

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Product Design for Environment Friendly

ตระกูลพันธ์ พัชรเมธา¹

Tragoonphan Patcharametha

บทคัดย่อ

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการออกแบบที่ได้จากแนวคิดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ หรือ Eco-design (Economic & ecological design) ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม เข้ามาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product life cycle) ได้แก่ ช่วงการวางแผนผลิตภัณฑ์ ช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต ช่วงการนำไปใช้และช่วงการกำจัดหลังหมดอายุการใช้งานผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นการออกแบบที่คำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบ ได้แก่ ปัจจัยภายใน คือ วัสดุและกรรมวิธีการผลิต (Materials and processes) ประโยชน์ใช้สอย (Function) และ รูปทรง (Form) ปัจจัยภายนอก ได้แก่ การแข่งขันในตลาด ความสามารถเข้ากันได้กับระบบสากล การควบคุมด้านความปลอดภัย และการอนุรักษ์ทรัพยากรและสภาพแวดล้อม ที่นักออกแบบนำมาผนวกเข้ากับแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-design) โดยใช้หลักการของ 4Rs เป็นแนวคิดในการออกแบบ ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และ การซ่อมบำรุง (Repair) ปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบ และ หลักการ 4Rs จะนำมาใช้ในช่วงของขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นบทบาทหน้าที่ของนักออกแบบใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบสร้างสรรค์ผลงานผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ 1. การออกแบบผลิตภัณฑ์. 2. สิ่งแวดล้อม.

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาออกแบบอุตสาหกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กรุงเทพมหานคร

Abstract

Environment-friendly product design is developed from the concept of eco-design which consists of concerns about economics and environment. The main idea is to incorporate these concerns into the product design process including planning phase, design phase, manufacturing phase, usage phase and disposal phase. In designing the environment-friendly product, the materials, processes, functional and form need to be considered. Additionally, external factors such as competition in the market, compatibility with the international system, security control and conservation of resources and the environment must be taken into account. The designers rely on the concept of eco-design using the principles of 4Rs which consists of Reduce, Reuse, Recycle and Repair. The creative role of the environment-friendly product designers, then, is to apply these 4Rs principles during the product design stages.

Keywords : 1. Product Design 2. Environment.

บทนำ

การขยายตัวของประชากรและการพัฒนาทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน ก่อให้เกิดการขยายตัวของกิจกรรมและเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ออกมามากมายเพื่อตอบสนองความต้องการและอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ ในขณะที่เดียวกันกิจกรรมและผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นฐานในการผลิตและการพัฒนา จึงก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตของประชาชน ตลอดจนเป็นข้อจำกัดในการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศในอนาคต การจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีควรเน้นนโยบายเชิงรุก ซึ่งนโยบายดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผสมผสานวิธีการและทางเลือกหลายรูปแบบที่เหมาะสม โดยมีแนวคิดว่าการพัฒนาสิ่งแวดล้อมจะต้องควบคู่ไปกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

ปัจจุบันโลกให้ความสนใจกับการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & ecological design ; Eco-design or green design) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการเชิงรุก กล่าวคือ เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์และบริการให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นการลดการสูญเสีย ยืดระยะเวลาการใช้งาน และเพิ่มปริมาณการนำวัสดุที่ผลิตสินค้าแล้วกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียที่จะตามมาภายหลังตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือ บริการ ความสำคัญของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-design) มิใช่เป็นเพียงแค่แนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมหรือการจัดการเชิงรุกในด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญในแง่ของการค้าและการส่งออกอีกด้วย เนื่องจากสังคมในโลกปัจจุบันโดยเฉพาะประเทศพัฒนาแล้ว เช่น สหภาพยุโรป อเมริกา และ ญี่ปุ่นให้ความสนใจด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงมีข้อกำหนดและกฎระเบียบทางการค้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่น ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (WEEE) ระเบียบว่าด้วยการห้ามใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (RoHS) ระเบียบเกี่ยวกับการใช้สารเคมีในผลิตภัณฑ์ต่างๆ (REACH) ระเบียบเกี่ยวกับการจัดการซากของยานยนต์ (ELV) เป็นต้น เท่ากับว่าผู้ผลิตและผู้ส่งออกสินค้าที่ทำการค้าขายกับประเทศต่างๆ เหล่านี้ จะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ กลุ่มผู้ประกอบการไทยที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด เห็นจะหนีไม่พ้นกลุ่มผู้ผลิตและผู้ส่งออกสินค้าจำพวกเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลายฝ่ายเริ่มมองหาแนวทางการแก้ไขซึ่งการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-design) ก็เป็นคำตอบที่ทำให้อุตสาหกรรมไทย

