



วัตถุดิบสำคัญกับผลกระทบสิ่งแวดล้อม

สิริรัตน์ สุวนิชย์เจริญ*

Received : November 22, 2019

Revised : April 29, 2020

Accepted: May 3, 2020

บทคัดย่อ

ในการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ โลหะและแร่ธาตุหายากหลายชนิดถูกจัดให้เป็นวัตถุดิบสำคัญ หรืออาจจะมี ความสำคัญในอนาคตอันใกล้นี้ เนื่องจากข้อจำกัดในการ จัดหา และปริมาณความต้องการใช้ที่เพิ่มสูง ขึ้นทั่วโลก นอกจากประเด็นสำคัญทางเศรษฐกิจและการเมืองแล้ว วัตถุดิบสำคัญยังมีความสัมพันธ์กับปัญหาสิ่งแวดล้อมหลาย อย่าง การสกัดแร่ธาตุหลายชนิดจำเป็นต้องใช้ทรัพยากร และพลังงานจำนวนมาก และเป็นสาเหตุของผลกระทบ สิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้น การเพิ่มขึ้นของ ขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ปนเปื้อนแร่ธาตุที่เป็นพิษยังก่อให้เกิด อันตรายต่อสภาพแวดล้อมด้วย

เพื่อที่จะลดปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบสำคัญใน วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จึงต้องมีการผนวกแนวคิดใน การนำกลับมาใช้ใหม่ไว้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และ เศรษฐกิจหมุนเวียน การดำเนินการดังกล่าวจะช่วยลด มลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการสกัดแร่ธาตุตั้งต้น และ การจัดการของเสียจำนวนมาก

คำสำคัญ:

วัตถุดิบสำคัญ / ผลกระทบสิ่งแวดล้อม / การจัดการ ของเสีย

*ผู้รับผิดชอบบทความ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริรัตน์ สุวนิชย์เจริญ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ถนนแจ้งวัฒนะ ตำบลบางพูด อำเภอ ปากเกร็ด นนทบุรี 11120 โทรศัพท์ 02-5048065 e-mail: siriratsu@yahoo.com

*วศ.ด. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช



Critical Materials and Environmental Impact

Sirirat Suwanidcharoen*

Abstracts

Upon development of technological innovation, many metals and rare elements are already recognized or become critical material in the near future due to their limited availability and growing demand for various products worldwide. Besides economic and political issues, the critical materials are also associated with multiple environmental problems. The extraction of many raw elements which needs extensive resources and energy may cause significant environmental impacts. Furthermore, increasing of e-waste contaminated with toxic elements places our environment in danger.

To reduce amount of critical raw material loss in the product's life cycle, recycling concept is integrated into product design and revolving economy. Moreover, it reduces environmental pollution resulting from primary raw material extraction and huge waste management.

Keywords:

Critical raw materials / Environment impacts / Waste management

*Corresponding author : Assistant Professor Dr. Sirirat Suwanidcharoen, School of Health Science, Sukhothai Thammathirat Open University. Nonthaburi 11120 Tel: 02-504-8065, e-mail: siriratsu@yahoo.com

*D.Eng. (Environmental Engineering), Assistant Professor, School of Health Science, Sukhothai Thammathirat Open University. Nonthaburi.



1. บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในยุคดิจิทัล ผู้ผลิตจำเป็นต้องใช้ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence; AI) เข้ามาช่วยสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันมากขึ้น มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกมาเชื่อมต่อชีวิตประจำวันของผู้บริโภคและเข้ามาในโลกดิจิทัลมากขึ้นเรื่อย ๆ ผลจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้ความต้องการวัตถุดิบ ซึ่งเปรียบเสมือนหลอดเลือดใหญ่ที่หล่อเลี้ยงภาค อุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง (high-tech industries) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด

