นพลาสติกไม่สลายตัวในหลุมฝังกลบ

IO. 4.52 Photodegradable polymers

พอลิเมอร์อาจถูกทำให้สลายตัวด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วงอัลตราไวโอเล็ต (UV) เพราะมีสารเติมแต่งเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น โดยมีหมู่คาร์บอนิลที่ดูดกลืนคลื่น UV ทำลายพันธะเคมีที่เชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของพลาสติก ทำให้โมเลกุลมีลักษณะเป็นโซ่ยาวขาดออกเป็นสายสั้น ๆ ทำให้พลาสติกมีขนาดเล็กลง พลาสติกชนิดที่ใช้ในอเมริกาสำหรับเป็นห้วงพลาสติกที่ยึดกระป๋องเบียร์ 4-6 กระป๋องเข้าด้วยกัน เพื่อที่จะลดโอกาสที่จะเกิดอันตรายต่อสัตว์จากห้วงเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม การสลายตัวในสิ่งแวดล้อมจะช้า และเกือบจะไม่มีเลยเมื่อถูกฝังในหลุมฝังกลบเนื่องจากไม่มีแสง

10.5 Recovery and re-use of solvents and by-products



รูปที่ 10.5 ตัวอย่างการบำบัดของเสียและกระบวนการรีไซเคิล

ตัวทำละลายที่ใช้แล้วจากระบวนการอุตสาหกรรมถูกรีไซเคิลในความหมายที่ว่า บริษัทที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะจะเป็นผู้กำจัดของเสียออกไปจากแหล่ง โดยมักจะเอาไปกลั่นหรือใช้วิธีอื่นผลิตตัวทำละลายออกมาขายได้ อย่างไรก็ตามก็จะมีน้อยมากที่บริษัทผู้ผลิตสารเคมีจะรีไซเคิลตัวทำละลายหรือนำตัวทำละลายมาใช้อีกในกระบวนการจากตัวทำละลายที่ออกมาจากระบวนการเนื่องจากเป็นวิธีที่ยากมาก แต่เป็นการลดของเสียที่ถูกต้อง

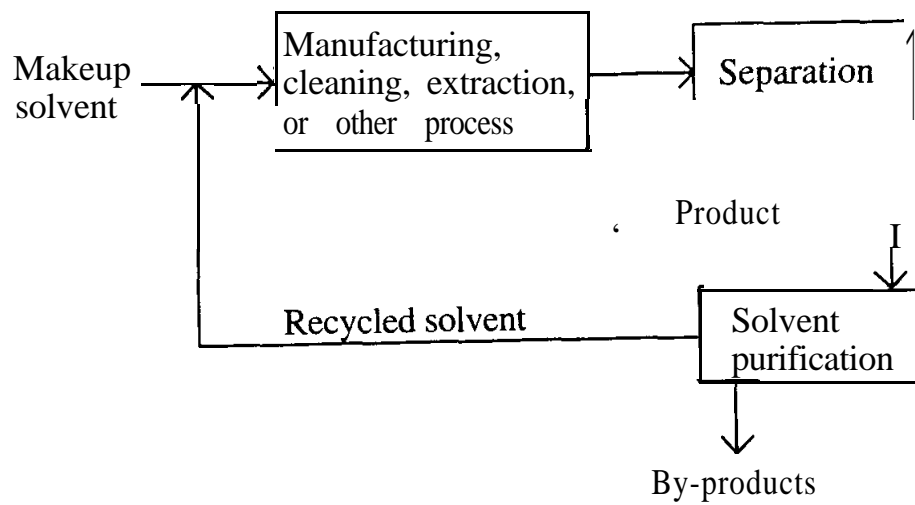
รูปที่ 10.5 แสดงถึงวิธีการที่ยอมรับโดยบริษัทยาในโปตุเกสชื่อ Hovione อยู่ใน ส่วนของแผนการจัดการของเสียทั้งหมดที่ถูกประยุกต์ใช้ในการผลิต tetracyclines (semisynthesis) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ

1. การประเมินกระบวนการสังเคราะห์ต่าง ๆ เพื่อลดการใช้วัตถุดิบ ตัวทำละลายและตัวเร่งปฏิกิริยา
2. การตรวจสอบชนิดของเสียที่ถูกผลิตในกระบวนการที่คัดแปลงแล้ว
3. การศึกษาความเป็นไปได้สำหรับการนำเอาตัวทำละลายกลับคืนและการนำมาใช้อีก โดยการกลั่น
4. การแยกของเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกเพื่อบำบัดและขาย
5. การเผาของเสียที่เอากลับคืนไม่ได้ด้วยการเอาความร้อนที่ออกมากลับไปใช้ได้

ผลของการกระทำเช่นนี้ของเสียที่ถูกปล่อยออกมาในกระบวนการสุดท้ายจะเป็น เอควิวสเท่านั้นซึ่งสามารถทำการบำบัดได้อย่างง่าย ๆ ก่อนที่จะถูกปล่อยลงสู่ระบบน้ำโสโครก การบริโภคตัวทำละลายสุทธิจะถูกลดลงไปประมาณ 85 % การใช้ Rhodium ลดลงไปประมาณ 7% และค่า COD ในน้ำเสียที่ออกมาจะลดลงไปประมาณ 65%

สารหลักที่ถูกรีไซเคิลในกระบวนการนี้คือตัวทำละลาย (อะซิโตนและเมทานอล) ตัวเร่งปฏิกิริยา (Rhodium) และรีเอเจนต์ (triphenylphosphine) ตัวทำละลายจะถูกกลั่น

เพื่อนำกลับมาใช้อีก ตัวเร่งปฏิกิริยาจะนำกลับคืนสู่ผู้ผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และ triphenylphosphine จะถูกนำไปขายได้ ในรูปที่ 10.6 แสดงแผนผังโดยรวมของการนำเอาตัวทำละลายกลับมาใช้อีก



รูปที่ 10.6 กระบวนการโดยรวมของการรีไซเคิลตัวทำละลาย

คำถามท้ายบท

1. การรีไซเคิล (recycle) คืออะไร และต่างจาก reuse อย่างไร
2. จงยกตัวอย่างของสารที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ และสารใดควรจะนำมารีไซเคิล
3. เหตุใดการรีไซเคิลในประเทศไทยจึงไม่ได้รับความสำเร็จ และจะสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างไร
4. จงอธิบายข้อดีและข้อเสียของการรีไซเคิล
5. การรีไซเคิลพลาสติก ทำอย่างไร
6. สิ่งที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ (แก้ว พลาสติก กระดาษ) มีข้อดีและข้อเสียในการใช้งานแตกต่างกันอย่างไร
7. พอลิเมอร์ชนิดที่พัฒนาเพื่อประโยชน์ในการใช้สอยและสร้างปัญหาให้แก่สิ่งแวดล้อมต่ำได้แก่อะไรบ้าง
8. เหตุผลใดที่ถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหารไม่นิยมนำกลับมาใช้อีก
9. ปัญหาที่สำคัญของการรีไซเคิลคืออะไร และแนวทางในการแก้ไขสามารถทำได้อย่างไรบ้าง
10. ในประเทศไทย บรรจุภัณฑ์ประเภทใดที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ และแนวทางในการส่งเสริมให้คนไทยนิยมการใช้วัสดุรีไซเคิลจะทำได้อย่างไร

☆☆☆☆☆☆☆☆