เกิดการตื่นตัวและมีความจำเป็นต้องพัฒนาองค์ความรู้ด้านนี้ต่อไป (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดและผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ, 2550)

ความหมายของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & ecological design ; Eco-design) หรือ กรีน ดีไซน์ (Green design) คือ กระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน ทำให้ส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2548)

แนวคิดด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นจะมุ่งเน้นการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าและผู้ผลิตเป็นสำคัญ โดยเน้นพิจารณาต้นทุน หน้าที่ใช้สอย ความสวยงามและความปลอดภัยเป็นหลัก แต่จากแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่แนวคิดผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืน ทำให้มุมมองการออกแบบผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปสู่แนวคิดที่มีการพิจารณาด้านอื่นๆ มากขึ้นนั่นคือการพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม และจริยธรรมเพิ่มเติมขึ้นมา ทำให้การออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ขยายไปสู่แนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-design) จริงๆ แล้วแนวคิดนี้ไม่ได้เป็นเรื่องใหม่แต่อย่างใด เพราะถูกนำมาพิจารณาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1980 ในการประชุม World Conversation Strategy

ประเด็นขับเคลื่อนแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่แนวคิดผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืนเกิดจากแนวคิดในการบริโภคและการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเศรษฐศาสตร์และสังคม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) แนวคิดการบริโภคและการผลิต : เนื่องจากประชาชนให้ความสนใจเรื่องสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมทุกวันนี้เมื่อทำการวิเคราะห์แล้ว จะเห็นว่าเกิดจากกลุ่มคนหรือประชากรเพียงร้อยละ 20 ของประชากรโลก ซึ่งมักอยู่ในประเทศที่มีเทคโนโลยีสูง แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นกลับมีมากถึงร้อยละ 80 ของปัญหาทั้งหมด ดังนั้นประเทศที่พัฒนาแล้วจึงให้ความสนใจกับปัญหานี้เป็นอย่างมาก โดยให้ความรู้กับประชาชนในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ความต้องการผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-product) สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วจึงมีอัตราสูงมาก นอกจากนั้นภาครัฐของ

ประเทศเหล่านี้ต่างช่วยกันผลักดันให้ใช้ผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Product) โดยการนำนโยบายรัฐมาเป็นตัวกำหนด เช่น งบประมาณในการจัดซื้อของรัฐต้องพิจารณาผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-product) ก่อนเป็นอันดับแรก เป็นต้น

2) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี : ปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความสามารถของเทคโนโลยีก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นผู้ออกแบบต้องตระหนักเสมอว่า ผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีไม่ได้เหมาะสมสำหรับทุกคน ผลิตภัณฑ์อาจเหมาะสมสำหรับคนที่ใช้เท่านั้นแต่เกิดผลกระทบต่อคนอื่น ดังนั้น หากจะมุ่งสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนแล้ว ต้องมองในภาพกว้างถึงผลกระทบที่อาจตามมา และปลูกฝังแนวคิดทางด้านสิ่งแวดล้อมให้กับผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์

3) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางด้านเศรษฐศาสตร์และสังคม : เนื่องจากเทคโนโลยีได้ย่อโลกไว้ทำให้เกิดห่วงโซ่อุปทานไปทั่วโลก ดังนั้นธุรกิจหนึ่งๆ จะมีหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องผลิตภัณฑ์ทั่วโลก การที่ประชากรหันมาตระหนักถึงปัจจัยทางด้านคุณภาพชีวิตมากขึ้น จึงทำให้เกิดความต้องการผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-product) ไปทั่วโลก ดังนั้นในปัจจุบันหลายๆ ประเทศจึงให้ความสำคัญและสนับสนุนผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-product) ด้วยการให้สิทธิประโยชน์กับสินค้านำเข้าที่มีฉลากสิ่งแวดล้อม (Eco-label) หรือระบุให้ผลิตภัณฑ์ต้องมีตารางผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมแสดงให้ผู้บริโภคทราบ เป็นต้น (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2549)