โลหะและแร่ธาตุหายากหลายชนิดเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตสินค้าที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน เช่น คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โทรศัพท์สมาร์ทโฟน เป็นต้น ความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับข้อจำกัดในการจัดหาทำให้วัตถุดิบดังกล่าวถูกยกเป็นประเด็นสำคัญในการต่อรองทางการค้า นอกจากผล กระทบทางเศรษฐกิจและการเมืองดังกล่าวแล้ว ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ การนำไปใช้ และการทิ้งของเสียยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสังคมและสภาพแวดล้อมมากมาย เช่น การทำเหมืองเพื่อขุดเจาะหาแร่ธาตุ มีการใช้น้ำและพลังงานจำนวนมาก

ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน การฟุ้งกระจายของฝุ่น การชะล้างเอาดิน น้ำ โลหะหนัก และสารเคมีอันตรายจากการทำเหมืองลงไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นต้น นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ปนเปื้อนแร่ธาตุหลายชนิด เช่น พรอท ตะกั่ว เป็นต้น ยังก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อมตามมาอีกมาก

บทความนี้จึงได้อธิบายถึงความหมาย ความสำคัญ และผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวัตถุดิบสำคัญดังกล่าว เพื่อเป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้ผู้อ่านได้มองเห็นคุณค่าของวัตถุดิบสำคัญที่มีอยู่ในอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน และหันมาใช้อุปกรณ์ดังกล่าวอย่างคุ้มค่าและยั่งยืนต่อไป

2. ความหมายและความสำคัญของวัตถุดิบสำคัญ

คณะกรรมการยุโรป (European Commission) คณะกรรมาธิการยุโรปได้เริ่มจัดทำรายชื่อวัตถุดิบสำคัญ (critical raw materials; CRMs) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีปริมาณจำกัด ตั้งแต่ พ.ศ.2554 และปรับปรุงทุก 3 ปี ล่าสุดใน พ.ศ.2560 ได้ประกาศรายชื่อวัตถุดิบสำคัญ จำนวน 27 ชนิด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายชื่อวัตถุดิบสำคัญ

วัตถุดิบสำคัญ			
แบไรท์ (Baryte)	แกเลียม (Gallium)	แมกนีเซียม (Magnesium)	สแกนเดียม (Scandium)
เบริลเลียม (Beryllium)	เจอร์เมเนียม (Germanium)	กราไฟต์ธรรมชาติ (Natural graphite)	โลหะซิลิคอน (Silicon metal)
บิสมัท (Bismuth)	แฮฟเนียม (Hafnium)	ยางธรรมชาติ (Natural rubber)	แทนทาลัม (Tantalum)
บอเรท (Borate)	ฮีเลียม (Helium)	นิโอเบียม (Niobium)	ทังสเตน (Tungsten)
แอนติโมนี (Antimony)	ฟลูออร์สปาร์ (Fluorspar)	ธาตุหายากน้ำหนักเบา (LREEs*)	ฟอสฟอรัส (Phosphorus)
โคบอลต์ (Cobalt)	ธาตุหายากน้ำหนักมาก (HREEs*)	โลหะกลุ่มแพลทินัม (PGMs*)	วานาเดียม (Vanadium)
ถ่านโค้ก (Coking coal)	อินเดียม (Indium)	หินฟอสเฟต (Phosphate rock)	

หมายเหตุ * HREEs = ธาตุหายากน้ำหนักมาก (heavy rare earth elements, LREEs = ธาตุหายากน้ำหนักเบา (light rare earth elements), PGMs = โลหะกลุ่มแพลทินัม (platinum group metals)

ที่มา : https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en



รายชื่อวัตถุดิบสำคัญ (CRMs) ที่ประกาศโดยคณะกรรมการการยุโรป ดังกล่าวประกอบด้วย ธาตุโลหะ และแร่ธาตุหายาก (rare earth elements) นับเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญและมีความเสี่ยงในการจัดหา (risk of supply) เนื่องจากเหตุผลสำคัญ ดังนี้

1. มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง

CRMs เป็นวัตถุดิบป้อนภาคส่วนที่สำคัญ (key sector) เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องบิน ยานอวกาศ (aerospace) การสื่อสาร

