

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผู้ยื่นพยาน โดยมีหลักการดังนี้

2.1 ความหมายของ LCA (Life cycle assessment)

SETAC (Society of environment toxicology and chemistry) ได้ให้นิยามของ LCA ว่า "กระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาถึงกระบวนการผลิต และรวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องในลักษณะของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะรวมทั้งวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด ไม่ว่ากระบวนการต่าง ๆ ในการผลิต การบรรจุ การตัดแยก การบำรุงรักษา และการนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยที่ยึดหลักของนิเวศวิทยา สุขอนามัย และการนำทรัพยากรสิ้นเปลืองมาใช้เป็นหลัก"

อาจกล่าวได้ว่า LCA ก็คือการรวบรวมและประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ตลอดวัฏจักรชีวิต โดยเริ่มจากการนำวัตถุดิบมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ การขนส่ง การผลิต การเก็บ การใช้ การทิ้ง และการกำจัด หรือการประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนหมดอายุ โดยจะพิจารณาในแง่ของ การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน สุขภาพอนามัยของมนุษย์ และผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา เป็นต้น

2.2 ขั้นตอนในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี โดยอยู่บนหลักการ 4 ข้อสำคัญดังนี้

2.2.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal definition)

ขั้นตอนแรกในการทำ LCA ก็คือการกำหนดเป้าหมายหรือการกำหนดวัตถุประสงค์ รวมทั้งพิจารณาถึงเหตุผลในการศึกษา การนำไปใช้ และผู้รับที่ต้องการสื่อผลการศึกษา เช่น ผู้ผลิตนำผลการวิเคราะห์ไปใช้โฆษณาเพื่อเป็นประโยชน์ในด้านการตลาด วิศวกรผู้ออกแบบนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการปรับปรุงรูปแบบของผลิตภัณฑ์ หรือผู้บริหารนำผลการวิเคราะห์เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ (Decision-making) ของการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะในส่วนของวิธีทำ LCA ขึ้นอยู่กับการกำหนดเป้าหมาย ซึ่งผลการวิเคราะห์อาจผิดพลาดถ้าเป้าหมายไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสม เป้าหมายจึงต้องระบุผลของการใช้ ผู้ใช้จำเป็นต้องเข้าใจรายละเอียดต่าง ๆ เป็นอย่างดี เป้าหมายเป็นหัวใจของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผล รายงาน เพราะจุดมุ่งหมายจะทำให้เราสามารถแยกแยะความสำคัญของส่วนต่าง ๆ ในเนื้อหาได้

การกำหนดเป้าหมาย ควรครอบคลุมปัญหาเหล่านี้ ได้แก่

- การนำผลการวิเคราะห์ของ LCA ไปใช้ทำอะไร
- การเปลี่ยนแปลงใดที่จะเกิดขึ้น เมื่อมีการตัดสินใจนำ LCA มาใช้พิจารณา
- ผลิตภัณฑ์ใหม่จะได้รับการปรับปรุงในเรื่องใดบ้าง ซึ่งทำให้เกิดผลอย่างไร

2.2.2 การกำหนดขอบเขต (Scope definition)

การกำหนดขอบเขต คือการบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินและรวบรวมสิ่งที่เกี่ยวข้องกันต่อเป้าหมายของ LCA ซึ่งจะประกอบไปด้วย

- การกำหนดสิ่งที่ศึกษา รวมทั้งการกำหนดหน้าที่หรือสิ่งที่ผลิตภัณฑ์สามารถทำได้

(Functional unit)

- การเลือกระบบอ้างอิง หรือผลิตภัณฑ์อ้างอิงเพื่อแสดงให้เห็นวัตถุประสงค์ของการศึกษา
- การออกแบบตัวแปรการในการประเมินทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนการ

กำหนดเป้าหมายของ LCA

- บ่งชี้จำนวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับเป้าหมายของ LCA
- การกำหนดขอบเขตของเวลา สำหรับการตัดสินใจที่จะใช้ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของ LCA รวมทั้ง