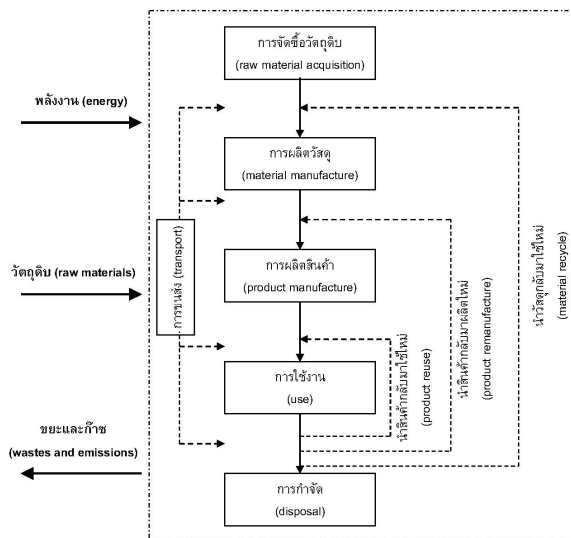
ภาพที่ 1 เครื่องหมายฉลากสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของประเทศต่างๆ

ที่มา: <http://www.csrwaterchalk.com/Green-Teacher-Green-School/จัดซื้อจัดจ้างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม.html>

สรุปได้ว่า แนวคิดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่ความยั่งยืน โดยคำนึงถึงด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคมและจริยธรรม เนื่องจากการบริโภคและการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีและรูปแบบทางเศรษฐศาสตร์และสังคม

หลักการพื้นฐานของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

เป็นการประยุกต์หลักการของ 4Rs ในทุกช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ช่วงของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ว่ามี ได้แก่ ช่วงการวางแผนผลิตภัณฑ์ (Planning phase) ช่วงการออกแบบ (Design phase) ช่วงการผลิต (Manufacturing phase) ช่วงการนำไปใช้ (Usage phase) และช่วงการทำลายหลังการใช้เสร็จ (Disposal phase) สำหรับหลักการของ 4Rs ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และ การซ่อมบำรุง (Repair) จะมีความสัมพันธ์กับแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงกระบวนการทางผลิตของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

ที่มา: http://www.utexas.edu/research/ceer/greenproduct/pages/life_cycle_assessment_er.htm

จากแผนภูมิภาพที่ 2 เริ่มต้นจากการนำวัตถุดิบมาผ่านกระบวนการตามขั้นตอนการผลิตสินค้าและนำสินค้านั้นมาสู่มือผู้บริโภคเพื่อการใช้งานจนกระทั่งผลิตภัณฑ์เสื่อมสภาพลงหรือหมดอายุการใช้งาน ซึ่งนำไปสู่ขั้นตอนการกำจัดผลิตภัณฑ์เหล่านั้นโดยการนำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นนำกลับมาใช้ใหม่ นำกลับมาผลิตใหม่ หรือการนำวัสดุกลับมาผ่านกระบวนการผลิตใหม่ ซึ่งกระบวนการผลิตของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมานั้นจะต้องสูญเสียทรัพยากร ได้แก่ วัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในการผลิตทุกขั้นตอน และในขณะเดียวกันก็เกิดของเสีย ได้แก่ ขยะและก๊าซ ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

การนำหลักการของ 4Rs มาประยุกต์ใช้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การลด (Reduce) หมายถึง การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อลดการใช้วัตถุดิบหรือเหลือเศษวัสดุให้น้อยที่สุดในกระบวนการผลิต เลือกใช้กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมเพื่อลดอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และออกแบบให้ผลิตภัณฑ์ลดการใช้พลังงานในระหว่างการใช้งานผลิตภัณฑ์ หรือการออกแบบบรรจุภัณฑ์เมื่อใช้เสร็จสิ้นแล้วสามารถพับให้มีขนาดเล็กลงก่อนจะนำไปทิ้งเพื่อลดปริมาณพื้นที่ของขยะ ซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการเก็บขยะเหล่านั้น นอกจากนี้การนำวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ มาเป็นวัสดุในการออกแบบ หรือการใช้วัสดุอื่นทดแทนไม้ เพื่อลดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในปัจจุบันให้น้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรป่าไม้ เป็นต้น