ความมั่นคง (defend) สุขภาพ (Health) และพลังงานทดแทน (cleaner technologies) เป็นต้น นอกจากนี้ ยังเป็นวัตถุดิบที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตเครื่องใช้ที่จำเป็นในชีวิตประจำวันที่หลากหลาย เช่น คอมพิวเตอร์ แบตเตอรี่ที่เติมประจุได้ (ถ่านชาร์จ) หลอดไฟประหยัดพลังงาน และโทรศัพท์มือถือ รถยนต์ไฟฟ้า กังหันลม เป็นต้น ในการพัฒนาโทรศัพท์มือถือ (smartphone) ให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา การทำงาน (function) ต่าง ๆ รวมทั้งหน้าจอสัมผัส จำเป็นต้องใช้โลหะมากกว่า 50 ชนิด (ภาพที่ 1)



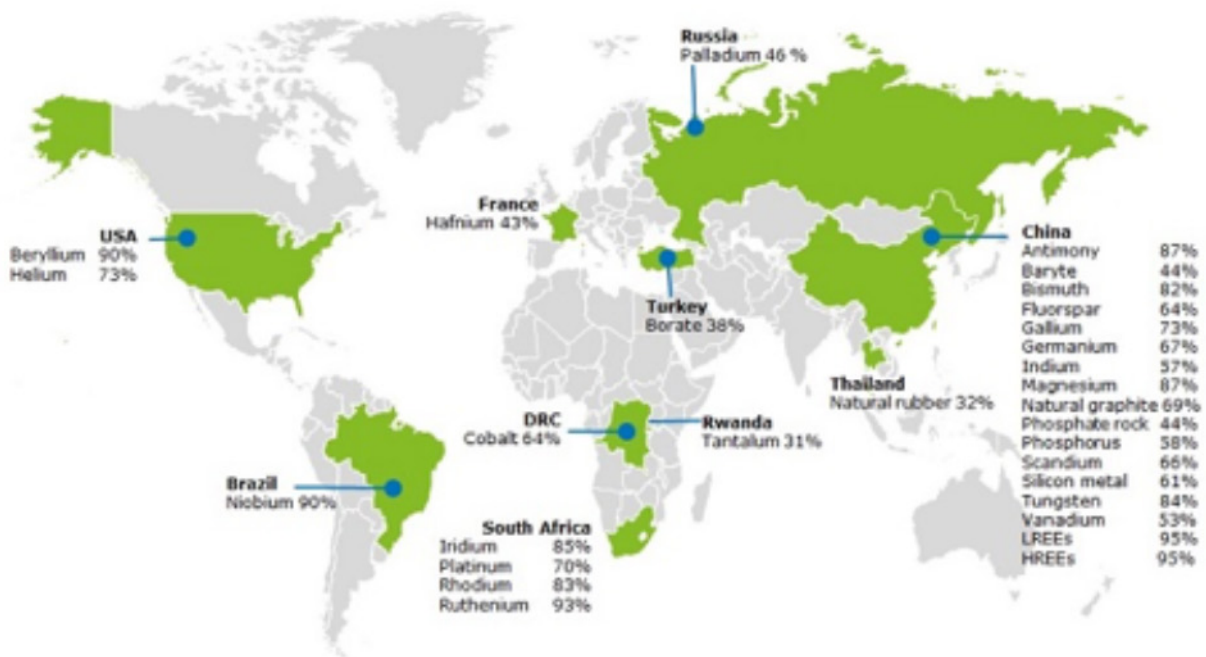
ภาพที่ 1 วัตถุดิบสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโทรศัพท์สมาร์ทโฟน

ที่มา : The European Academies' Science Advisory Council. (2016).