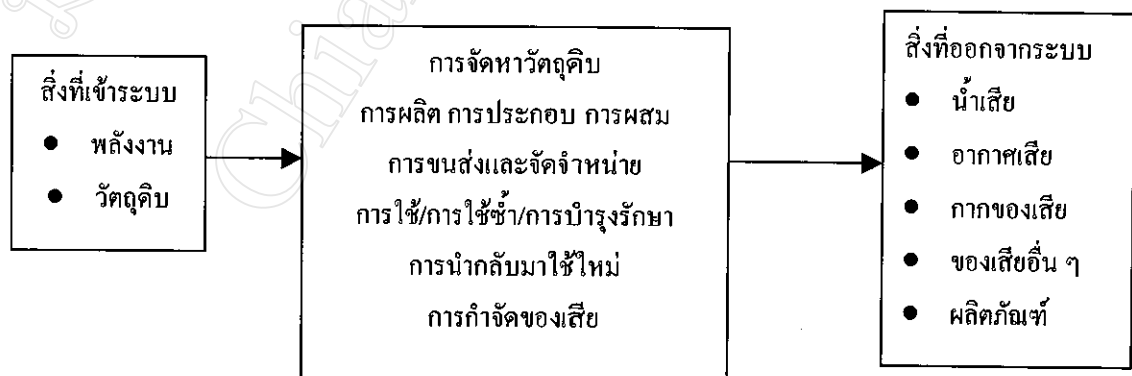
กำหนดเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในระบบผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการประเมินทางสิ่งแวดล้อมมาแล้ว

- การจัดสรรการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อม และกระแสพลังงานที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์

ทั้งนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมได้หลังจากเริ่มทำการศึกษาแล้ว และพบว่าจะต้องมีการแก้ไขให้เหมาะสมกับความเป็นจริงที่พบ เพราะเทคนิค LCA เป็นเทคนิคที่ต้องทำซ้ำไปซ้ำมา เพื่อหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างครบถ้วน

2.2.2.1 ขอบเขตของระบบ (System boundary)

หมายถึง ขอบเขตระหว่างผลิตภัณฑ์ และสิ่งแวดล้อม หรือระบบผลิตภัณฑ์อื่น โดยที่ระบบผลิตภัณฑ์ คือ หน่วยที่รวบรวมวัสดุ และพลังงาน ที่มีการเชื่อมโยงกันเป็นหน่วยงาน (Unit process) ต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งกระแสขั้นตอนของทรัพยากรวัตถุดิบหรือพลังงาน จากสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบก่อนถูกเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่าง ๆ ดังรูป 2.1



รูป 2.1 ขอบเขตของระบบที่อาจกำหนดตามความต้องการขององค์กรตามความเหมาะสม

ที่มา: เทวินทร์ ศิริโชคชัยกุล (2542)

2.2.2.2 หน้าทีและหน่วยวัดผลงานของระบบ (Function and Functional unit)

ระบบอาจมีหน้าที่หลายอย่าง แต่หน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นที่อาจถูกเลือกมาเพื่อทำการศึกษา LCA ซึ่งขึ้นกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ฉะนั้นในการกำหนดขอบเขตของการศึกษาจึงต้องระบุหน้าที่ของระบบที่กำลังศึกษานั้น ๆ ให้ชัดเจนด้วย

หน่วยวัดผลงานของระบบ (Functional unit) ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับสิ่งเข้า และสิ่งออกจากระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน เช่น หน่วยวัดผลงานของการปั่นสัอย่างวัดเป็น ตารางเมตร/ชั่วโมง เป็นต้น ซึ่งถือเป็นพื้นฐานของ LCA เพราะตัว Functional unit จะเป็นตัวเปรียบเทียบ หรือตัววัดระหว่างผลิตภัณฑ์ หรือหลายผลิตภัณฑ์ที่รวมเป็นผลิตภัณฑ์เดียว มีหลายคำจำกัดความต่าง ๆ กันดังนี้

- เป็นมาตรฐานของสิ่งเข้า และสิ่งออกที่เป็นกลาง ฟังก์ชันของระบบจะให้ความหมายและการวัดที่เข้าใจง่าย

- การเปรียบเทียบระหว่างระบบ จะกระทำได้ด้วยฟังก์ชันที่มีพื้นฐานเหมือน ๆ กัน มีลักษณะ 3 ประการที่ต้องกล่าวถึง ได้แก่

1. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์
2. ความคงทนของผลิตภัณฑ์
3. คุณสมบัติพื้นฐาน

