



การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวโดยใช้การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

Enhancing Eco-Efficiency of the Kitchen Furniture by Using Eco-Design

กิติกร จามรดุสิต^{1*}, ภาณุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์¹, ภัทรวรรณ อารวน², ประภัสสร เจนวนารินทร์² และ ภัทราวดี วิเศษสิงห์

Kitikorn Charmondusit^{1*}, Phanuwat Prasertpong¹, Phattrarawan Arworn², Prapussorn Janewarin², and Pattrawadee Wisatesing²

¹ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา นครปฐม

² หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา นครปฐม

*Correspondent author: kitikorn.cha@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์จากการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ โดยมีชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเป็นกรณีศึกษา วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณของพลังงาน และวัสดุที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเพื่อนำมาประเมินค่าผลกระทบในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า นำข้อมูลการประเมินที่ได้มาทำการวิเคราะห์ และพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวตามหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ แล้วจึงทำการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวใหม่ที่ได้รับการพัฒนาเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม ผลจากการวิจัยพบว่า ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวที่ได้รับการพัฒนาจากหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงในช่วงตอนการได้มาซึ่งวัสดุ 33.73 kg CO₂ eq. ช่วงตอนกระบวนการผลิต 29.22 kg CO₂ eq. ช่วงตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถแปรใช้ใหม่ได้ 0.42 kg CO₂ eq. รวมถึงการใช้วัสดุในการผลิตที่สามารถนำมาแปรใช้ใหม่ได้ในปริมาณที่มากกว่าชุดเครื่องครัวชุดเดิมคิดเป็นร้อยละ 31.9 นำสู่การลดต้นทุนการผลิตลงจากเดิม 6,657 บาท และค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ดีกว่าเดิม 1.46 เท่า ผลการวิจัยสามารถแสดงให้เห็นถึงการสร้างคุณภาพระหว่างมิติเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่สามารถสร้างขึ้นได้จากการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ อันสามารถนำไปสู่การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านราคาภายในตลาด นำสู่ความยั่งยืนทางการค้าของประเทศต่อไปได้ในอนาคต

Abstract

This research illustrates an enhancing eco-efficiency of kitchen furniture product by using the Ten Golden Rules for Eco-Design. The primary data of energy consumption and materials used entire the product life cycle were gathered. The greenhouse gas emissions entire the product life cycle were then evaluated in the unit of kilogram carbon dioxide equivalent ($\text{kg CO}_2 \text{ eq.}$). The evaluated data were analyzed and combined with the Ten Golden Rules for Eco-Design concept in order to develop the new model of Green kitchen furniture. The eco-efficiency of Green kitchen furniture design was assessed and compared with the old kitchen furniture design. It can be seen that the Green kitchen furniture can reduce the greenhouse gas emission in the raw material stage $33.73 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$, manufacturing stage $29.22 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$, end of life stage $0.42 \text{ kg CO}_2 \text{ eq.}$ Moreover, 31.9% of recyclable materials were replaced. These leads to the 6,657 baht of cost reduction and 1.46 times of eco-efficiency increase. The results from this study demonstrated the balancing between economic and environmental dimensions, which was carried out by the implementation of product eco-design concept. It was very useful for the further environmentally product development, market competitiveness, and sustainability consumption.

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ; การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ; ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว; ก๊าซเรือนกระจก; วัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

Keywords: Eco-Efficiency; Eco-Design; Kitchen Furniture; Greenhouse Gas; Life Cycle Product

1. บทนำ

ประเด็นการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) ของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมของประเทศ ถูกจัดเป็นประเด็นร้อนที่หลายๆ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญในปัจจุบัน การพัฒนาอย่างยั่งยืนของภาคธุรกิจอุตสาหกรรม อาจหมายถึงถึงความพยายามสร้างสมดุลในทางเศรษฐกิจที่สามารถทำให้เกิดการแข่งขันได้อย่างเสรีในตลาดโลก ควบคู่ไปกับการคุ้มครองสภาพแวดล้อม โดยไม่สร้างภาระให้กับโลก อันจะนำไปสู่การมีชีวิตที่ดีของมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต แนวทางการพัฒนาที่มีการบูรณาการให้เกิดความร่วมมือระหว่าง มิติทางเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันได้ถูกนำเสนอผ่านแนวคิดอย่างเป็นรูปธรรมที่เรียกว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) (1, 2)

การเพิ่มขึ้นของประชากร และความต้องการบริโภคสินค้าของมนุษย์ ส่งผลโดยตรงต่อการผลิตสินค้า ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ และการแข่งขันทางการตลาด การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมามักมุ่งเน้นจุดสำคัญใน

ความต้องการของลูกค้าและผลกำไรในเชิงเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก โดยละเลยต่อผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อมิติสิ่งแวดล้อม แนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองโจทย์การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้จึงเป็นแนวคิดที่โลกใหม่ของการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์ให้ความสำคัญ

การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ(Eco-Design) เป็นกระบวนการที่ผสานแนวความคิดสร้างดุลยภาพในมิติเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เข้าไปในขั้นตอนการออกแบบ โดยพิจารณาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์(Product Life Cycle) เป้าหมายหลักของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบ และกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ รวมถึงป้องกันการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และลดผลกระทบที่เกิดต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆกัน โดยที่คุณภาพของสินค้าไม่เปลี่ยนแปลงลดลงกว่าเดิม (3, 4)

หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ (Ten Golden Rules for Eco-Design) (5) เป็น

แนวทางสำหรับการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถนำไปวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตได้ครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เป็นการช่วยสนับสนุนให้นักพัฒนาผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันสามารถออกแบบผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมอย่างแท้จริง โดยสามารถกระทำได้โดยวิธีการการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ กระบวนการผลิต หรือมีการประยุกต์ใช้กับการใช้งานจริงเพื่อการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังสร้างคุณภาพให้กับเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว การนำหลักการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้จริงนั้นทำให้องค์กรภายนอกหลายองค์กรได้นำไปปรับปรุงและประยุกต์ใช้จริงในองค์กร เช่น Bombardier of Competence for Design for Environment (CoC DFE) เป็นต้น (6)

ประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจัดเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ ที่เกิดขึ้นจากสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ จากข้อมูลพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคครัวเรือนมีสัดส่วนถึงกว่าร้อยละ 7.9 โดยมีสาเหตุมาจากกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกิจกรรมการประกอบอาหาร และความร้อนเป็นหลัก (7) ครัวถือเป็นส่วนหนึ่งภายในบ้านที่สำคัญต่อกิจกรรมการประกอบอาหาร ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวแบบติดตั้งจัดเป็นธุรกิจที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในสังคมไทยในปัจจุบัน เนื่องจากวิถีชีวิตของคนส่วนใหญ่เปลี่ยนไป ต้องการได้รับความพึงพอใจ ความสะดวกสบายและรวดเร็วทันใจ ซึ่งชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวแบบติดตั้งสามารถออกแบบให้เข้ากับวิถีชีวิตของลูกค้าแต่ละบุคคล เพื่อให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจสูงสุด โดยการติดตั้งชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวส่วนใหญ่ในประเทศไทย เน้นแต่หลักการออกแบบทางสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่มุ่งเน้นผลกำไรในมิติเชิงเศรษฐกิจเป็นสำคัญ ซึ่งหากมีการนำหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบ จะทำให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจจากรูปลักษณ์และคุณภาพของสินค้ามากขึ้น โดยเฉพาะสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ผู้ผลิตก็ไม่ได้มุ่งหวังผลกำไรของบริษัทเพียงอย่างเดียว แต่จะสามารถสร้าง คุณภาพเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมและนำไปสู่

ธุรกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีความยั่งยืนในอนาคต งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการออกแบบโดยใช้แนวคิดหลักการออกแบบเชิงนิเวศ 10 ประการ (Ten Golden Rules for Eco-Design) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ ปรับปรุง และพัฒนาชุดเครื่องครัวสีเขียวขึ้น โดยเริ่มจากการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวแบบเดิมที่มีการผลิตและติดตั้งให้กับลูกค้า เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัสดุ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดซาก นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินมาใช้ประกอบหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ เพื่อการออกแบบปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวใหม่ แล้วจึงทำการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์สีเขียวรวมถึงประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และประสิทธิภาพในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

2. วิธีวิจัย

2.1 การกำหนดขอบเขต

กำหนดขอบเขตการประเมินผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเอนกประสงค์แบบติดตั้ง ขนาด (กว้างxยาวxสูง) 0.60x1.80x2.00 เมตร ทำหน้าที่เป็นชุดเฟอร์นิเจอร์สำหรับกิจกรรมการทำครัว ลักษณะการออกแบบผลิตภัณฑ์เหมาะสมสำหรับรูปแบบห้องชุดภายในเมืองที่มีพื้นที่ใช้สอยจำกัด ซึ่งกำลังได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน โดยมีอุปกรณ์ประกอบสำคัญที่ทำหน้าที่ประกอบได้แก่ฐานวางเตาแก๊ส อ่างล้างจาน ตู้เก็บจานชาม ตู้เก็บถังแก๊ส หุ่นต้ม ลื่นชักเก็บซ่อนส้อม ดังรูปที่ 1 ระยะเวลาการใช้งานผลิตภัณฑ์สำหรับการประเมิน 5 ปี โดยทำการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิต ขั้นตอนกระบวนการผลิต ขั้นตอนการใช้งาน ขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถแปรใช้ใหม่ (Recycle) ได้ และขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่สามารถแปรใช้ใหม่ได้ในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{kg CO}_2 \text{ eq.}$)



รูปที่ 1. ภาพชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเอนกประสงค์แบบติดตั้ง

ตารางที่ 1. รายละเอียดการประเมินผลกระทบในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัว (8, 9, 10)

ขั้นตอนภายในวัฏจักรชีวิต	สมการการประเมิน	หมายเหตุ
ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุ	$\sum_{t=1}^n EM_t = M_1 \times EF_1 + M_2 \times EF_2 + \dots + M_n \times EF_n$	EM ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการได้มาซึ่งวัสดุ หน่วย kg CO₂ eq. M₁, M₂, ..., M_n หมายถึงน้ำหนักวัสดุต่างๆ จำนวน n ชนิดที่นำมาใช้ประกอบเป็นชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว หน่วย kg EF₁, EF₂, ..., EF_n ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาของวัสดุแต่ละ n ชนิด ซึ่งได้จากโปรแกรม CES Edupack หน่วย kg CO₂ eq./kg

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล และประเมินผล

กระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 2.1 และนำมาประเมินผลกระทบในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีรายละเอียดการประเมินในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. รายละเอียดการประเมินผลกระทบในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้ (8, 9, 10) (ต่อ)

ขั้นตอนภายในวัฏจักรชีวิต	สมการการประเมิน	หมายเหตุ
ขั้นตอนกระบวนการผลิต	$\sum_{t=1}^n EE_t = E_1 \times EF_E + E_2 \times EF_E + \dots + E_n \times EF_E$	EE ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการผลิต หน่วย kg CO ₂ eq. E ₁ , E ₂ , ..., E _n หมายถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในขั้นตอนกระบวนการผลิต จำนวน n ชนิด หน่วย kWh EF _E ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงานไฟฟ้า หน่วย kg CO ₂ eq./kWh (9)
ขั้นตอนการใช้งาน	$EW = W_t \times EF_w$	EW ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการใช้น้ำเพื่อทำความสะอาดในขั้นตอนการใช้งาน หน่วย kg CO ₂ eq. W _t ปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดในขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์ระยะเวลา 5 ปี หน่วย m ³ EF _w ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำประปา หน่วย kg CO ₂ eq./m ³ (9)
ขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถแปรใช้ใหม่ได้ด้วยวิธีการฝังกลบ	$EWS = WS_t \times EF_L$	EWS ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการกำจัดซากด้วยวิธีฝังกลบ หน่วย kg CO ₂ eq. WS _t หมายถึงปริมาณของเสียที่นำไปกำจัดซากด้วยวิธีการฝังกลบ หน่วย kg EF _L ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดซากด้วยวิธีการฝังกลบ หน่วย kg CO ₂ eq./kg (9)

ตารางที่ 1. รายละเอียดการประเมินผลกระทบในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัว (8, 9, 10) (ต่อ)

ขั้นตอนภายในวัฏจักรชีวิต	สมการการประเมิน	หมายเหตุ
ขั้นตอนการกำจัดซากด้วยกระบวนการแปรใช้ใหม่	$\sum_{i=1}^n ER_i = R_1 \times EF_1 + R_2 \times EF_2 + \dots + R_n \times EF_n$	ER ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการแปรใช้ใหม่ของวัสดุ หน่วย kg CO ₂ eq. R ₁ , R ₂ , ..., R _n หมายถึงน้ำหนักวัสดุต่างๆ จำนวน n ชนิดที่นำไปผ่านกระบวนการแปรใช้ใหม่ หน่วย kg EF ₁ , EF ₂ , ..., EF _n ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรใช้ใหม่ของวัสดุแต่ละ n ชนิด ซึ่งได้จากโปรแกรม CES Eductack หน่วย kg CO ₂ eq./kg

2.3 การปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวด้วยหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลกระทบในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหัวข้อ 2.2 ของผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว นำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน

ในการปรับปรุงการออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวตามหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ (5) ดังรูปที่ 2 แล้วจึงประเมินผลกระทบในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวด้วยแนวทางการประเมินตามตารางที่ 1 เปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม



รูปที่ 2. หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ

2.4 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ทำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม ในรูปแบบของค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักผลิตภัณฑ์ (11) ดังสมการที่ 1

$$EE = \frac{WT}{\sum EN_n} \quad (1)$$

เมื่อ EE ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในรูปแบบของค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักผลิตภัณฑ์ หน่วย kg/kg CO₂ eq.
WT น้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ หน่วย kg
 $\sum EN_n$ ผลรวมของผลกระทบในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอน n ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ หน่วย kg CO₂ eq.

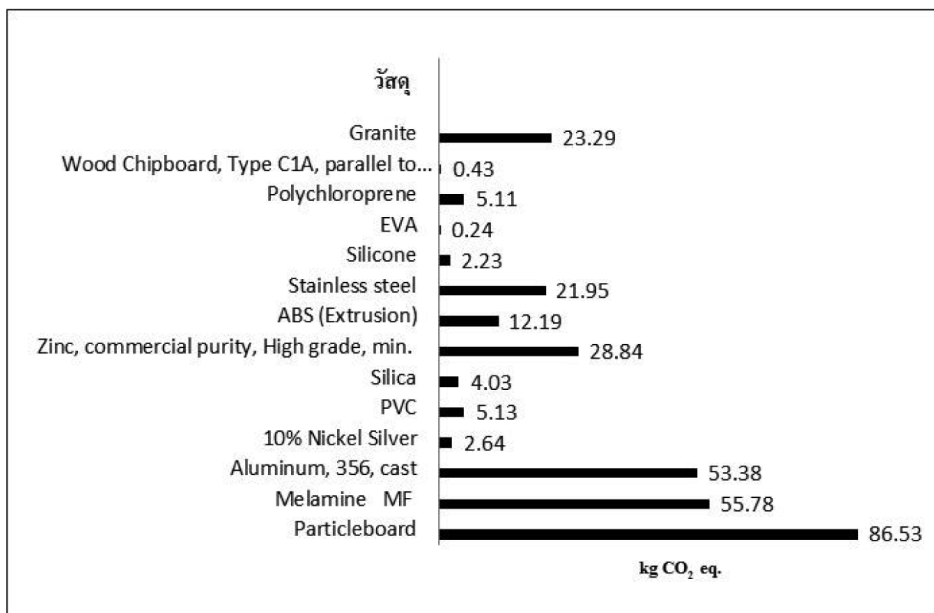
3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 การประเมินผลกระทบในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัว

ผลการประเมินผลกระทบในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของเฟอร์นิเจอร์ชุดครัวเดิม คลอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิต ขั้นตอนกระบวนการผลิต ขั้นตอนการใช้งาน และขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ผลกระทบจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิต

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้วัสดุที่ใช้ในการผลิตชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวด้วยโปรแกรมประเมินผลกระทบของวัสดุต่อสิ่งแวดล้อม CES Edupack แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kg CO₂ eq. จากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว

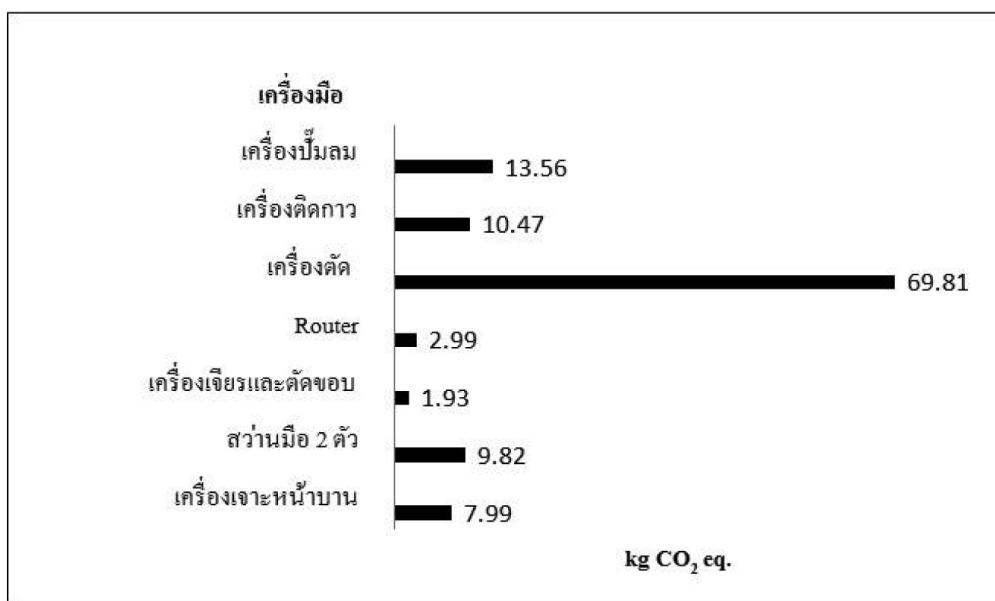
จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัวสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ Particleboard=86.53 kg CO₂ eq., Melamine=55.78 kg CO₂ eq. และ Aluminum = 53.38 kg CO₂ eq. ทั้งนี้เนื่องจาก Particleboard และ Melamine เป็นโครงสร้างหลักของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว ที่มีปริมาณการใช้งานสูงกว่าวัสดุอื่นเมื่อเปรียบเทียบโดยน้ำหนัก โดยวัสดุ Melamine จะใช้เป็นวัสดุเคลือบผิว ซึ่งจะทำให้ Particleboard มีความแข็งแรง ทนทานต่อการขีดข่วน ความร้อน และป้องกันความสกปรกจากการใช้งาน ในขณะที่ Aluminum เป็นวัสดุที่

ใช้ในการทำมือจับของชุดครัว ถึงแม้ว่าจะใช้ในปริมาณน้อย คือ ประมาณ 4.3 กิโลกรัมต่อผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ชุดครัว แต่ในกระบวนการผลิต Aluminum จะก่อให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (12.55 kg CO₂ eq./kg) สูงกว่าวัสดุอื่นที่ใช้ในการประกอบเป็นเฟอร์นิเจอร์ชุดครัว จากข้อมูลดังกล่าวนี้ทำให้สามารถทราบได้ว่าวัสดุที่สมควรทำการปรับเปลี่ยนหรือลดปริมาณการใช้ลงเพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว ได้แก่ แผ่น Particleboard ที่คลุมพื้นผิวด้วย Melamine และ วัสดุ Aluminum

3.1.2 ผลกระทบจากขั้นตอนกระบวนการผลิต

ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kg CO₂ eq. จากเครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เครื่องมือในขั้นตอนกระบวนการผลิตมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ เครื่องตัด = 69.81 kg CO₂ eq. เครื่องปี้ลม = 13.56 kg CO₂ eq. และเครื่องติดกาว = 10.47 kg CO₂ eq. โดยจะเห็นได้ว่าเครื่องมือทั้งสามชนิดนี้นั้นมีส่วนสัมพันธ์กับการขึ้นรูปของไม้ Particleboard

และ Melamine ที่ใช้ในการผลิตชุดเครื่องครัว กล่าวคือ ในกระบวนการผลิตนั้นจะต้องทำการตัดไม้ Particleboard ให้ได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้โดยเครื่องตัด และทำการติดขอบวีเนียร์ด้วยวัสดุ Wood Chipboard, Type C1A เพื่อเก็บขอบไม้ Particleboard โดยใช้เครื่องติดกาว และเครื่องปี้ลม ซึ่งเมื่อมีการใช้แผ่นไม้ Particleboard เป็นจำนวนมาก ก็จะเชื่อมโยงสู่การใช้พลังงานไฟฟ้าในการตัดและติดขอบวีเนียร์ของไม้ Particleboard เพิ่มมากขึ้น โดยหากมีการออกแบบให้ชุดเครื่องครัวใหม่มีการใช้ไม้ Particleboard น้อยลงก็จะสามารถนำสู่การลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้



รูปที่ 4. ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kg CO₂ eq. จากขั้นตอนกระบวนการผลิตของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว

3.1.3 ผลกระทบจากการใช้งาน

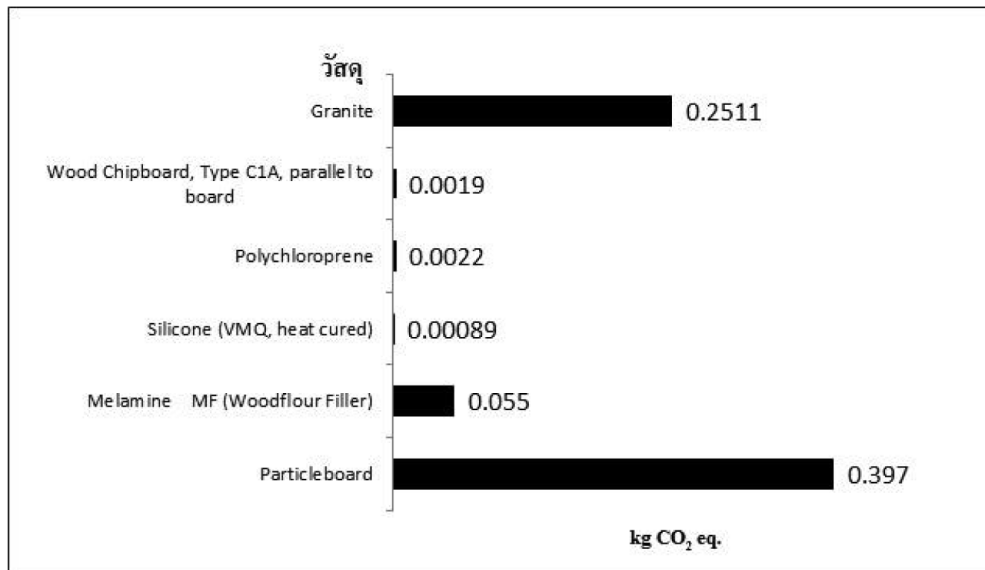
ดังที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ ถึงการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวในระหว่างการใช้งาน โดยทำการคิดประเมินจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำความสะดวกชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานวันละ 1 ครั้ง จำนวน 4 ลิตรเป็นระยะเวลา 5 ปี ซึ่งคิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.19 kg CO₂ eq.