2. เป็นวัตถุดิบที่มีแหล่งผลิตจำนวนจำกัด

ประเทศจีนเป็นแหล่งผลิตสำคัญของแร่ธาตุหายาก (rare earth elements) และโลหะหลายชนิด เช่น แมกนีเซียม แอนติโมนี เป็นต้น โดยส่งออกในปริมาณรวมร้อยละ 70 ของปริมาณที่ผลิตได้ทั้งหมดในโลก (global supply) และเป็นผู้ผลิตที่มีปริมาณการส่งออกวัตถุดิบสำคัญสูงสุด 18 ชนิด (จากทั้งหมด 27 ชนิด) ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนั้น หากประเทศจีนลดการผลิตหรือส่งออก

วัตถุดิบสำคัญลดลงย่อมส่งผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจของหลาย ๆ ประเทศ เช่น ใน พ.ศ.2553 ประเทศจีนได้ลดการส่งออกด้วยเหตุผลปัญหามลพิษที่เกิดจากการผลิตแร่ธาตุหายาก ส่งผลทำให้ราคาแร่ธาตุหายากเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จน กระทั่งได้เกิดการร้องเรียนต่อองค์การการค้าโลกโดยสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น (ธีรพล คังคะเกตุ, 2561) เป็นต้น



ภาพที่ 2 บ่งชี้ประเทศที่มีแหล่งวัตถุดิบสำคัญในแผนที่โลก

ที่มา : https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en

3. ไม่สามารถใช้วัตถุดิบประเภทอื่นทดแทนได้ และมีความสามารถที่จะนำกลับมาใช้ซ้ำ

โลหะและแร่ธาตุหายากหลายชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะซึ่งยากที่จะหาวัตถุดิบประเภทอื่นทดแทนได้ นอกจากนี้ ของเสียที่เกิดขึ้นจะมีส่วนผสมของโลหะ/

แร่ธาตุหลายชนิดผสมกัน กระบวนการนำวัตถุดิบดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่ (recycle) อาจต้องใช้การลงทุนสูง บางชนิดอาจมีต้องสกัดด้วยกรดหรือเผาด้วยความร้อนอุณหภูมิสูง จึงทำให้ความสามารถที่จะนำกลับมาใช้ซ้ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบสำคัญบางชนิด

อัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ (UNEP*)	วัตถุดิบสำคัญในรายชื่อของสหภาพยุโรป
<1%	เบริลเลียม (Beryllium) แกลเลียม (gallium) เจอร์เมเนียม (germanium) อินเดียม (indium) ออสเมียม (osmium) ธาตุหายาก (rare earths)
1–10%	แอนติโมนี (Antimony)
>10–25%	รูทีเนียม (Ruthenium) ทังสเตน (tungsten)
>25–50%	แมกนีเซียม (Magnesium) ไอริเดียม (iridium)
>50%	โคบอลต์ (Cobalt) นีโอบีียม (niobium) แพลทินัม (platinum) แพลเลเดียม (palladium) โรเดียม (rhodium) โครเมียม (chromium)

ที่มา : The European Academies' Science Advisory Council, 2016

*โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme; UNEP)



3. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตวัตถุดิบสำคัญ

กระบวนการผลิตวัตถุดิบสำคัญเป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตขนาดใหญ่ (large scale of production) และยากที่จะหลีกเลี่ยงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น นอกจากการใช้พลังงาน น้ำ และสารเคมีปริมาณมากแล้ว การทำเหมืองและสกัดแร่ยังก่อให้เกิดของเสีย (mining waste) จำนวนมากกว่าปริมาณแร่ที่ได้มาหลายเท่าตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแร่และวิธีการสกัด เช่น การทำเหมืองและสกัดเพื่อให้ได้ทองแดง (Cu) 1 กิโลกรัม จะก่อให้เกิดของเสียในปริมาณมากถึง 310 กิโลกรัม ในขณะที่ทอง (Au) อาจก่อให้เกิดของเสียได้ถึง 1 – 5 ตัน เป็นต้น (Miliute-Plepiene, J. M. and Youhana, L., 2019)

โดยทั่วไปอาจแบ่งกระบวนการผลิตวัตถุดิบสำคัญออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ การทำเหมือง และการผลิตวัตถุดิบสำคัญจากแร่