2.2.2.3 คุณภาพของข้อมูลที่ต้องการ

ต้องมีการกำหนดคุณภาพของข้อมูลที่ต้องการในการทำ LCA เพื่อเป็นพื้นฐานในการหาข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการใช้การศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการใช้ผลของ LCA เพื่อเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน การกำหนดคุณภาพของข้อมูลตามมาตรฐานควรคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

- ช่วงระยะเวลาที่ต้องการศึกษา
 - พื้นที่ที่ต้องการศึกษา
 - เทคนิคที่ต้องการศึกษา
 - ความถูกต้อง สมบูรณ์ของข้อมูล และต้องเป็นข้อมูลที่เป็นตัวแทนของสภาพที่เป็นจริง

- ความสอดคล้อง ต่อเนื่อง และสามารถทำให้ได้ผลเหมือนเดิม ของวิธีที่ใช้ในการทำ LCA

- แหล่งที่มาของข้อมูล
- ความหลากหลายและความไม่แน่นอนของข้อมูลและวิธีที่ใช้

2.2.3 การทำบัญชีรายการ (Inventory)

การทำบัญชีรายการก็คือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากระบบการผลิตที่ได้มีการนิยามไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขตรวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) การคำนวณหาปริมาณของสิ่งเข้าและ สิ่งออกจากระบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจรวมถึง ทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ หรือการปล่อยของเสียเข้าสู่ อากาศ น้ำ และดิน เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กระบวนการเป็นการทำซ้ำไปซ้ำมา โดยเรียนรู้จากข้อมูลที่เคยมาได้เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งอาจทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีเก็บข้อมูล หรือประเด็นปัญหา เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาที่ได้ตั้งไว้ ขั้นตอนในการวิเคราะห์บัญชีรายการวัฏจักรประกอบด้วย

- การสร้างหน่วยของข้อมูล (Data unit) และคั้งหน่วยของกระบวนการ (Process unit)
- เก็บข้อมูลของการคำนวณการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากระบบ

ผลิตภัณฑ์

การเก็บข้อมูลในบัญชีรายการจะทำสำหรับแต่ละหน่วยงานที่อยู่ในระบบ วิธีเก็บข้อมูลจะเปลี่ยนไป ขึ้นกับเป้าหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยมีขีดจำกัดตามความจริงที่สามารถปฏิบัติได้ เพราะการรวบรวมข้อมูลอาจจะยากที่จะทำให้สมบูรณ์ทั้งหมด เนื่องจากต้องใช้เวลา และงบประมาณมากเกินไป

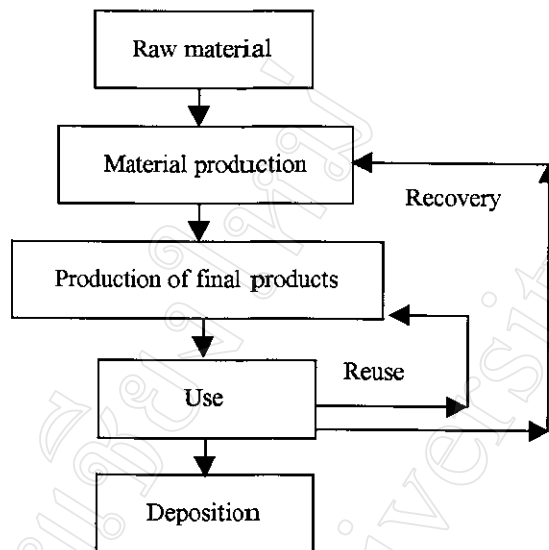
การวิเคราะห์บัญชีรายการเกี่ยวข้องกับประเด็นต่อไปนี้

- การคัดเลือกข้อมูล (Data collection)
- การกลั่นกรองขอบเขตระบบ (Refining system boundaries)
- การคำนวณ (Calculation)
- การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง (Validation of data)
- การเชื่อมโยงข้อมูลที่สัมพันธ์กับส่วนอื่นๆ ของระบบ (Relating data to the

specific system)

- การลงบัญชี (Allocation)

การวิเคราะห์บัญชีรายชื่อและการเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถพิจารณาได้อย่างชัดเจนในรูป 2.2 ในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกันสามารถแยกเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลได้ เช่น ข้อมูลการผลิตวัตถุดิบหลาย ๆ ชนิด สามารถนำมารวมกันได้ทีหลังที่ขั้นตอนการผลิต เห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนมักเชื่อมโยงกันด้วยขั้นตอนการขนส่ง การวิเคราะห์สามารถพิจารณาได้ละเอียดมากขึ้นขึ้นอยู่กับขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้