3.1.4 ผลกระทบจากขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถแปรใช้ใหม่ได้

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถนำไปแปรใช้ใหม่ได้ ภายหลังหมดอายุการใช้งานด้วยวิธีการฝังกลบ ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถนำแปรใช้ใหม่ได้สูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ Particleboard = 0.397 kg CO₂ eq., Granite =

0.2511 kg CO₂ eq. และ Melamine=0.055 kg CO₂ eq. หากพิจารณาจะเห็นว่าไม้ Particleboard และ Melamine นั้นเป็นวัสดุหลักของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัว ซึ่งวัสดุเหล่านี้ยากต่อการนำไปแปรใช้ใหม่เนื่องจากมีการประกอบรวมกัน การพยายามปรับลดปริมาณวัสดุดังกล่าวโดยนำ

เอาวัสดุที่สามารถแปรใช้ใหม่ได้มาประยุกต์ใช้จึงเป็นสิ่งที่สมควรได้รับการพิจารณาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่นำมาซึ่งการลดภาระการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการกำจัดซาก

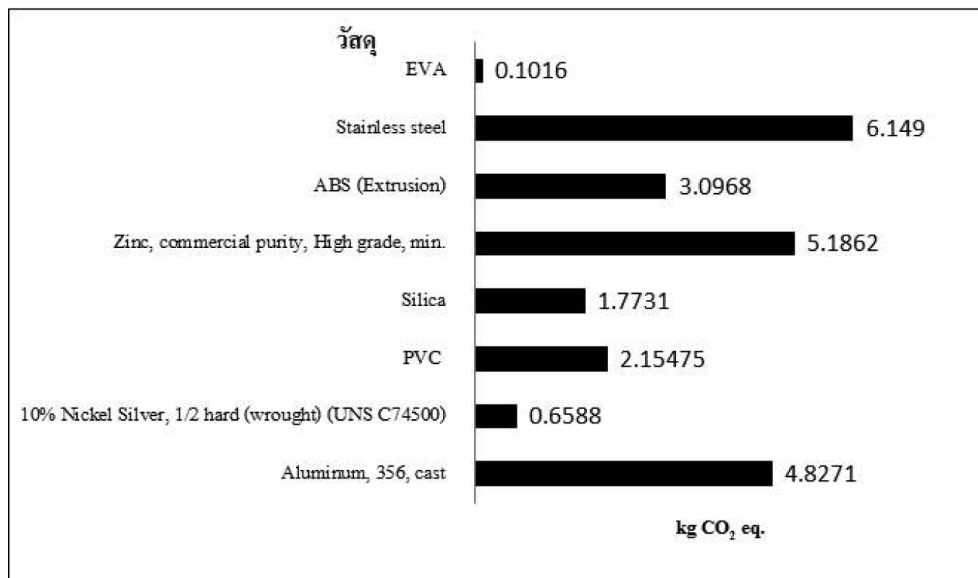


รูปที่ 5. ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kg CO₂ eq. จากขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถนำไปแปรใช้ใหม่ของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว

3.1.5 ผลกระทบจากขั้นตอนการกำจัดซากด้วยกระบวนการแปรใช้ใหม่

ผลกระทบจากกระบวนการจัดการหลังหมดอายุการใช้งานโดยการแปรใช้ใหม่ของวัสดุที่สามารถนำมาแปรใช้ใหม่ได้ในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงให้เห็นดังรูปที่ 6 จากผลการประเมินจะเห็นได้ว่ากระบวนการจัดการหลังหมดอายุการใช้งานโดยการแปรใช้ใหม่ของวัสดุที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kg CO₂ eq. มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ Stainless steel = 6.149 kg CO₂ eq. Zinc ,commercial purity,highgrade,min 99.9% = 5.186 kg CO₂ eq. และ Aluminum = 4.827 kg CO₂ eq. จากข้อมูลดังกล่าวหากนำมาเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุแต่ละชนิดจะเห็น

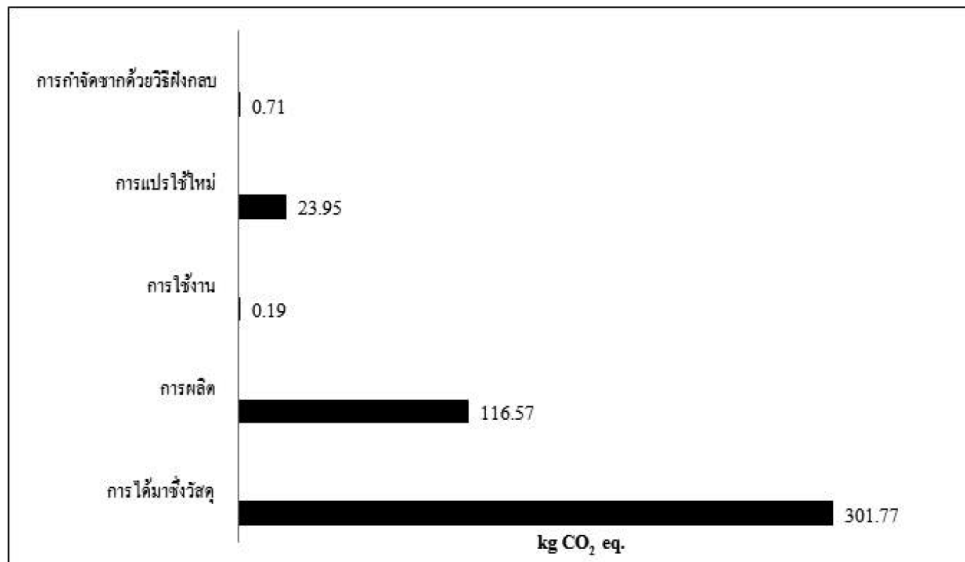
ได้ว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำวัสดุดังกล่าวมาใช้งานโดยผ่านกระบวนการได้มาจากทรัพยากรธรรมชาติต้นทางของวัสดุ Stainless steel, Zinc, commercial purity, highgrade, min 99.9% และ Aluminum จะมีค่าสูงกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากวัสดุที่นำมากระบวนการแปรใช้ใหม่ถึงร้อยละ ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่รับจากการกระบวนการแปรใช้ใหม่ของวัสดุที่นอกจากจะสามารถลดปริมาณการบริโภคทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในปริมาณจำกัดแล้ว ยังสามารถลดปริมาณการขยะที่ต้องนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ รวมถึงการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากกระบวนการได้มาซึ่งทรัพยากรธรรมชาติอีกด้วย



รูปที่ 6. ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kg CO₂ eq. จากขั้นตอนการกำจัดซากด้วยกระบวนการแปรใช้ใหม่ของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัว ซึ่งจะเห็นว่าขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุจากทรัพยากรธรรมชาติที่นำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัวเป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด (301.77 kg CO₂ eq.) รองลงมาได้แก่ ขั้นตอนกระบวนการผลิต (116.57 kg CO₂ eq.) การกำจัดซากด้วยกระบวนการแปรใช้ใหม่ (23.95 kg CO₂ eq.) ขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุ

ที่ไม่สามารถแปรใช้ใหม่ได้ (0.71 kg CO₂ eq.) และขั้นตอนการใช้งาน (0.19 kg CO₂ eq.) ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนี้ จะเห็นได้ว่า กระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุดนั้น มาจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุ รองลงมาเป็นกระบวนการผลิต ดังนั้น ใน การนำหลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการคัดเลือกวัสดุ และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม จะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนดังกล่าวลงได้



รูปที่ 7. ผลกระทบในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัว

3.2 การพิจารณาการออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวโดยการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ

ผลการพิจารณาเพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต โดยการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการ มีดังนี้

หลักการข้อที่ 1 : (Don't use Toxic) :