2) การใช้ซ้ำ (Reuse) หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์ หรือ ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ซึ่งผ่านช่วงการนำไปใช้เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะเข้าสู่ช่วงของการทำลายนำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการผลิตใหม่ ทั้งที่เป็นการใช้ใหม่ในผลิตภัณฑ์เดิม หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ตาม ได้แก่ การออกแบบเพื่อการนำกลับมาใช้ซ้ำ (Design for reuse) เช่น การออกแบบให้ผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นมีชิ้นส่วนบางชิ้นส่วนที่ใช้ร่วมกันได้ เมื่อรุ่นแรกหยุดการผลิตแล้วยังสามารถเก็บคืนและนำบางชิ้นส่วนมาใช้ในการผลิตรุ่นต่อไปได้ หรือการนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วมาออกแบบเป็นถังขยะหรือเก้าอี้ เป็นต้น

3) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) หมายถึง การใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ โดยนำมาผ่านกระบวนการผลิตใหม่ ใช้เป็นวัสดุในการออกแบบผลิตภัณฑ์ของใช้ต่าง ๆ ใหม่ได้อีก เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) กระดาษ แก้ว เป็นต้น ซึ่งเป็นวัสดุที่ง่ายต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น หรือการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติและวัสดุสังเคราะห์นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เช่น การนำเศษซีเมนต์ไม่ยารพาราในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยารพารา นำมาทดลองพัฒนาเป็นวัสดุผสมและใช้เป็นวัสดุในการผลิตผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

4) การซ่อมบำรุง (Repair) หมายถึง การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง ทั้งนี้มีแนวคิดที่ว่า หากผลิตภัณฑ์สามารถซ่อมบำรุงได้ง่ายจะเป็นการยืดอายุช่วงชีวิตของการใช้งาน (Extended usage life) ซึ่งท้ายที่สุดสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ การซ่อมบำรุงนี้เกิดภายในช่วงชีวิตของการใช้งานเท่านั้น ได้แก่ การออกแบบให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง (Design for serviceability / Design for maintainability) เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เปลี่ยนอะไหล่ ชิ้นส่วนต่างๆ ได้เมื่อเสื่อมสภาพลง ซึ่งยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้นได้ต่อไป และลดปริมาณขยะได้ด้วย เป็นต้น

สรุปได้ว่า หลักการพื้นฐานของการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Design) คือ การประยุกต์หลักการของ 4Rs ได้แก่ การลด การใช้ซ้ำ การนำกลับมาใช้ใหม่ และการซ่อมบำรุง ซึ่งทั้ง 4Rs จะใช้ในทุกช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ ช่วงการวางแผนผลิตภัณฑ์ ช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต ช่วงการนำไปใช้ และช่วงการกำจัดผลิตภัณฑ์เมื่อเสื่อมสภาพแล้ว

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบ นวน้อย บุนววงษ์ (2539 : 84) ได้กล่าวว่า ปัจจัยภายในคือ วัสดุและกรรมวิธีการผลิต (Materials and processes) ประโยชน์ใช้สอย (Function) และรูปทรง (Form) ปัจจัยภายนอก ได้แก่ การแข่งขันในตลาด ความสามารถเข้ากันได้กับระบบสากล การควบคุมด้านความปลอดภัย และการอนุรักษ์ทรัพยากรและสภาพแวดล้อม ที่นักออกแบบนำมาผนวกเข้ากับแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Design) โดยใช้หลักการของ 4Rs เป็นแนวคิดในการออกแบบ ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และการซ่อมบำรุง (Repair) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบ และ หลักการ 4Rs จะนำมาใช้เป็นแนวทางในช่วงของขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นบทบาทหน้าที่ของนักออกแบบใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบสร้างสรรค์ผลงานผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบ แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย คือ

1. ปัจจัยภายในงานออกแบบ : เป็นปัจจัยเบื้องต้นทำหน้าที่กำหนดและให้ขอบเขตแก่งานออกแบบ ไม่ว่าจะเป็นงาน 2 มิติ และ 3 มิติประเภทใดๆ ก็ตาม โดยงานออกแบบนั้นเกิดขึ้นจากการนำวัสดุชนิดต่างๆ มาผ่านกรรมวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสมเพื่อเกิดเป็นรูปทรงใหม่ ซึ่งสามารถสนองประโยชน์ตามหน้าที่ใช้สอยได้เป็นอย่างดี ปัจจัย