1. การทำเหมือง (Mining) เนื่องจากวัตถุดิบสำคัญโดยเฉพาะแร่ธาตุหายาก (rare earth elements) ที่ปรากฏในธรรมชาติมักแทรกอยู่ในสายแร่ต่างๆ ในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแร่หลักที่ทำการผลิต ดังนั้น จึงอาจต้องมีการขุดเอาแร่หลักขึ้นมาในปริมาณ

มากจึงจะได้วัตถุดิบสำคัญในปริมาณที่ต้องการ เมื่อขุดขึ้นมาแล้วต้องนำมาบด (milling) ให้มีขนาดเล็กลงก่อนที่จะนำไปเข้ากระบวนการในขั้นตอนต่อไปเพื่อสกัดเอาแร่ที่ต้องการไปใช้

ในขั้นตอนการทำเหมืองนี้ จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกับการทำเหมืองแร่ โดยทั่วไป ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศที่เกิดจากการทำเหมือง การทิ้งเศษหินหรือหิน (waste rock) ซึ่งมีอาจมีโลหะและแร่ที่ไม่ต้องการเจือปนอยู่ด้วย โดยไม่มีการป้องกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายไปในอากาศ บางส่วนอาจถูกน้ำฝนชะพาเอาดินตะกอน แร่และสารอันตรายที่เจือปนอยู่ในกองเศษหินและดินดังกล่าว เช่น โลหะหนัก สารหนู (arsenic) หรือ กัมมันตรังสีปนเปื้อนลงไปในพื้นดินโดยรอบ น้ำใต้ดินและแหล่งน้ำ เป็นต้น

2. การผลิตวัตถุดิบสำคัญจากแร่ (Processing)

ประกอบด้วย การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นโดยกระบวนการทางกายภาพ และการผลิตวัตถุดิบสำคัญออกมาในรูปของสารประกอบออกไซด์หรือคลอไรด์ ซึ่งต้องใช้กระบวนการทางเคมีเป็นหลัก กระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน มีการใช้พลังงานและน้ำปริมาณมาก (ตารางที่ 3)



ตารางที่ 3 ปริมาณพลังงานและน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตวัตถุดิบสำคัญ

แร่โลหะ	พลังงานที่ใช้ในการสกัด (MJ/kg)		น้ำที่ใช้ในการสกัด (m ³ /ton)	
	ทางแร่ (scrap)	แร่ (ores)	ทางแร่ (scrap)	แร่ (ores)
เหล็ก (Iron)	6	20 – 100	12 – 16	50 – 600
อะลูมิเนียม (Aluminium)	10	238 – 925	2	11 – 320
แมกนีเซียม (Magnesium)	10	165 – 230	2	2 – 15
ทองแดง (Copper)	14	31 – 2,040	15	40 – 200
สังกะสี (Zinc)	11	32 – 63	20	75 – 100
ตะกั่ว (Lead)	9	32 – 45	40	50 – 75
โครเมียม (Chromium)	6	22 – 51	12	52 – 62
นิเกิล (Nickel)	20	130 – 370	20	60 – 320
โคบอลต์ (Cobalt)	20 – 140	140 – 21,000	30 – 100	40 – 2,000
โลหะกลุ่มแพลทินัม (PGMs)	1,400 – 3,400	18,860 – 254,860	3,000 – 6,000	100,000 – 1,200,000
เซอร์โคเนียม (Zirconium)	230	1,320 – 1,500	260	12,600 – 13,000
ทอง (Gold)	140 – 230	13,300 – 52,300	30	120,000 – 420,000
เงิน (Silver)	80 – 180	480 – 4,280	20 – 40	60 – 200
ดีบุก (Tin)	15	480 – 2,180	5	75 – 130
ธาตุหายาก (Rare Earths)	1,000 – 5,000	5,500 – 7,200	250 – 1,250	1,275 – 1,800

ที่มา : The European Academies' Science Advisory Council. (2016).