เมื่อทำการประเมินสารเคมีหรือสารอันตรายที่ใช้ในการผลิตชุดเครื่องครัวเดิมนั้น พบว่าสารเคมีที่เป็นอันตรายที่ควรหลีกเลี่ยง ได้แก่ กาวซิลิโคน ซึ่งใช้สำหรับเป็นที่ยึดประสานกับมือจับอลูมิเนียม และโลหะอื่นๆ ในการประกอบชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว โดยมีการออกแบบให้ลดการใช้กาวซิลิโคนในขั้นตอนของการติดตั้งมือจับอลูมิเนียม และเปลี่ยนเป็นมือจับสแตนเลสที่ใช้สกรูเป็นตัวยึดแทน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมของวัสดุกาวซิลิโคน และสกรูที่นำมาใช้แทน พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัสดุกาวซิลิโคน 8.59 kg/kg จะมีค่าสูงกว่าสกรู 4.88 kg/kg ที่เลือกใช้ นอกจากผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ต่ำกว่าแล้ว วัสดุสกรูที่นำมาใช้

แทนยังสามารถนำไปแปรใช้ใหม่ได้ ซึ่งเป็นการลดภาระจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุจากธรรมชาติได้อีกด้วย

หลักการข้อที่ 2 : (Housekeeping) :

ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวนี้ได้นำมาออกแบบให้ลดการใช้ไม้ Particleboard ลง เนื่องจากไม้ Particleboard นั้นเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดภาระทางสิ่งแวดล้อมในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเมื่อทำการวัสดุไม้ Particleboard จัดเป็นวัสดุหลักของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว แนวทางการออกแบบที่พยายามลดการใช้ Particleboard โดยการเลือกใช้วัสดุประเภทอื่นที่สามารถนำไปแปรใช้ใหม่ได้ เช่น การปรับการออกแบบในส่วนของชั้นวางของให้เป็นชั้นวางสแตนเลส เอนกประสงค์ที่บริเวณจุดเชื่อมต่อของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว จะส่งผลโดยตรงต่อการลดปริมาณก๊าซปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุ ขั้นตอนการผลิตจากการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของ การตัด และการติดขอบวีเนียร์ และขั้นตอนการกำจัดซากด้วยการฝังกลบ รวมถึงการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง เนื่องจากชั้นวางสแตนเลสเอนกประสงค์ดังกล่าวสามารถถอดเคลื่อนย้ายได้ง่าย มีน้ำหนักเบา ช่วยลดพื้นที่ และน้ำหนักในการขนส่งลงได้

หลักการข้อที่ 3 : (Minimize Weight) :

การออกแบบให้มีการเปลี่ยนวัสดุบริเวณพื้นผิวด้านบนของชุดครีวที่ทำจากหินแกรนิตซึ่งมีน้ำหนักมาก มาเป็นวัสดุไม้เคลือบโฟมก้ำ ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่า สามารถทนความร้อนได้ดี ในส่วนบริเวณที่วางเตาแก๊ส และการปรับการใช้วัสดุในส่วนบริเวณอ่างล้างจานที่ต้องการสัมผัสกับน้ำ โดยเลือกใช้เป็นวัสดุประเภทกระจกที่มีน้ำหนักเบา ราคาถูก และทำความสะอาดง่าย แทนหินแกรนิต และปรับระดับให้ต่ำกว่าเล็กน้อยเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำสัมผัสกับรอยต่อระหว่างอ่างล้างจานกับไม้ Particleboard จะสามารถช่วยลดปริมาณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครีว โดยยังสามารถคงคุณสมบัติด้านการใช้งานที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

หลักการข้อที่ 4 : (Minimize energy & Resource in Usage Phase) :

ในส่วนของการระในการขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์นั้นจะมีเพียงการทำความสะอาดชุดครีวหลังจากที่ใช้งานเสร็จสิ้นแล้วเท่านั้น จึงไม่ได้นำมาพิจารณาในส่วนของการลดพลังงาน ในขณะที่การทำความสะอาดภายหลังการใช้งานยังคงมีความจำเป็นเหมือนเดิม

หลักการข้อที่ 5 : (Promote, Repair, Upgrade System) :

การปรับเปลี่ยนมาใช้วัสดุประเภทกระจก สกรู ที่สามารถนำมาแปรรูปใหม่ และทดแทนได้ง่ายเมื่อเกิดความเสียหาย เป็นการช่วยเสริมให้อายุการใช้งานของชุดเฟอร์นิเจอร์ครีวยาวนานขึ้น ส่งผลต่อปริมาณการทิ้งผลิตภัณฑ์เพื่อการกำจัดซากในแต่ละเวลาที่ลดลงได้

หลักการข้อที่ 6 : (Promote Long life) :

การเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูง และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานนั้น จะสามารถลดภาระทางสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากการลดปริมาณขยะของเสียที่จะเกิดขึ้น ลดพลังงานที่ใช้ในการขนส่งเพื่อไปยังแหล่งกำจัด ลดพลังงานและสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดซากของของเสียแต่ละประเภท โดยในชุดเฟอร์นิเจอร์ครีวสีเขียวที่ได้

ทำการออกแบบใหม่นั้น ได้มีการเลือกใช้วัสดุที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และเป็นวัสดุที่มีคุณภาพสูงและสามารถนำไปแปรรูปใหม่ได้มากขึ้น เช่น การเปลี่ยนบริเวณมือจับที่แต่เดิมเป็นอลูมิเนียมที่ใช้ทากาวซิลิโคนยึด ให้เป็นการใช้มือจับที่ทำจากสแตนเลสที่ใช้ตัวยึดเป็นสกรูแทน การเลือกใช้วัสดุในบริเวณข้อต่อ บานพับ ที่มีคุณภาพสูง แข็งแรง ทนทาน สามารถใช้งานได้ยาวนานกว่า การเลือกใช้กระจกในบริเวณที่จำเป็นต้องมีการสัมผัสกับน้ำ เช่น อ่างล้างจาน การเลือกใช้วัสดุประเภทโลหะอัลลอยในส่วนองขาตั้งบริเวณอ่างล้างจาน เป็นต้น

หลักการข้อที่ 7 : (Protect Product) :

วัสดุหลักไม้ Particleboard ที่ใช้งานมีการปิดเคลือบผิวด้วยวัสดุโฟมก้ำอยู่แล้วจึงไม่ได้มีการออกแบบเพื่อการเปลี่ยนแปลงในหัวข้อดังกล่าว

หลักการข้อที่ 8 : (Information) :

การประเมินผลกระทบการในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของชุดเฟอร์นิเจอร์ครีวสีเขียวสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการสื่อสารสู่ผู้บริโภคโดยการทำเป็นฉลากแสดงประสิทธิภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีรายละเอียดของการปรับเปลี่ยนวัสดุและกระบวนการที่นำมาซึ่งการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ในอนาคต

หลักการข้อที่ 9 : (Mix; Simple Recycle) :

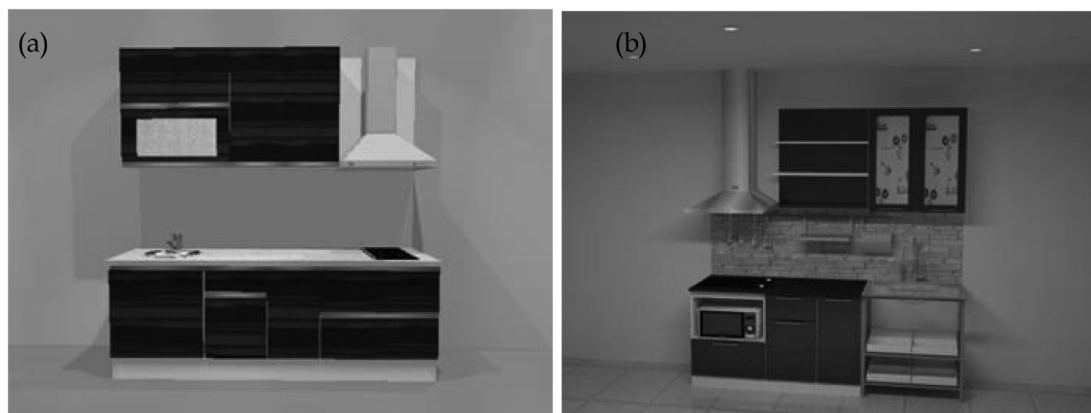
การออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์ครีวสีเขียวใหม่มา การเพิ่มปริมาณวัสดุพื้นฐานที่สามารถนำมาแปรรูปใหม่ได้ง่าย เช่น กระจก สแตนเลส และ โลหะอัลลอย เป็นต้น