จากภายในทั้ง 3 ประการ คือ

1.1 วัสดุและกรรมวิธีการผลิต เป็นปัจจัยเบื้องต้นที่มีความสำคัญสำหรับการออกแบบ นักออกแบบจำเป็นต้องศึกษาทำความเข้าใจและทำความเข้าใจข้อมูลพื้นฐานทางด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิตคือ เข้าใจประเภทและคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่จะนำมาออกแบบเป็นชิ้นงานผลิตภัณฑ์นั้นๆ รวมถึงกรรมวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานผลิตภัณฑ์ด้วยกรรมวิธีการผลิตแบบใดที่มีความเหมาะสมกับวัสดุแต่ละประเภท โดยให้สอดคล้องกับหลักการลดใช้วัสดุ หรือลดการเหลือเศษวัสดุในกระบวนการผลิตให้น้อยที่สุด และสามารถนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่เมื่อผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน หรือการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทั้งที่เป็นวัสดุธรรมชาติและวัสดุสังเคราะห์ นำกลับมาใช้เป็นวัสดุในการออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อีก

1.2 ประโยชน์ใช้สอย การออกแบบผลิตภัณฑ์ทุกประเภทต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้คือ ตอบสนองประโยชน์ใช้สอย ความสะดวกในการใช้งานของผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นประโยชน์ใช้สอยทางด้านจิตใจ หรือทางด้านกายภาพ เหมาะสมกับสภาพความเป็นไปของสังคม และให้สอดคล้องกับหลักการลดการใช้พลังงานในระหว่างการใช้งานผลิตภัณฑ์นั้น ลดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการและการกำจัดหลังการใช้งานแล้ว การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ใช้สอยหลัก และประโยชน์ใช้สอยรองในผลิตภัณฑ์เดียวกัน ผู้ใช้ก็จะได้ประโยชน์ในด้านของความประหยัด เพราะซื้อผลิตภัณฑ์ชิ้นเดียวแต่ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ซึ่งจะยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้นให้ยาวนานขึ้น

1.3 รูปทรง นักออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของรูปทรงต่างๆ ได้แก่ รูปทรงเรขาคณิต เช่น สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม ทรงกระบอก เป็นต้น และรูปทรงธรรมชาติ เช่น สิ่งที่มีชีวิต ได้แก่ มนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ ภูเขา แม่น้ำ ท้องฟ้า ก้อนเมฆ เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดรูปทรงให้กับผลิตภัณฑ์นั้น นักออกแบบจะต้องศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของรูปทรงให้สอดคล้องกับการใช้งานและประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ด้วย (Form Follow Function) รวมถึงความงามทางด้านสุนทรียศาสตร์ มีเสน่ห์ น่าใช้ ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงรูปทรงให้สอดคล้องกับหลักการลดใช้วัสดุ หรือลดการเหลือเศษวัสดุในกระบวนการผลิต และการออกแบบรูปทรงให้ง่ายต่อการเปลี่ยนชิ้นส่วน และการซ่อมบำรุงด้วย

2. ปัจจัยภายนอกงานออกแบบ : เป็นสภาพแวดล้อมรอบตัวของงานออกแบบก็มีอิทธิพลในการกำหนด หรือ ให้ขอบเขตแก่งานออกแบบ งานออกแบบชนิดใหม่ที่เกิดขึ้น นักออกแบบจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน

เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันกับสิ่งที่มีและเป็นอยู่เดิมได้เป็นอย่างดี ปัจจัยภายนอกที่มีความสำคัญต่องานออกแบบสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ด้าน คือ

2.1 การแข่งขันในตลาด ในปัจจุบันอัตราการเพิ่มของประชากรเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการเพิ่มผลผลิตเพื่อให้ทันกับความต้องการที่มีมากขึ้น จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นตลาดที่สำคัญรองรับการผลิตเป็นอย่างดี ทำให้มีการแข่งขันอย่างรุนแรงในการผลิตและการจำหน่ายทั้งสินค้าและบริการ เพื่อแย่งส่วนแบ่งตลาดสินค้าของตน ดังนั้นการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอยู่ตลอดเวลาและจะต้องสอดคล้องกับพฤติกรรมความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริง นอกจากนี้กระแสความตื่นตัวเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น เช่น ปัญหาภาวะเรือนกระจก ปัญหาขยะ ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาการบริโภคทรัพยากรเกินความจำเป็น เป็นต้น ปัญหาที่กล่าวมานี้เป็นปัญหาที่ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวและร่วมกันรณรงค์ให้ช่วยกันแก้ปัญหา ซึ่งการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวและจะเป็นจุดขายในการแข่งขันกับคู่แข่งในท้องตลาดที่เป็นผลิตภัณฑ์ในระดับเดียวกันทั้งในปัจจุบันและอนาคต

