

การประเมินวัฏจักรชีวิตเครื่องมือสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อม

บุญชีพพัชรกร บุญพร้อม^{1*} และเพชรวัลย์ ธีระวณิชพงศ์¹

บทคัดย่อ

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) คือกระบวนการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือกิจกรรมต่างๆ ในเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต ครอบคลุมตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์/การบำรุงรักษา การใช้ซ้ำ (Reuse) การหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) รวมถึงการกำจัดเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากหมดอายุการใช้งาน โดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปจนถึงระบบ

นิเวศ สุขอนามัยและปัญหาสิ่งแวดล้อมและมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดปัจจุบัน LCA เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในหลายประเทศและหลากหลายอุตสาหกรรมและเป็นส่วนหนึ่งของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 (14040)

คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต ผลิตภัณฑ์มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม 14000

¹ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2972-7200 อีเมล: lloo_ve@hotmail.com



Life Cycle Assessment Tools for Environmental Management

Punpaphatporn Bunprom^{1*} and Phetcharawalai Thirawanutpong¹

Abstract

Life Cycle Assessment, LCA is quantitative analysis and evaluation the environmental burdens associated with a product, process or activities through the entire life-cycle of the product. The assessment includes raw materials extraction and processing, manufacturing, transportation, distribution, use/reuse/maintenance, remanufacturing, transportation, distribution, use/reuse/maintenance, recycling and disposal, used to consider the impacts starting from

environment to ecology, sanitary and environmental problems and in term of energy, material usage and environmental burden. LCA is use for process and product development with minimum environmental impact. LCA is one of environmental tools is widely used in several countries and industries and it is also a part of ISO 14000 (14040).

Keyword: Life Cycle Assessment, Product, ISO 14000

¹ Lecturer, Faculty Information Technology, North Bangkok University.

* Corresponding Author, Tel. 0-2972-7200, E-mail: lloo-ve@hotmail.com

1. บทนำ

จากกระแสปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะประเด็นปัญหาโลกร้อนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการแข่งขันมากในตลาดผู้บริโภค ซึ่งผู้ผลิตทุกรายพยายามเน้นการผลิตให้ได้คุณภาพครอบคลุมทุกด้าน ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับกฎระเบียบที่ทางประเทศคู่ค้าสำคัญ เช่น กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา เป็นต้น ได้ออกมาตรการกีดกันทางการค้าที่มีใช้ภาษี (Non-tariff Barriers) มาเป็นกำแพงภาษีให้กับภาคอุตสาหกรรมที่ต้องส่งออกผลิตภัณฑ์กับประเทศดังกล่าว ดังนั้นการปรับเปลี่ยนมุมมองทางด้านสิ่งแวดล้อมใหม่ โดยไม่เพียงแต่พิจารณามุ่งเน้นไปที่กระบวนการเพียงอย่างเดียว แต่ควรมองตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้หรือบริโภคและการจัดการผลิตภัณฑ์หลังหมดอายุการใช้งาน กระบวนการคิดเหล่านี้อาจเรียกได้ว่าเป็นแนวคิดแบบ Life Cycle Thinking [1] เครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งที่น่าสนใจในการประเมินปัญหาสิ่งแวดล้อมพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle-Assessment; LCA) เป็นการศึกษาถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือของกระบวนการผลิตหรือของการบริการนั้นๆ ซึ่ง LCA ถูกบรรจุอยู่ในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (Organization for Standardization; ISO) มีกรอบการดำเนินงานตามอนุกรมมาตรฐาน 14040 และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ LCA มีทั้งหมด 7 ฉบับ [2]

1) ISO 14040-Life Cycle Assessment-Principles and Framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการนิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

2) ISO 14041-Life Cycle assessment-Goal and Scope Definition and Life Cycle Inventory Analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิเคราะห์และจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

3) ISO 14042-Life Cycle Assessment-Life Cycle

Impact Assessment (LCIA) เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

4) ISO 14044-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการกำหนดความต้องการและขั้นตอนที่จำเป็นในการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการทำ LCA การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ การประเมินค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม (LCIA) และการตีความผลการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนต่างๆ และข้อจำกัดของการทำ LCA รวมทั้งคุณภาพและลักษณะของข้อมูลต่างๆ ที่ได้มีการจัดเก็บรวบรวมด้วย