หลักการข้อที่ 10 : (Structure; Few Joining Element) :

ชุดเครื่องครีวสีเขียวนี้ยังมีการใช้ตัวยึดติดแบบ Joint อยู่โดยไม่สามารถลดการใช้สกรู หรือข้อต่ออื่นๆลงได้ทั้งหมด เนื่องจากจะก่อให้เกิดผลกระทบในด้านของความแข็งแรงและความสามารถในการรับน้ำหนักของชุดเฟอร์นิเจอร์ครีวโดยตรง

ตารางที่ 2. เปรียบเทียบชนิดและน้ำหนักวัสดุที่ใช้ระหว่างชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม และชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวใหม่

องค์ประกอบ	วัสดุ	น้ำหนัก (kg)	
		ชุดครัวเดิม	ชุดครัวใหม่
1. ไม้ Particle	Particleboard Wood Chipboard	115.45	70.45
2. แผ่นปิดหน้าไม้หรือโฟมก้ำ	Melamine MF (Woodflour Filler)	15.87	12.25
3. ขอบ Veneer	Wood Chipboard, Type C1A, parallel to board	0.57	0.45
4. ตะปูเกลียว	10% Nickel Silver, 1/2 hard (wrought) (UNS C74500)	0.54	0.42
5. มือจับอะลูมิเนียม	Aluminum, 356, cast	4.25	0.50
6. กระฉก	Silica	2.38	13.50
7. บานพับลูกถ้วย	Zinc, commercial purity, High grade, min. 99.9%	1.00	0.34
8. รวงลูกปืน	Zinc, commercial purity, High grade, min. 99.9%	6.50	5.13
9. ตะแกรงวางจาน	Stainless steel	0.98	0.98
10. ตะแกรงวางขวด	Stainless steel	2.20	2.20
11. อ่างล้างจาน	Stainless steel	0.77	-
12. อ่างล้างจาน	Silica	-	2.50
13. ก๊อกน้ำ	Stainless steel	0.35	0.35
14. ท่ออ่าง	PVC	0.85	0.85
15. ถาดวางซ้อน	ABS (Extrusion)	0.89	0.89
16. ขาปรับระดับ	ABS (Extrusion)	1.52	1.52
17. ขาตั้ง	Zinc, commercial purity, High grade, min. 99.9%	-	11.50
18. ราวสแตนเลส	Stainless steel	-	0.62
19. กาวซิลิโคน	Silicone (VMQ, heat cured)	0.26	-
20. กาวยาง	Polychloroprene	0.65	0.40
21. กาวเม็ด	EVA	0.08	0.05
22. หินแกรนิต	Granite	73	-
รวม		228.11	124.90



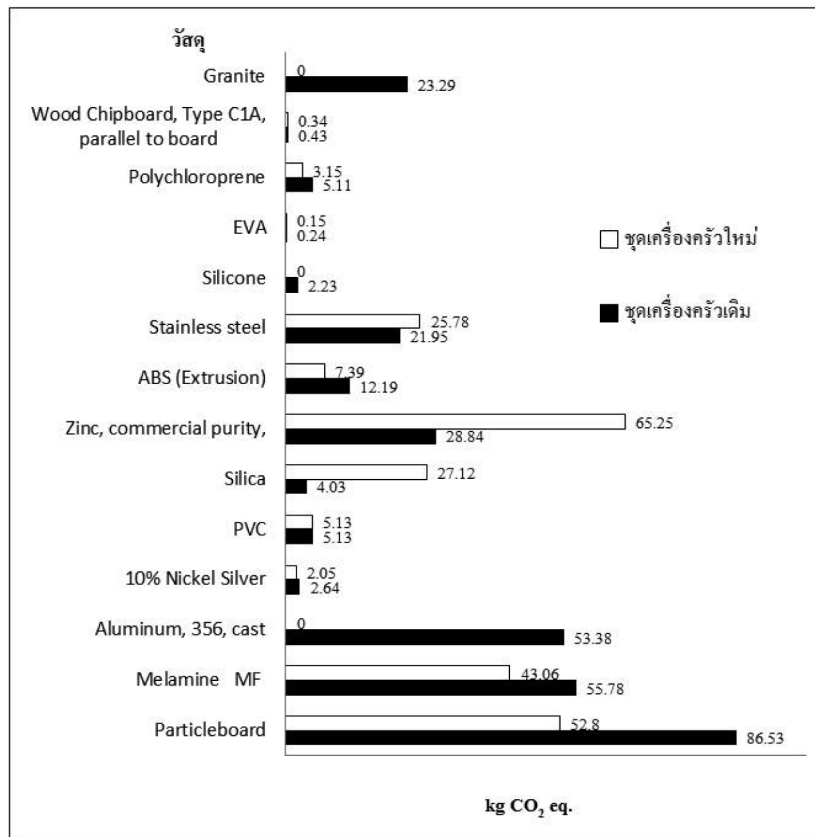
รูปที่ 8. การเปรียบเทียบ (a) ชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม และ (b) ชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวที่ได้รับการออกแบบใหม่

3.3 การวิเคราะห์ผลกระทบในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ครัวเดิมเปรียบเทียบกับชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวใหม่

3.3.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิต

รูปที่ 9 แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิมและชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวใหม่ ภายหลังจากประยุกต์ใช้การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากผลการประเมินจะเห็นได้ถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตของชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวมีค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงร้อยละ 23.05 เมื่อเปรียบเทียบกับชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม โดยวัสดุที่ก่อให้เกิดผลกระทบ

จากชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม เช่น ไม้ Particleboard นั้น เมื่อทำการปรับเปลี่ยนให้มีการลดการใช้ลง สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลงได้ 33.73 kg CO₂ eq. ถึงแม้ว่าการปรับเปลี่ยนวัสดุอื่นๆ ให้มีการใช้วัสดุที่ทำจากโลหะในชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวมากขึ้น เช่น Zinc Commercial, Stainless Steel และ Silica จะทำให้ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัสดุดังกล่าวเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่หากพิจารณาถึงข้อดีของวัสดุดังกล่าวที่มีความแข็งแรง ทนทาน และมีอายุการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับชูดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม รวมถึงสามารถนำมาแปรใช้ใหม่ได้ภายหลังหมดอายุการใช้งานแล้วในภาพรวมจะสามารถช่วยรักษาคุณภาพจากการลดปริมาณการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติ และขยะที่เกิดจากการทิ้งวัสดุที่ไม่สามารถแปรใช้ใหม่ได้