2.2 ความสามารถเข้ากันได้กับระบบสากล นักออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันจำเป็นต้องทำความเข้าใจความสัมพันธ์เชื่อมโยงของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการออกแบบนั้น จะต้องพิจารณาตั้งแต่ก่อนการใช้งาน ขณะใช้งาน และภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานแล้ว ว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องใช้งานร่วมกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น เช่น การออกแบบกรอบรูปก็ต้องคำนึงถึงขนาดต่างๆ ที่เป็นมาตรฐานของรูปภาพ หรือการออกแบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องออกแบบให้อยู่ในระบบเดียวกัน สามารถเชื่อมต่อใช้งานร่วมกันได้หรือหากไม่สามารถต่อกันโดยตรงก็จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ปรับ (Adapter) เพื่อช่วยต่อเชื่อมอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน การทำงานออกแบบจึงเป็นงานที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญสาขาต่างๆ เข้ามาทำงานร่วมกันกับนักออกแบบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนก่อนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้น

2.3 การควบคุมด้านความปลอดภัย ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านั้น จึงมีการกำหนดกฎระเบียบข้อบังคับเกิดขึ้น เพื่อเป็นการควบคุมผู้ผลิตสินค้าต่างๆ ทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์ทั่วไป ได้แก่ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ฉลากเขียว (Green label) เป็นต้น และในขณะเดียวกันก็เป็นการสร้างเงื่อนไขในการออกแบบแก่ผู้ผลิต นักออกแบบจึงควรศึกษากฎข้อบังคับต่างๆ และตีความออกมาอย่างถูกต้องชัดเจนเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานมีความปลอดภัยต่อการใช้งานของผู้บริโภค และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2.4 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม ปัญหาที่มีอยู่มากมายเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมมีสาเหตุมาจากมลพิษ ซึ่งเป็นผลมาจากการผลิตและการใช้งานของผลิตภัณฑ์และบริการ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งทรัพยากรบางชนิดไม่สามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ วัตถุดิบเหล่านี้ถูกนำมาผ่านกระบวนการผลิต ซึ่งต้องใช้พลังงานและปล่อยกากของเสียที่เป็นอันตราย เมื่อผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปถูกส่งกระจายไปสำหรับจำหน่ายในตลาด การใช้งานผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการพลังงานและปล่อยของเสียสู่สภาพแวดล้อม จนเมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วก็ตามการทำลายซากที่เหลือของผลิตภัณฑ์ก็เป็นตัวการก่อให้เกิดปัญหาดิตตามมา ซึ่ง ศิริวรรณ เสรีรัตน์ ... และคนอื่นๆ (2541 : 116) กล่าวว่า อุตสาหกรรมบางชนิดทำลายสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษในประเทศไทย ได้แก่ ปัญหามลภาวะทางอากาศ ปัญหาน้ำเน่าเสีย ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ปัญหาขยะมูลฝอย ปัญหาพื้นที่ป่าลดลง ปัญหาจำนวนสัตว์ป่าลดลง ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน และปัญหาอาหารที่มีสารพิษเจือปน ซึ่งอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องจะต้องมีวิธีการควบคุมป้องกัน ไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสียหายรวมทั้งเป็นผู้มีจิตใจเป็นผู้อนุรักษ์ธรรมชาติ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมที่มีชื่อเรียกสั้นๆ ว่าผลิตภัณฑ์สีเขียว (Green product) หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม (Environment friendly) และมีการออกแบบเครื่องหมายเฉพาะเรียกว่า Eco-labelling หรือ Eco-mark หรือชื่อเฉพาะอื่นๆ ซึ่งเป็นข้อตกลงกันภายในของผู้ผลิตแต่ละประเทศ เครื่องหมายเฉพาะนี้ทำขึ้นเพื่อแบ่งแยกและเสนอแนะทางเลือกให้ผู้บริโภค เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นปัญหาที่ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวและร่วมกันรณรงค์ให้ช่วยกันแก้ปัญหา

สรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบประกอบด้วย ปัจจัยภายในงานออกแบบ ได้แก่ วัสดุและกรรมวิธีการผลิต ประโยชน์ใช้สอย และรูปทรง ต่างมีความสำคัญและเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันโดยนักออกแบบเป็นผู้ทำหน้าที่ประสานความสัมพันธ์ระหว่างกันให้เกิดความเหมาะสมสูงสุด ปัจจัยภายนอกงานออกแบบได้แก่ การแข่งขันในตลาด ความสามารถเข้ากันได้กับระบบสากล การควบคุมด้านความปลอดภัย และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม เป็นสภาพแวดล้อมรอบตัวของงานออกแบบ ที่มีอิทธิพลในการกำหนด หรือให้ขอบเขตแก่งานออกแบบ งานออกแบบชนิดใหม่ที่เกิดขึ้น นักออกแบบจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันกับสิ่งที่มีและเป็นอยู่เดิมได้เป็นอย่างดี

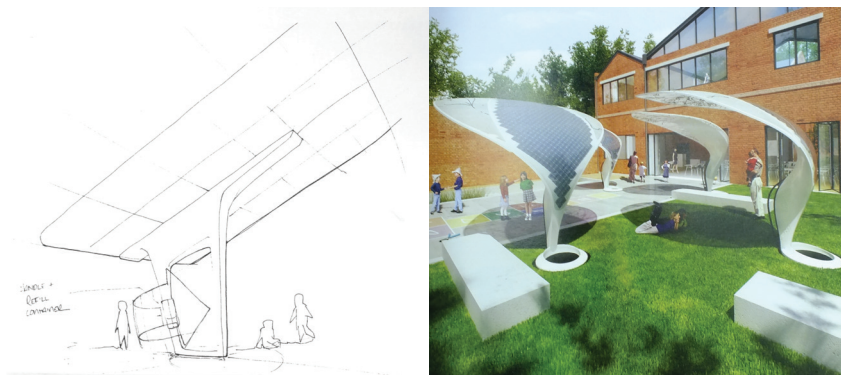
ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์ถุงบรรจุภัณฑ์ผลิตจากวัสดุพิเศษเส้นใยในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งสามารถย่อยสลายได้ภายใน 60 วัน สามารถลดปริมาณขยะและลดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการขยะ ที่มา: Schleifer, 2009 : 94-96.



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์ตู้วางหนังสือผลิตจากเศษไม้ต่างๆ นำมาเข้าลิ้นและใช้วัสดุประสานยึดติดกันเป็นแผ่นไม้เป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ที่มา: Schleifer, 2009 : 98.

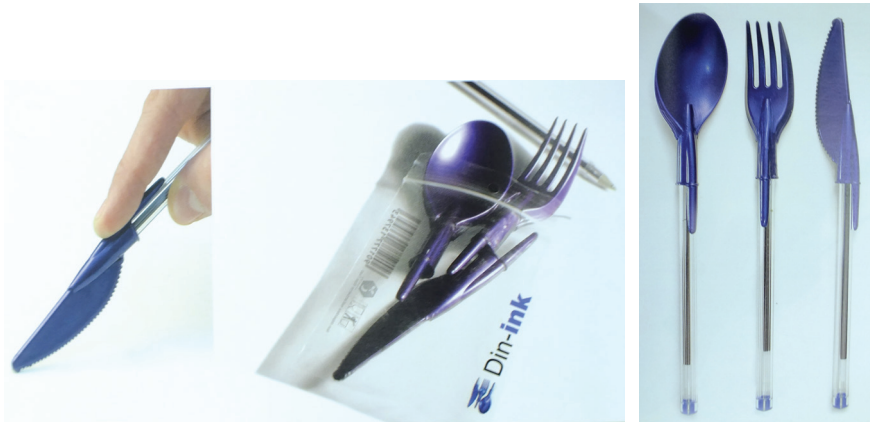


ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดที่เกิดจากแสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ ภายในโรงเรียน โดยส่วนบนมีแผงโซลาร์เซลล์เพื่อเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ และใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าให้กับหลอดไฟ LED ซึ่งเป็นโคมไฟให้แสงสว่างในช่วงเวลากลางคืน เป็นการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่มา: Schleifer, 2009 : 218-219.



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์เครื่องดูดฝุ่น ของบริษัท Electrolux ผลิตจากวัสดุรีไซเคิล และใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงร้อยละ 33 แต่มีประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากับเครื่องดูดฝุ่น 2,000 W ช่วยลดการใช้ทรัพยากรและพลังงาน ที่มา: Schleifer, 2009 : 243.