กระบวนการผลิตวัตถุดิบสำคัญจากแร่นี้ จะก่อให้เกิดของเหลวที่มีลักษณะเป็นน้ำขุ่นข้น (tailing) ซึ่งประกอบด้วย น้ำ มูลดินทราย และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดหรือแต่งแร่ หากมีการใช้สารเคมีอันตรายในปริมาณมาก จะทำให้ของเสียดังกล่าวมีอันตรายด้วย เช่น ถ้ามีการเติมกรดเกลือหรือโซดาไฟ จะทำให้มีความเป็นกรดหรือด่างสูง หรือในกรณีที่วัตถุดิบสำคัญปะปนอยู่กับสารกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติ จะทำให้ระดับความเข้มข้นของสารกัมมันตภาพรังสีเพิ่มสูงขึ้นได้ (ธีรพล คังคะเกตุ, 2561) เป็นต้น ดังนั้น หนึ่งในความเสี่ยง

ที่จะเกิดอันตรายคือ หากการเก็บกักของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแร่ดังกล่าวไม่เหมาะสม หรือเกิดการรั่วไหลของสถานที่เก็บกัก อาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้ เช่น การทำเหมืองนิเกิลในประเทศฟิลิปปินส์ เคยทำให้เกิดดินสีแดง (red nickel laterite) ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ นาข้าว และพื้นที่เกษตร จนรัฐบาลต้องสั่งปิดเหมือง เป็นต้น (Miliute-Plepiene, J. M. and Youhana, L., 2019)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดจากกระบวนการผลิตวัตถุดิบสำคัญสรุปได้ดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการผลิตวัตถุดิบสำคัญ

กระบวนการ	กิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบ	ผลกระทบ
การทำเหมือง (mining)	- การเปิดหน้าดิน - การขุดเจาะ - การบด - การขนส่ง - การกองเศษหิน ดิน (waste rock storage) โดยไม่มีการป้องกัน	- การใช้ประโยชน์ที่ดิน - การฟุ้งกระจายของฝุ่น - มลพิษอากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง - เศษดิน แร่ โลหะหนัก ถูกน้ำฝนชะล้างลงไปกับปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำ
การผลิตวัตถุดิบสำคัญจากแร่ (processing)	- การบด (grinding, crushing) - การใช้สารเคมีในการสกัดแร่ - การเก็บกักน้ำทิ้ง (tailing) โดยไม่มีการป้องกัน	- การฟุ้งกระจายของฝุ่น - เศษดิน แร่ โลหะหนัก และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการสกัด ซึมลงดินหรือถูกน้ำฝนชะล้างลงไปกับปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำ

ที่มา : the European Academies' Science Advisory Council, 2016

4. การใช้วัตถุดิบสำคัญอย่างยั่งยืน

นอกจากความเสี่ยงในการขาดแคลนวัตถุดิบสำคัญเนื่องจากมีความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตวัตถุดิบสำคัญดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การทิ้งขยะอิเล็กทรอนิกส์ (electronic waste) จำนวนมากที่มีวัตถุดิบสำคัญเป็นองค์ประกอบจะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงตามมาได้ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องมีมาตรการจัดการที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการใช้วัตถุดิบสำคัญอย่างยั่งยืน เพื่อให้มีปริมาณวัตถุดิบสำคัญเพียงพอต่อความต้องการในระยะยาว โดยที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

แนวทางการจัดการเพื่อให้เกิดการใช้วัตถุดิบสำคัญอย่างยั่งยืน ประกอบด้วยแนวทางที่สำคัญ ดังนี้

1. การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design)

เป็นกระบวนการศึกษาและออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดการใช้วัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีแนวทางการพิจารณา ดังนี้

- ใช้วัตถุดิบใหม่ (primary raw material) ในปริมาณน้อย นำวัตถุดิบที่ผ่านการนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) มาใช้เพิ่มขึ้น หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบที่มีพิษหรืออันตราย

- ออกแบบกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนไม่ซับซ้อน การประกอบชิ้นส่วนทำได้ง่าย และลดการสูญเสียวัตถุดิบ (material waste) โดยไม่จำเป็น

- ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เพื่อให้ง่ายต่อการบรรจุและขนส่ง เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ (packaging) ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

- ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลังงานน้อย มีระยะเวลาการใช้งานได้นาน สามารถซ่อมแซม upgrade หรือปรับปรุงประสิทธิภาพได้ง่าย

- ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้ว สามารถถอดส่วนประกอบหรือแยกชิ้นส่วนได้ง่าย สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) หรือนำกลับไปผลิตใหม่ (remanufacturing) ได้ หรือสามารถย่อยสลายได้ (degradable)



2. การใช้ผลิตภัณฑ์อย่างถูกวิธี มีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม เป็นมาตรการสำคัญที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานและสามารถใช้วัตถุดิบสำคัญได้อย่างคุ้มค่า อย่างไรก็ตาม เมื่อครบอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (end of life) ควรมีมาตรการที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถนำวัตถุดิบสำคัญกลับมาใช้ใหม่ (recycle) ได้ ดังนี้

- สร้างแรงจูงใจให้ผู้บริโภคหันมาลดและแยกของเสีย
- มีการจัดเก็บ รวบรวม และขนถ่ายที่สนับสนุนการนำกลับมาใช้ใหม่
- สร้างตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์รีไซเคิล
- มีมาตรการควบคุมและป้องกันการนำผลิตภัณฑ์ไปทิ้งไม่ถูกวิธี

3. การส่งเสริมการศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาสารทดแทน (substitution) ที่จะนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบสำคัญ

4. การส่งเสริมการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนวัสดุระหว่างภาคอุตสาหกรรมเพื่อลดปริมาณขยะ โดยขยะของอุตสาหกรรมหนึ่งจะถูกนำกลับมาเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมอื่น ซึ่งจะช่วยให้เกิดการใช้วัตถุดิบสำคัญอย่างมีประสิทธิภาพและถูกนำมาใช้หมุนเวียนอยู่ในระบบได้นานที่สุด

5. บทสรุป

แม้ว่าการพัฒนาเทคโนโลยี การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทันสมัย จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ช่วยเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการดำเนินชีวิตในหลาย ๆ ด้าน แต่ต้องอาศัยวัตถุดิบสำคัญซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การได้มาซึ่งทรัพยากรดังกล่าวนี้ ยังก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจจะไม่สามารถฟื้นคืนสภาพได้นอกจากนั้นในระหว่างการผลิตและการใช้งานจำเป็นต้องใช้พลังงานมากมายมหาศาล ดังนั้น จึงควรรณรงค์ให้มีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีวัตถุดิบสำคัญเป็นองค์ประกอบ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์

สมาร์ทโฟน เป็นต้น ได้อย่างเหมาะสม ได้ประโยชน์ มีการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง และยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น เพื่อลดต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมที่ต้องเสียไป อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ทั้งในส่วนของหน่วยงานรัฐบาล ผู้ผลิต และผู้ใช้งานอย่างเหมาะสมและต่อเนื่องเพื่อช่วยทำให้เกิดความยั่งยืนในการใช้วัตถุดิบสำคัญ

6. เอกสารอ้างอิง

ธีรพล คังคะเกตุ. (2561). REEs: ปัญหามลพิษที่ถูกมองข้าม. *วารสารสิ่งแวดล้อม*. 22 (2), 37 – 45.

European Commission. (2017). Critical raw materials for the EU: *Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials*. Retrieved November 11, 2019, from <https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials>.

European Commission. (2019). *Critical raw materials*. Retrieved November 11, 2019, from https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en.

Miliute-Plepiene, J. M. and Youhana, L. (2019). *E-Waste and Raw Materials: from Environmental Issues to Business Models*. Sweden: Swedish Environmental Research Institute.

Nordic Council of Ministers. (2017). *Critical metals in end-of-life products: Recovery potential and opportunities for removal of bottlenecks of recycling*. Retrieved November 11, 2019, from <http://dx.doi.org/10.6027/TN2017-531>

The European Academies' Science Advisory Council. (2016). *Priorities for critical materials for a circular economy*. Retrieved November 11, 2019, from www.easac.eu.