รูป 2.2 ตัวอย่าง Simple flow sheet ที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูล

ที่มา: Henrick (1997)

2.2.3.1 การคัดเลือกข้อมูล

กระบวนการวิเคราะห์บัญชีรายการจะรวมถึงการคัดเลือกและจัดการกับข้อมูลของวัตถุดิบที่ใช้ ของเสีย และสิ่งที่แพร่กระจายสำหรับทุกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต โดยข้อมูลสามารถจัดหาได้จากหน่วยงาน สถานที่ต่าง โดยข้อมูลต้องคัดเลือกจากทุกกระบวนการ ข้อมูลเหล่านี้สามารถให้รายละเอียดทั้งคุณภาพและปริมาณ โดยข้อมูลเชิงปริมาณมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบกระบวนการหรือวัตถุดิบต่าง ๆ แต่บ่อยครั้งที่ข้อมูลเชิงปริมาณนี้จะไม่สามารถให้รายละเอียดในส่วนคุณภาพได้คั่นัก

2.2.3.2 การกลั่นกรองขอบเขตระบบ

ขอบเขตของระบบจะถูกกำหนดเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการการกำหนดขอบเขต หลังจากการเก็บข้อมูลชุดแรกเสร็จสิ้นแล้ว ขอบเขตของระบบจะสามารถถูกกลั่นกรองได้ เช่น การตัดสินใจในการเลือกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต หรือการยกเว้นข้อมูลของวัตถุดิบบางอย่างที่ไม่เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากเท่าใดนัก อาจวิเคราะห์ได้โดยวิธี Sensitivity analysis

2.2.3.3 กระบวนการคำนวณ

กระบวนการคำนวณสามารถที่จะกระทำได้โดยหลายวิธี ซึ่งรวมถึงการใช้ [NETS] method นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ LCA จำนวนมากที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองงานโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามชนิดและจำนวนข้อมูลของงาน เช่น โปรแกรม SimaPro ที่ได้มีการพัฒนาโดยบริษัท Pre' ประเทศเนเธอร์แลนด์

2.2.3.4 การได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

กระบวนการนี้ต้องควบคุมระหว่างกระบวนการคัดเลือกข้อมูลจนถึงการปรับปรุงข้อมูล การสรุปข้อมูลที่ได้อย่างมีหลักเกณฑ์อาจจะแสดงให้เห็นว่าข้อมูลต้องปรับปรุงหรือข้อมูลที่ใกล้เคียงกันในกระบวนการอื่น ๆ

2.2.3.5 การเชื่อมโยงข้อมูล

พื้นฐานของสิ่งเข้า และสิ่งออก บ่อยครั้งที่ได้จากโรงงานในแต่ละหน่วยการผลิต เครื่องจักร หรือมลภาวะ เช่น น้ำเสียนั้นมักไม่ค่อยจะสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตในการพิจารณาผลิตภัณฑ์ใด ๆ แต่ก็มีบางครั้งที่ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันนั้น มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

2.2.3.6 การจัดบัญชีรายการ

เมื่อวิเคราะห์ Life cycle assessment ในระบบที่เสร็จเรียบร้อย อาจยังไม่สามารถประเมินและได้ผลลัพธ์ทั้งหมดตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดย

- เพิ่มขอบเขตขอบระบบ (System boundary) โดยรวม Input กับ Output ที่มีทั้งหมดเข้าไว้
- จัดทำรายการที่มีความสัมพันธ์ในการศึกษาการประเมินผลกระทบ

2.2.3.7 สิ่งสำคัญในการคำนวณ

- วิธีจัดแบ่ง ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้เมื่อมีระบบที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หลายประเภท เช่น ผลผลิตจากโรงกลั่นน้ำมัน วัสดุและพลังงานที่ใช้ และการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ต้องถูกแจกแจงตามประเภทผลิตภัณฑ์ตามเหตุผลที่ชัดเจน และตามวิธีที่ระบุไว้
- การคำนวณกระแสพลังงาน ควรคิดถึงเชื้อเพลิง และไฟฟ้าจากแหล่งต่าง ๆ ที่ใช้ ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนรูปพลังงาน และการกระจายกระแสพลังงาน รวมทั้งสิ่งเข้าและสิ่งออกจากระบบที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการใช้กระแสดังกล่าวนั้น ๆ