ภาพที่ 7 ผลิตภัณฑ์เก้าอี้ที่ทำจากวัสดุเทอร์โมพลาสติกน้ำหนักเบา รับน้ำหนักได้ถึง 100 กิโลกรัม สามารถถอดพับได้ ช่วยให้การขนส่ง ราคาถูก และเมื่อหมดอายุการใช้งานแล้ววัสดุนำไป Recycle ใช้ใหม่ได้ ช่วยลดการใช้ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ที่มา: Schleifer, 2009 : 112-113.



ภาพที่ 8 ผลิตภัณฑ์ปากกาถูกลื่น ออกแบบฝาปิดหัวปากกาเป็นชุดซ้อน ส้อม มีด เพื่อใช้สำหรับทานอาหารและพกพาไปสถานที่ต่างๆ ได้ ผลิตจากวัสดุที่ย่อยสลายได้ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ช่วยลดปริมาณขยะและยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ที่มา: Schleifer, 2009 : 580-581.



ภาพที่ 9 ผลิตภัณฑ์ถังใส่ขยะโดยออกแบบส่วนทั้งขยะที่เป็นอินทรีย์วัตถุ พลาสติก และแก้ว แยกออกจากกันซึ่งช่วยลดเวลาในการจัดการขยะและไม่ต้องคัดแยกขยะอีก ที่มา: Schleifer, 2009 : 564-565.



ภาพที่ 10 ผลิตภัณฑ์ถังปู้หมักจากเศษพืช ผัก ผลไม้ ภายในครัว ซึ่งสามารถผลิตปู้หมักได้ 30 กิโลกรัม จากขยะที่เป็นอินทรีย์วัตถุ 100 กิโลกรัม ซึ่งสามารถลดปริมาณขยะลง และนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ย ที่มา: Schleifer, 2009 : 576-579.



ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์น้ำดื่ม Y Water เพื่อสุขภาพสำหรับเด็ก โดยออกแบบตัวบรรจุภัณฑ์เป็นลักษณะอักษร Y เมื่อใช้เสร็จแล้วสามารถนำมาต่อกันเป็นรูปทรงต่างๆ ตามจินตนาการของเด็กๆ ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณขยะ และยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น ที่มา: Schleifer, 2009 : 606-607.

บทสรุป

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการออกแบบสร้างสรรค์ที่คำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบผนวกเข้ากับแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยใช้หลักการของ 4Rs เป็นแนวคิดในการออกแบบ ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และการซ่อมบำรุง (Repair) มาใช้ในวงจรของขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นบทบาทหน้าที่ของนักออกแบบใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบสร้างสรรค์ผลงานผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

จะเห็นได้ว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่ความยั่งยืน โดยคำนึงถึง ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม และจริยธรรม ไม่เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพเกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงการลดการใช้พลังงานและการบริหารจัดการในกระบวนการผลิตของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะประสบความสำเร็จและนำไปสู่ความยั่งยืนได้นั้นทุกภาคส่วนของสังคม และผู้บริโภคจะต้องมีจิตสำนึก มีความตระหนัก มีส่วนร่วมในการสนับสนุนเห็นความสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดและผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ. (2550). รายงานสรุปสถานการณ์การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2556. จาก http://www2.mtec.or.th/website/article_list.aspx?id=54&cate=2.
- ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2548). เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง การศึกษาด้านเทคนิคของ **LCA/EcoDesign** ในการรับมือกับระเบียบ **WEEE** และ **RoHs**. ณ ห้องแกรนด์บอลรูม ชั้น 3 โรงแรมเซ็นจูรี่พาร์ค กรุงเทพฯ วันที่ 11 สิงหาคม 2548.
- นวนน้อย บุญวงศ์. (2539). หลักการออกแบบ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์... และคนอื่นๆ. (2541). การบริหารการตลาดยุคใหม่. กรุงเทพฯ: วีระฟิล์มและไซเท็กซ์.
- สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. (2549). การประเมินวัฏจักรชีวิตและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

ภาษาอังกฤษ

- Life Cycle Assessment Overview. [Online]. Retrieved December 9, 2013. from http://www.utexas.edu/research/ceer/greenproduct/pages/life_cycle_assessment_er.htm.
- Schleifer, K. Simone. (2009). **Green Style**. China: Loft.