5) ISO/TR 14047-Life Cycle Assessment-Illustrative Examples on How to Apply ISO 14042-Life Cycle Impact Assessment เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ออนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

6) ISO/TR 14048-Life Cycle Assessment-LCA Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA

7) ISO/TR 14049-Life Cycle Assessment-Examples of Application of ISO 14041 to Goal and Scope Definition and Inventory Analysis เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ออนุกรมมาตรฐาน ISO 14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

2. ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) [3] คือกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งาน

ผลิตภัณฑ์ การใช้ซ้ำและการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม และการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

3. ขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต

ขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตมีทั้งหมด

3 ขอบเขตดังนี้ [4]

3.1 Cradle to Grave

เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์แบบสมบูรณ์โดยเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ การนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งานตลอดจนการจัดการซากหลังหมดอายุการใช้งาน หรือกล่าวได้ว่าเริ่มพิจารณาตั้งแต่เกิดจนถึงตาย ซึ่งในการพิจารณารูปแบบนี้จำเป็นต้องใช้เวลาที่มากและมีค่าใช้จ่ายที่สูง

3.2 Cradle to Gate

พิจารณาตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์มาแต่จะไม่รวมขั้นตอนการใช้งานหรือการจัดการ ซึ่งการพิจารณารูปแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการทำเอกสารการรับรองผลิตภัณฑ์

3.3 Gate to Gate

เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งสายโซ่การผลิต

4. ขั้นตอนการทำ LCA

แนวทางในการประเมินสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการ LCA [5] แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักตามมาตรฐาน ISO 14040 ดังต่อไปนี้

4.1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาตามวัตถุประสงค์ (Goal and Scope)

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาเป็นขั้นตอนแรกของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

4.1.1 การกำหนดเป้าหมายของการศึกษา (Goal) เป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการศึกษา การประเมินวัฏจักรชีวิตเนื่องจากจะมีผลต่อแนวทางและขอบเขตของการศึกษา สำหรับการตั้งเป้าหมายนั้นจะต้องชัดเจนนอกจากนี้ยังควรที่จะต้องระบุถึงเหตุผลของการศึกษา ผลของการศึกษา การนำผลการศึกษาไปใช้ และผู้ใช้ผลการศึกษา เช่น วิศวกรผู้ออกแบบนำผลของการศึกษาไปใช้ในการปรับปรุงรูปแบบของผลิตภัณฑ์

4.1.2 การกำหนดขอบเขตของการศึกษา (Scope) เป็นการระบุสิ่งที่ต้องการประเมินและรายละเอียดภายในระบบซึ่งรวมถึงวิธีในการประเมิน โดยการกำหนดขอบเขตต้องครอบคลุมถึง หน้าที่ของผลิตภัณฑ์ หน่วยหน้าที่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษา ขอบเขตของผลิตภัณฑ์ วิธีการลงบัญชี ข้อมูลที่ต้องการ สมมติฐานที่ใช้ ข้อจำกัดของการศึกษา คุณภาพของข้อมูลเบื้องต้นการกำหนดขอบเขตของการศึกษา ควรอธิบายหรือมีการกำหนดอย่างเพียงพอ เพื่อให้แน่ใจว่ารายละเอียดการศึกษา มีความเกี่ยวข้องและเพียงพอต่อเป้าหมายที่ตั้งไว้ วัตถุประสงค์ของการกำหนดขอบเขตการศึกษา คือ เพื่อบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินและกำหนดการรวบรวมสิ่งที่เป็ประโยชน์ต่อเป้าหมายของการศึกษา LCA ซึ่งควรประกอบไปด้วย

- การกำหนดสิ่งที่ศึกษาและหน่วยงานทำงาน
- การกำหนดพารามิเตอร์ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- การบ่งชี้กระบวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับเป้าหมายในการทำ LCA
- การปันส่วนผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Allocation) ที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์

4.1.3 ขอบเขตของระบบ (System Boundaries) หมายถึงขอบเขตระหว่างระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) กับ