2.2.4 การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)

จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการทำให้ทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญ แต่บางอย่างไม่ใช่ เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม แหล่งทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ

การประเมินผลกระทบเป็นขั้นตอนที่ 3 ของ LCA ซึ่งมีประเด็นหลัก ๆ ดังนี้

- การกำหนดชนิด ประเภท (Category definition)
- การจำแนกประเภท (Classification)

- การกำหนดบทบาท (Characterization)
- การให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท (Valuation or Weighting)

2.2.4.1 การกำหนดประเภท

จุดประสงค์ของการกำหนดประเภทคือ การเตรียมทางเลือกของประเภทของผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ซึ่งประเภทของผลกระทบ ที่ควร พิจารณาได้แก่

- ปัญหาจากแหล่งชีวภาพ (Abiotic resources)
- ปัญหาจากแหล่งชีวภาพ (Biotic resources)
- ปัญหาเรื่องที่ดิน (Land)
- ปัญหาโลกร้อน (Global warming)
- ปัญหาการลดลงของโอโซน (Ozone layer depletion)
- ปัญหาของเสีย (Waste)
- ปัญหาภาวะกรดในบรรยากาศ (Acidification)
- ปัญหาอื่น ๆ

2.2.4.2 การจำแนกประเภท

การจำแนกประเภทมีจุดมุ่งหมายเพื่อจำแนกสิ่งเข้า และสิ่งออกที่ได้จากขั้นตอนการกำหนดประเภท หรืออาจกล่าวได้ว่าการจำแนกประเภท คือ ขั้นตอนการจำแนกวิเคราะห์ คุณสมบัติเชิงคุณภาพของผลกระทบที่สัมพันธ์กัน การจำแนกประเภทต้องแสดงสิ่งเข้า และสิ่งออก ของขั้นตอนการทำบัญชีรายการ ไปสู่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยตรง

2.2.4.3 การกำหนดบทบาท

การกำหนดบทบาทนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อแสดงประเภทของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ในเทอมของตัวบ่งชี้ (Indicator) และเพื่อจัดเป็นพื้นฐานสำหรับกลุ่มของสิ่งเข้า และสิ่งออกในการทำบัญชีรายการ ซึ่งผลลัพธ์ที่อยู่ในเทอมของตัวบ่งชี้สามารถบอกผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยรวม หรือ ภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของแต่ละประเภทผลกระทบ ผลลัพธ์ของการกำหนดบทบาทนี้จะเป็ผลรวมของตัวบ่งชี้ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากแต่ละประเภท ซึ่งจะแสดงถึงภาระทางสิ่งแวดล้อมในขั้นต้น และข้อมูลการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ

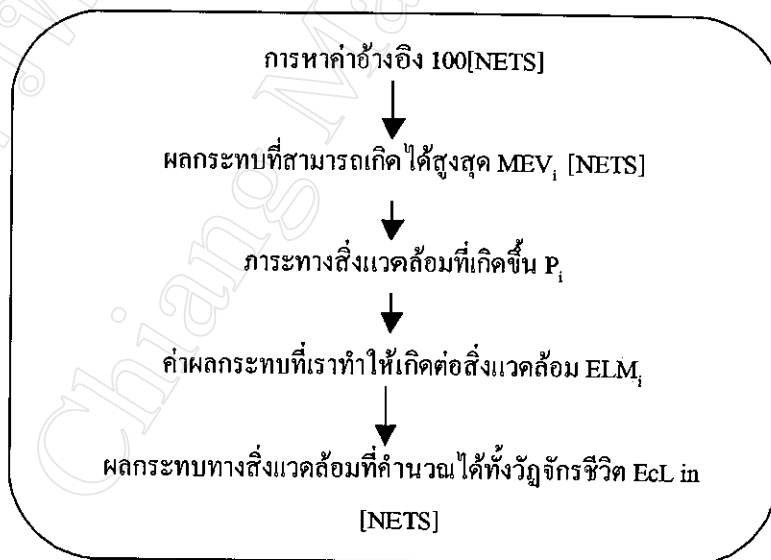
2.2.4.4 การให้น้ำหนักของผลกระทบ

การให้น้ำหนักนั้นมีจุดประสงค์เพื่อการจัดอันดับ การเลือก จัดกลุ่มผลลัพธ์ของประเภทผลกระทบที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามการให้น้ำหนักนี้อาจจะนำไปประยุกต์อย่างมีแบบแผนทางวิทยาศาสตร์ได้ หรือรวมไปถึงเทคนิคการคิดที่เป็นวิธี โดยการให้น้ำหนักนี้อาจพิจารณาปัจจัยพื้นฐาน 3 ประการดังนี้