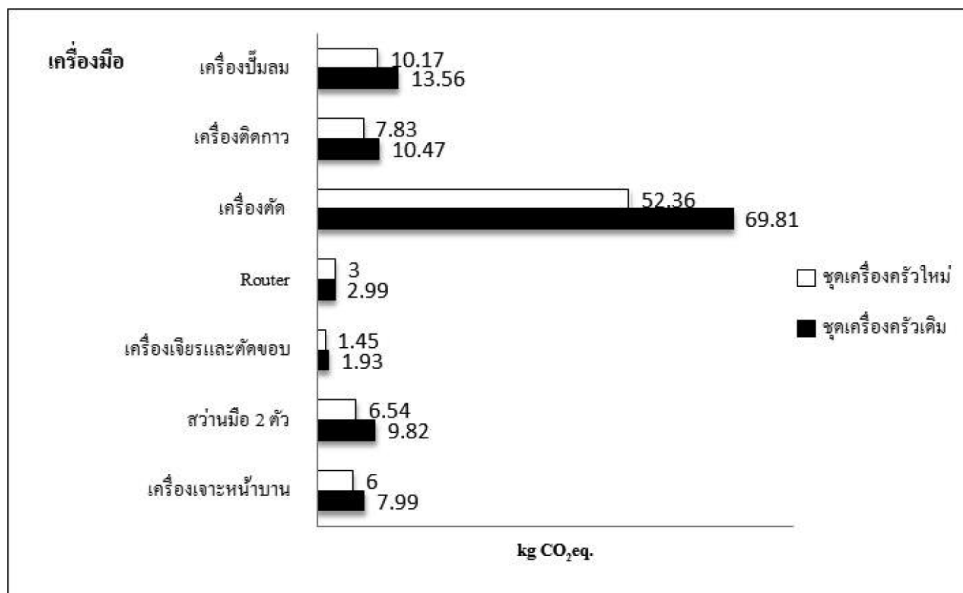


รูปที่ 9. การเปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิมและชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวใหม่

3.3.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนกระบวนการผลิต

จากรูปที่ 10 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานในขั้นตอนกระบวนการผลิตของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียว และชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม ดังจะเห็นได้ถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เชื่อมโยงสู่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตที่มีค่าลดลง อาทิเช่น เครื่องตัด เครื่อง

ป้อนลม และเครื่องติดกาว ที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนกระบวนการผลิตของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม 17.45, 3.39 และ 2.64 kg CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 25.00, 25.00 และ 25.21 ตามลำดับ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากขั้นตอนกระบวนการผลิตของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม 29.22 kg CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 25.06



รูปที่ 10. การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานในขั้นตอนกระบวนการผลิตของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม และชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวใหม่

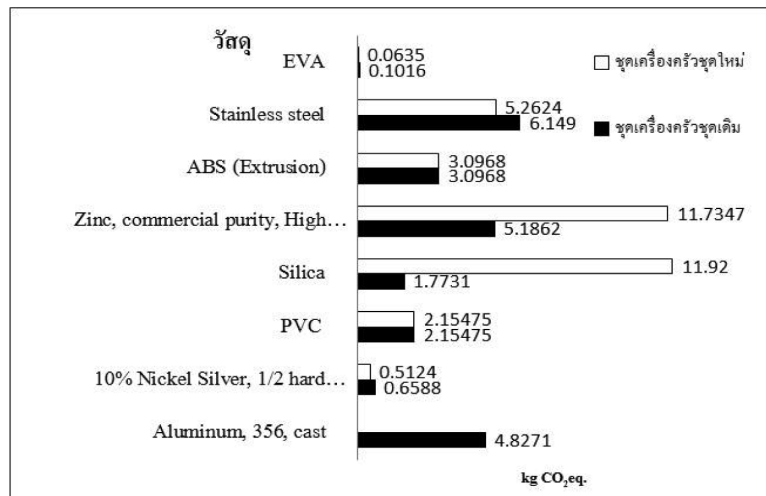
3.3.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนการใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งานของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวยังคงมีความจำเป็นในการทำความสะดวกภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานวันละ 1 ครั้ง จำนวน 4 ลิตรเป็นระยะเวลา 5 ปี ซึ่งคิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.19 kg CO₂ eq. เท่ากับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของชุดเฟอร์นิเจอร์ครัวเดิม

3.3.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนการกำจัดซากด้วยกระบวนการแปรใช้ใหม่

จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการกำจัดซากด้วยกระบวนการแปรใช้ใหม่ที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากชุด

เฟอร์นิเจอร์ครัวสีเขียวมีการใช้วัสดุในการผลิตที่สามารถนำมาแปรใช้ใหม่ได้ในปริมาณที่มากกว่าชุดเครื่องครัวชุดเดิมคิดเป็นร้อยละ 31.9 ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่สามารถนำมาแปรใช้ใหม่ได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่กลับส่งผลดีในส่วนของ การเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุที่สามารถนำกลับไปใช้เป็นวัตถุดิบที่สามารถลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ รวมถึงการลดปริมาณของเสียที่ต้องนำไปกำจัดหลังก่อนอายุการใช้งาน และผลกระทบที่เกิดจากขั้นตอนการกำจัดซากวัสดุดังกล่าวด้วย

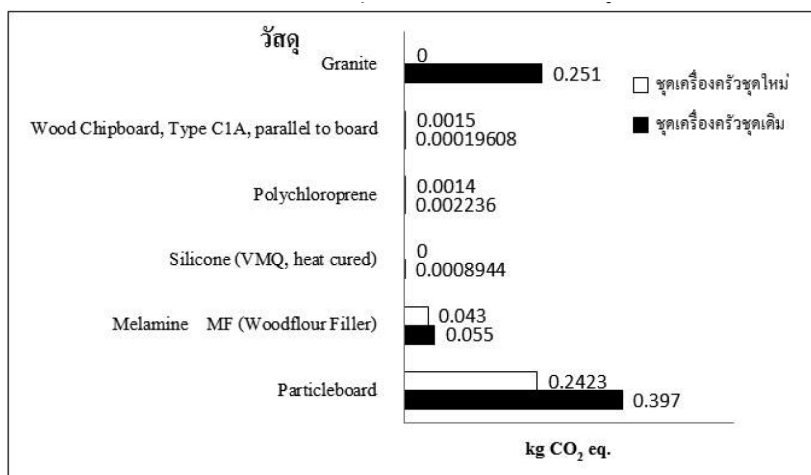


รูปที่ 11. การเปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนการกำจัดซากด้วยกระบวนการแปรใช้ใหม่ในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างชุดเฟอร์นิเจอร์คร่ำเดิมและชุดเฟอร์นิเจอร์คร่ำสีเขียวใหม่

3.3.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถแปรใช้ใหม่ได้

จากการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์คร่ำสีเขียว จะเห็นได้ถึงการปรับลดวัสดุที่ไม่สามารถนำมาแปรใช้ใหม่ได้ อาทิเช่น การลดปริมาณการใช้ไม้ Particleboard

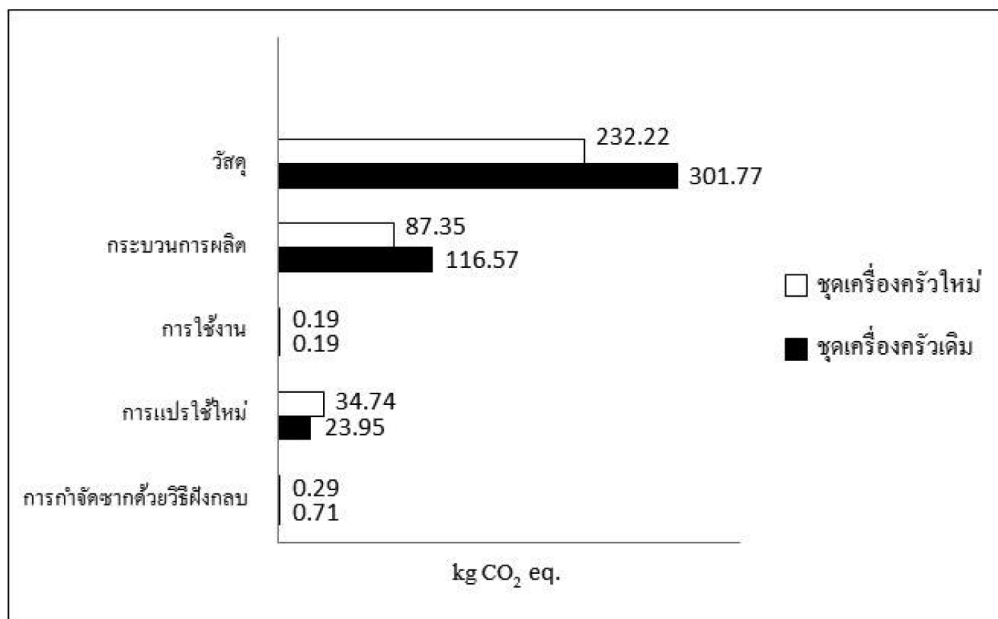
ที่เชื่อมโยงสู่การลดค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุดังกล่าวด้วยวิธีการฝังกลบ 0.155 kg CO₂ eq. ผลจากการลดปริมาณการใช้วัสดุที่ไม่สามารถนำมาแปรใช้ใหม่ได้ส่งผลโดยตรงต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงถึงกว่า 0.42 kg CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 59.16 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์คร่ำเดิม (รูปที่ 12)