สิ่งแวดล้อมหรือกับระบบผลิตภัณฑ์อื่น โดยระบบผลิตภัณฑ์คือ ระบบที่ถูกจำลองขึ้นมาจากกระบวนการหน่วย (Unit Process) หลายกระบวนการมาเชื่อมต่อกันโดยอาศัยการไหลของผลิตภัณฑ์หรือของเสียที่ต้องนำไปบำบัดของแต่ละกระบวนการย่อยเป็นตัวเชื่อมโยง ดังนั้นในระบบผลิตภัณฑ์จึงประกอบด้วย กระบวนการย่อย ผังการไหลของทรัพยากรวัตถุดิบหรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ และผังการไหลออกของผลิตภัณฑ์หรือของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่าง ๆ ออกสู่สิ่งแวดล้อมขอบเขตที่กำหนดขึ้นในการศึกษาวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์แสดงให้เห็นถึงขอบเขตของการศึกษาระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย รวมถึงสารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้องในการศึกษาซึ่งในทางอุดมคติการทำ LCA จำเป็นต้องศึกษาสารขาเข้าและสารขาออกทุกตัวที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตภัณฑ์แต่ในความเป็นจริงเป็นไปได้ยากเนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูล ทรัพยากรและเวลาที่มีจำกัด ดังนั้นในการกำหนดขอบเขตระบบจึงอาจมีการเลือกศึกษาสารขาเข้าและสารขาออกเฉพาะที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงโดยการคัดเลือกว่าจะศึกษาข้อมูลใดหรือละเว้นไม่ศึกษาข้อมูลใดจำเป็นต้องมีเกณฑ์ประกอบในการตัดสินใจที่ชัดเจนและอธิบายได้

4.1.4 การกำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ (Functional and Functional Unit)

1) หน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Functional) ผลิตภัณฑ์อาจจะมีหน้าที่หลายอย่าง ซึ่งหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นที่อาจถูกเลือกมาเพื่อทำการการศึกษา การประเมินวัฏจักรชีวิตซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาดังนั้นในการกำหนดขอบเขตของการศึกษาจึงจำเป็นต้องระบุหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ที่กำลังทำการการศึกษาให้ชัดเจน

2) หน่วยการทำงาน (Functional Unit) ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการจัดเก็บสารขาเข้าและสารขาออกของระบบมีความสำคัญสำหรับใช้ในการเปรียบเทียบผลของการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ระหว่างผลิตภัณฑ์ หรือหลายผลิตภัณฑ์ที่รวมเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ข้อมูลปริมาณสารที่เข้าและออกจากระบบตั้งอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน ซึ่งหน่วยการทำงาน

มีได้หลายรูปแบบสำหรับเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยหน้าที่ที่จะประกอบด้วย

- ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์
- ความคงทนของผลิตภัณฑ์
- คุณสมบัติพื้นฐาน

4.1.5 คุณภาพของข้อมูล (Data Quality) ต้องมีการกำหนดคุณภาพของข้อมูลที่ต้องการใช้ในการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อใช้เป็นข้อมูลที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการศึกษาซึ่งข้อมูลที่มีคุณภาพนั้นย่อมส่งผลต่อคุณภาพของบทสรุปของการประเมินวัฏจักรชีวิตของสิ่งที่กำลังทำการการศึกษา คุณภาพของข้อมูลสามารถอธิบายและประเมินได้ภายใต้ประเด็นดังต่อไปนี้

- คุณภาพของข้อมูลในบัญชีรายการ
- ช่วงเวลาในการศึกษา
- ระดับพื้นที่ของการศึกษา เช่นระดับโลก ระดับภูมิภาค
- เทคโนโลยีของการศึกษา
- แหล่งที่มาของข้อมูล
- วิธีการได้มาของข้อมูล
- ความถูกต้องและสมบูรณ์ของข้อมูลรวมถึงการเป็นตัวแทนของข้อมูล

4.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory: LCI)

การจัดทำบัญชีรายการประกอบด้วยประเด็นที่สำคัญคือ [6]

- การคัดเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ของการใช้วัตถุดิบของเสียมลพิษต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทั้งหมดของวัฏจักรชีวิต
- การกลั่นกรองขอบเขตของระบบโดยขอบเขตของระบบจะถูกกลั่นกรองหลังจากการเก็บข้อมูลชุดแรก ตัวอย่างของผลในการกลั่นกรองข้อมูล เช่นการตัดสินใจในการเลือกหรือจัดกระบวนการใดออกไป การตัดวัตถุดิบบางส่วนออกไป
- การคำนวณผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งอาจอยู่ในรูป Excel, Spss, Simar-Pro หรือโปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ การเลือกโปรแกรมให้เหมาะสม

ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของข้อมูล

- การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต้องดำเนินการระหว่างการเก็บรวบรวมหรือคัดเลือกข้อมูลเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลอย่างมีหลักเกณฑ์แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงข้อมูลหรือข้อมูลนั้นมีความใกล้เคียงกันกับกระบวนการอื่นๆ

- การเชื่อมโยงข้อมูลพื้นฐานทั้งข้อมูลเข้าและข้อมูลออก บ่อยครั้งข้อมูลที่ได้จากโรงงานเป็นหน่วยที่กำหนดเอง เช่นพลังงานที่ได้จากโรงงานเป็นหน่วยที่กำหนดเอง เช่นพลังงานในหน่วยเมกะจูลต่อเครื่องจักรต่อสัปดาห์หรือของเสียต่อระบบการจัดการของเสีย เช่น น้ำหนักของโลหะต่อปริมาณน้ำเสียซึ่งไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษา

- การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำบัญชีรายการ โดยที่การทำบัญชีรายการ จำเป็นต้องมีการปรับสารเข้าและออกในแต่ละกระบวนการ โดยที่สารเข้าและออกในแต่ละกระบวนการจะถูกแปลงออกมาเป็นมวลสารเข้าและออกด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จะถูกแปลงออกมาเป็นตัวเลขการใช้ทรัพยากรและการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

4.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

มีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่ได้จากการรวบรวมสารเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์จากการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปตัวชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อบ่งชี้ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยที่ขั้นตอนการประเมินผลกระทบจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

4.3.1 การเลือกชนิดและประเภทของผลกระทบ (Selection of Impact Categories) การจำแนกว่าระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านใดบ้างและเกิดขึ้นในกระบวนการใดบ้าง โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการมาใช้วิเคราะห์และจำแนกผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารเข้าและสารขาออกทั้งหมดอย่างเป็นหมวดหมู่

4.3.2 การจัดกลุ่มผลกระทบ (Classification) หลังจากที่มีการคัดเลือกกลุ่มผลกระทบ ตัวชี้วัดกลุ่มผลกระทบและแบบจำลองในการทำ Characterization แล้ว ในขั้นตอนนี้จะต้องนำข้อมูลสารเข้าและสารขาออกทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการ LCI มาจำแนกตามกลุ่มผลกระทบที่ได้คัดเลือกไว้อย่างเป็นหมวดหมู่ เช่น มีเทน (CH_4) ถูกจัดอยู่ในผลกระทบประเภทการทำให้เกิดโลกร้อนขึ้นหรือ Climate Change โดยที่ในกลุ่มผลกระทบหนึ่งอาจมีสารเข้าหรือสารขาออกมากกว่า 1 ตัวที่เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบพื้นฐานในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [7]

กลุ่มผลกระทบ	ความหมาย
Abiotic Depletion Potential	ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป ลดลง
Energy Depletion Potential	ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรพลังงานลดลง
Global Warming Potential	ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
Ozone Depletion Potential	ศักยภาพที่ทำให้ปริมาณโอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง
Human Toxicity	การก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์
Aquatic/Terrestrial Ecotoxicity	การก่อให้เกิดพิษต่อระบบนิเวศทั้งบนบกและในน้ำ
Acidification Potential	ศักยภาพในการก่อให้เกิดฝนกรด
Photo-Chemical Oxidation	การเกิดปฏิกิริยาเคมีออกซิเดชัน
Eutrophication	การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหาร ทำให้แหล่งต่อน้ำพืชเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วนำไปสู่การลดลงของออกซิเจน

4.3.3 การกำหนดบทบาท (Characterization) เป็นขั้นตอนในการนำข้อมูลปริมาณสารต่างๆ ที่ได้จากการทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมมาประเมินผลกระทบเชิงปริมาณตามกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการประเมินทำได้โดยการแปลงค่าสารแต่ละตัวในกลุ่มผล

กระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปตัวเลขที่บอกค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกันจึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐาน โดยดูความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบ (Potential Environmental Impact) และใช้ค่า Factor (Characterization Factor) ในการคูณเพื่อเปลี่ยนจากปริมาณน้ำหนักเป็นค่าบ่งชี้ของผลกระทบและทำการรวมค่าทั้งหมดของแต่ละผลกระทบ ตามสมการ

$$EP_j = \sum(Q_j \times EF_{ij})$$

EP_j = (Environmental Impact Potential) คือค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg Substance Equivalent)

Q_j = (Quantity of Substance) คือปริมาณมวลสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg Substance j)

EF_{ij} = (Equivalency Factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg Substance Equivalent/kg Substance j)

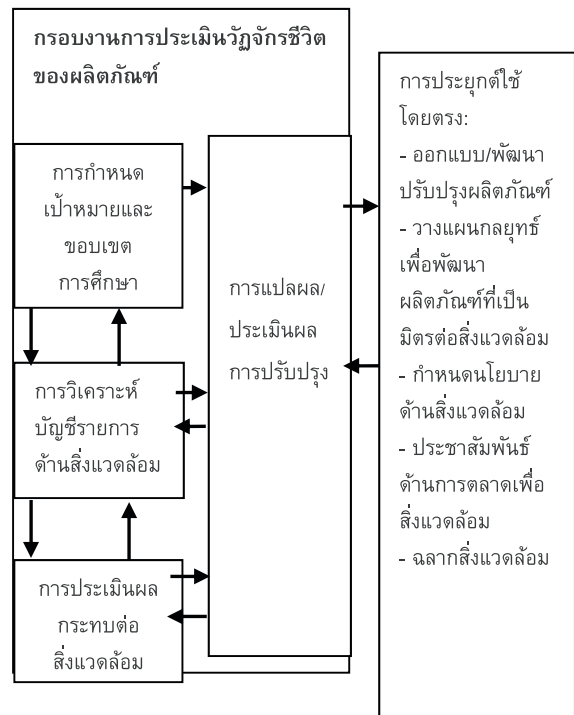
4.3.4 การเทียบหน่วย (Normalization) คือ ขั้นตอนในการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยมองเป็นภาพรวมทั้งหมด โดยจะทำการเทียบหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์หรือบริการต่ออายุการใช้งานและสัดส่วนของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ต่อคนต่อปี เช่น ศึกษาการปล่อย CO_2 ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษามีปริมาณเท่าใดเมื่อเทียบกับการปล่อย CO_2 ในระดับทวีปเอเชีย ตามสมการ

$$NP_i(\text{product}) = EP_i / (TxER_i)$$

$NP_i(\text{product})$ = (Normalized Environment Impact Potential) ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ของผลิตภัณฑ์ (Person)

T = (Lifetime of Product) คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Year)

ER_j = (Normalization Reference) คือ ค่าอ้างอิง



รูปที่ 1 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO [6]

ปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg Substance Equivalent/Person/Year)

4.3.5 การให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting) ให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยจะทำการเปรียบเทียบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใดสำคัญที่สุดซึ่งลักษณะของผลกระทบจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ สุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศและการใช้ทรัพยากร ตามสมการ

$$WP_j = WF_j \times NP_j$$

WP_j = (Weighted Environmental Impact Potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ หลังการให้น้ำหนักความสำคัญแล้ว (Person for Target Year; Pt)

WF_j = (Weighting Factor) คือ ค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

4.4 การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)

เป็นการนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อสรุปผลพิจารณาข้อจำกัด การให้ข้อเสนอแนะที่มาจากผลการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตหรือการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมและการทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาโดยกรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งผลลัพธ์ของวิธีการ LCA นี้จะช่วยให้เราทราบได้ว่าจุดใดของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่ถือว่าสร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ตามประเด็นสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจเช่นการลดลงของโอโซน การเกิดฝนกรด เป็นต้น สุดท้ายเมื่อเราทราบคำตอบว่าเป็นช่วงใดที่สร้างปัญหามากที่สุดแล้ว เราจะนำผลลัพธ์ที่ได้นั้นไปใช้ในการทำการแก้ไขผลิตภัณฑ์นั้นๆ ต่อไปด้วยแนวทางด้านการออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Product Design for Environment) หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Ecodesign) [8]

5. ประโยชน์ของการประเมินวัฏจักรชีวิต [9]