รูปที่ 12. การเปรียบเทียบผลกระทบจากขั้นตอนการกำจัดซากของวัสดุที่ไม่สามารถแปรใช้ใหม่ได้ในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างชุดเฟอร์นิเจอร์คร่ำเดิมและชุดเฟอร์นิเจอร์คร่ำสีเขียวใหม่

สรุปการวิเคราะห์ผลกระทบในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้เดิมเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้สีเทาใหม่แสดงให้เห็นดังรูปที่ 13 ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนถึงผลกระทบในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการประยุกต์

ใช้หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการในการออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้สีเทาที่มีค่าลดลงในเกือบทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง 87.23 kg CO₂ eq. เมื่อเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้เดิม



รูปที่ 13. การวิเคราะห์ผลกระทบในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้เดิมเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้สีเทาใหม่

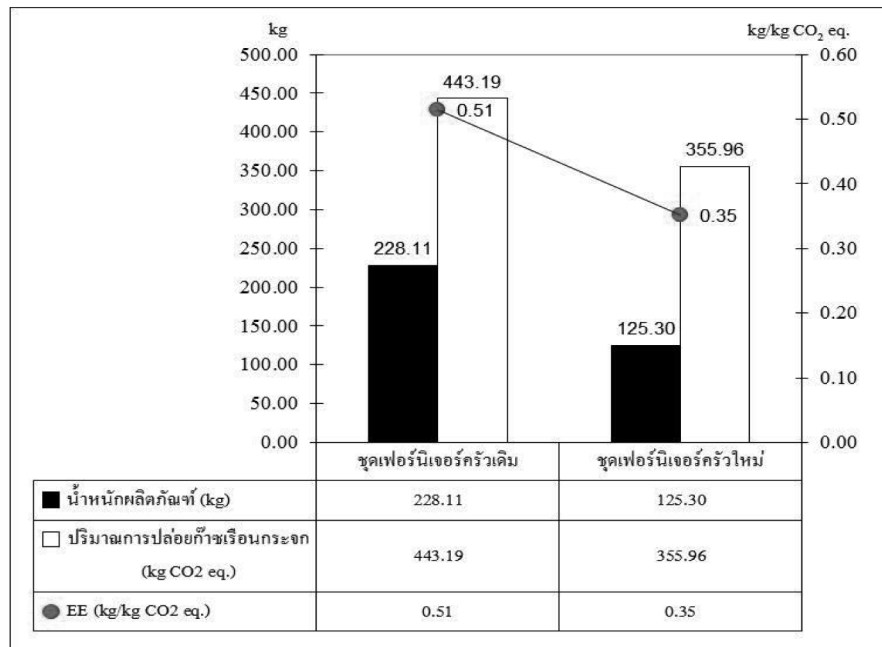
3.4 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระหว่างชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้สีเทา และชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้เดิม

ผลการประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระหว่างชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้สีเทาและชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้เดิมแสดงให้เห็นดังรูปที่ 14 จากผลการประเมินจะเห็นได้ถึงความได้เปรียบของมิติเชิงเศรษฐกิจจากราคาต้นทุนการผลิต (ราคาวัสดุรวมกับราคาพลังงานที่ใช้) ของชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้สีเทาที่ต่ำลง (ดังตารางที่ 2) อันเนื่องมาจากการลดปริมาณการใช้วัสดุที่ไม่สามารถนำมาแปรใช้ใหม่ได้ และการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มี

น้ำหนักเบาโดยยังคงลักษณะหน้าที่การใช้งานได้เหมือนเดิม นำมาซึ่งผลกำไรที่เพิ่มขึ้น ควบคู่ไปกับความพยายามลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจากการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้สีเทาในหน่วย kg ของผลิตภัณฑ์เทียบต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วย kg CO₂ eq. ที่สะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพระหว่างมิติเชิงเศรษฐกิจและมิติสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้สีเทาที่มีมากกว่าชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้เดิมถึงกว่า 1.46 เท่า

ตารางที่ 2. การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้และชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้เทียม

ชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้	ต้นทุนการผลิต (บาท)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO ₂ eq.)
ชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้	36,775	443
ชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้เทียม	30,118	354.6



รูปที่ 14. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระหว่างชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้และชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้เทียม

4. สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 10 ประการในการออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของมิติเชิงเศรษฐกิจควบคู่กับมิติเชิงสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัสดุจนกระทั่งถึงขั้นตอนการกำจัดซาก สามารถแสดงให้เห็นถึงผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความได้เปรียบในมิติเชิงสิ่งแวดล้อม คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง 87.23 kg CO₂ eq. เมื่อเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้ ในแง่มิติเชิงเศรษฐกิจสามารถลดต้นทุนการผลิตจากราคาวัสดุรวมกับราคา

พลังงานที่ใช้ได้ 6,657 บาท ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในรูปของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ของชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้เทียมมีค่าลดลงร้อยละ 68.39 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดเฟอร์นิเจอร์ไม้ ผลการวิจัยสามารถแสดงให้เห็นถึงการสร้างดุลยภาพระหว่างมิติเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่สามารถสร้างขึ้นได้จากการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ อันสามารถนำไปสู่การพัฒนาแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านราคาได้ในตลาด นำสู่ความยั่งยืนทางการค้าของประเทศต่อไปได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และศูนย์ความเป็นเลิศเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (XCEP) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย และโปรแกรมเพื่อการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุ CES Edupack ขอขอบคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด เจมส์เดคคอร์ เอื้อเฟื้อผลิตภัณฑ์ชุดเฟอร์นิเจอร์ครัว สถานที่ และข้อมูลในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Charmondusit K. Eco-Efficiency: Guideline for increasing an efficiency of industry through sustainability. Bangkok: Zeno Publishing (Thailand) Co., Ltd.; 2008. Thai.
- (2) Charmondusit K. Development of eco-efficiency indicator for industry and GREENDEE project. Bangkok: Misterkopy (Thailand) Co., Ltd.; 2010. Thai.
- (3) Karlsoon A, Luttrupp C. EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue. J. of Clean. Prod. 2006; 14: 1291-1298.
- (4) Lofthouse V. Ecodesign tools for designers: defining the requirements. J. of Clean. Prod. 2006; 14: 1386-1395.
- (5) Luttrupp C, Lagerstedt J. EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. J. of Clean. Prod. 2006; 14: 1396-1408.
- (6) Center of Competence for Design for Environment (CoC DfE). Design for environment guidelines. Bombardier Transportation; 2004.
- (7) Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 [Internet] 2013 [updated 2013; cited 2013 May 25] Available from: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/spm.html
- (8) Kharel GP, Charmondusit K. Eco-efficiency evaluation of iron rod industry in Nepal, J. of Clean. Prod. 2007; 16(13): 1379-1387.
- (9) Charmondusit K, Keartpakprae K. Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the Map Ta Phut industrial estate. J. of Clean. Prod. 2011; 19(2-3): 241-252.
- (10) Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). Guideline for evaluation carbon footprint of product. 3rd ed. Bangkok: Amorn Printing and Publishing Co., Ltd.; 2011. Thai.
- (11) Khwankue U, Charmondusit K. Evaluating the eco-efficiency of 3R waste from the petroleum and petrochemical group in the Map Ta Phut industrial estate, Thailand with the environmental improvement productivity indicator. KKU. Res. J. 2008; 13 (9): 1107-1116.