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จะสามารถก่อให้เกิดประโยชน์ต่อหลากหลายภาคส่วน ทั้งขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ เช่น ภาครัฐใช้เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ เช่น Eco Labeling–Type III รวมถึงการกำหนดนโยบายและการควบคุมด้วยกฎหมาย ภาคอุตสาหกรรมใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ใช้ในการวางแผนกลยุทธ์และเป็นส่วนช่วยเรื่องการทำการตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคใช้เป็นข้อมูลในการเลือกซื้อสินค้าและสร้างจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อมในผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ ภาคอุตสาหกรรมนำไปออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ การพัฒนากลยุทธ์ด้านนโยบาย ส่วนองค์กรเอกชนใช้เป็นข้อมูลเพื่อกระตุ้นภาคเอกชนและรัฐบาลในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและเป็นข้อมูลเพื่อเผยแพร่ต่อผู้บริโภค

6. การนำเสนอข้อมูลการเลือกวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ในการนำเสนอข้อมูลเพื่อรายงานผลการประเมิน

วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีหลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำเสนอข้อมูลซึ่งอาจนำเสนอในรูปแบบตัวเลข เพื่อให้ทราบขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเมื่อเทียบกับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาคจนถึงระดับโลก หรืออาจนำเสนอข้อมูลผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อสามารถเปรียบเทียบการมีส่วนทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปของร้อยละในแต่ละช่วงของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละประเภทหรือเปรียบเทียบขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิดก็อาจเป็นได้ สำหรับการตัดสินใจเลือกวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมควรคำนึงถึงข้อมูลที่ได้จากวิธีการดังกล่าวว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการศึกษาและสามารถใช้สนับสนุนการจำแนกวิธีการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งความสอดคล้องของลักษณะข้อมูลที่ได้และการนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงและจัดการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ [10] ตัวอย่างเช่น นักพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือวิศวกรออกแบบผลิตภัณฑ์อาจต้องการใช้ข้อมูลที่แสดงขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบว่าควรพิจารณาปัจจัยใดบ้างในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ในขณะที่การใช้ข้อมูลแสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรวมของผลิตภัณฑ์เป็นไปเพื่อเปรียบเทียบว่าผลิตภัณฑ์ใดมีสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมดีกว่า การประเมินผลกระทบนี้เป็นเพียงเครื่องมือหรือวิธีการหนึ่งซึ่งได้มาเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจเท่านั้นแต่การนำมาประยุกต์ใช้เพื่อจัดการกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือด้านสิ่งแวดล้อมที่หลากหลายมาแก้ไขปัญหในแต่ละระดับ เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยการออกแบบเชิงนิเวศน์เศรษฐกิจหรือการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยเทคโนโลยีสะอาดและอื่นๆ ขึ้นกับสาเหตุสภาพปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้จากผลการวิเคราะห์ LCA

เอกสารอ้างอิง

- 1] National Science and Technology Development Agency, *The training workshop life cycle assessment*,

- 2010 (in Thai).
- [2] Thai Environment Institute Foundation, *LCA, Book of develop green products*, pp.10-13, 2008 (in Thai).
- [3] Thai Environment Institute Foundation, “Life Cycle Inventory for Cement Product and Steel Making Towards Sustainable Development,” Report of Life cycle assessment and product, 2005 (in Thai).
- [4] Prasert Pavasant, *Document of modern environmental impact assessment based on the accessment of produc's life cycle*, Center of Excellence on Hazardous Substance Management, Chulalongkorn University, 2008 (in Thai).
- [5] Worasit Hinthong, “The assessment of impacs to environment of Ball Valves production based on the accessment of life cycle,” Independent Studies of Master Degree Faculty of Engineering Management, Srinakharinwirot University, 2010 (in Thai).
- [6] Ta, “Life cycle assessment of product,” *The Journal Rajamangala University of Technology Krungthep*, vol.2, pp.27-34, 2000 (in Thai).
- [7] International Standard Organization, *iso 14040 Environmental Management – Life Cycle Assessment Principles and Framework*, 1997 (in Thai).
- [8] Jutharat Seusat, “Environmental impact assessment of a microwave oven based on ecodesign,” Thesis of Master Degree, faculty of engineering, Thammasat University, 2009 (in Thai).
- [9] Pornpot Piamsomboon, *Document of product life cycle assessment*, faculty of science, Chulalongkorn University (in Thai).
- [10] M.A. Curran and WKlopffer, “Life Cycle Assessment,” *The International Journal of Life Cycle Assessment*, no 11367, pp. 40-45, 2007 (in Thai).
- [11] Chanikarn Yimprayoon, “Life Cycle Architecture,” *Energy Research Institute*, vol.9, pp.25-30, 2007 (in Thai).