- แสดงความสัมพันธ์เบื้องต้นขององค์กร กลุ่ม หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ
- ต้องรับประกันได้ว่ากระบวนการนั้นเป็นไปได้ สามารถจัดเป็นเอกสาร รายงานได้
- สามารถดึงความสัมพันธ์ที่สำคัญของผลลัพธ์ที่เป็นรากฐานของประเภทผลกระทบได้ซึ่งวิธีการให้น้ำหนักนี้ได้พัฒนาโดยสถาบันต่าง ๆ บนพื้นฐานที่ต่าง ๆ กัน เช่น การให้น้ำหนักทางโดยเน้นด้านการเงิน (Monetarization) โดยการใช้กฎ PPP (Polluter pay principle)

2.3 [NETS]: Numerical environment total standards

ดัชนีเพื่อช่วยในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตัวหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้ในโครงการวิจัยนี้คือ [NETS] ซึ่งได้มีการพัฒนาโดย Prof. Seizo Kato แห่งมหาวิทยาลัยมิเอะ ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้อธิบายผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตได้ เป็นค่าที่คำนวณได้ตามความรุนแรงของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ได้รับ หรืออาจแปลความหมายได้ว่า [NETS] เป็นหน่วยที่ใช้บอกหรือตีค่าของภาระสิ่งแวดล้อมให้ออกมาเป็นตัวเลขได้ แบ่งเป็นผลกระทบที่มีต่อทั้งโลก และผลกระทบที่มีเฉพาะชุมชน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่จัดว่ากระทบต่อโลกจะประกอบไปด้วย การลดลงของทรัพยากร (Resources depletion) ภาวะโลกร้อนขึ้น (Global warming) การลดลงของโอโซน (Ozone depletion) ปัญหาน้ำและอากาศเป็นพิษ (Water and air pollution) ส่วนผลกระทบต่อชุมชนประกอบด้วย ฝนกรด (Acid rain) และ ปัญหาขยะ (Waste problems) ขั้นตอนในการศึกษา [NETS] ดังแสดงในรูป 2.3



รูป 2.3 แผนผังแสดงแบบแผนในการทำมาตรฐานในการหาค่าภาระสิ่งแวดล้อม
ที่มา: Kato (1999)

จากรูป 2.3 อธิบายได้ว่า เริ่มจากการกำหนดค่าปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหน่วยของ [NETS] ในแผนผังกำหนดไว้ว่า 100 [NETS] คือค่าผลกระทบสูงสุดที่คนเราสามารถมีชีวิตอยู่ได้ จากนั้นจะมีการคำนวณ MEV (Maximum eco-load value) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของผลกระทบทาง

สิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท ในกรณีของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีต่อโลก $MEV_G = 5.8 \times 10^{11}$ [NETS] คำนวณมาจาก 100[NETS/คน] คูณกับ ประชากรโลกคือ 5.8 พันล้านคน (ปี 1998) เช่นเดียวกันกับในกรณีของผลกระทบต่อชุมชนค่าของ MEV_R จะเชื่อมโยงกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดกับประชากรบริเวณเขตนั้น ๆ เช่น ฝนกรด ค่า MEV_R จะสมมติให้เกิดเป็นบริเวณรัศมี 1000 กิโลเมตร ซึ่งคำนวณจำนวนประชากรได้เท่ากับ 1.7×10^8 [คน] จากจุดที่เกิดการปล่อยก๊าซ ดังนั้นค่า MEV_R จะเท่ากับ 1.7×10^8 [คน] x 100[NETS/คน] จะเท่ากับ 1.7×10^{10} [NETS] ดังตัวอย่างในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดให้เกิดได้สูงสุด MEV

Type	ประเภทของผลกระทบ	MEV _i [NETS]
ผลกระทบต่อโลก (Global issue)	การลดลงของทรัพยากร	$MEV_G^{RD} = 5.8 \times 10^{11}$
	ภาวะโลกร้อนขึ้น	$MEV_G^{GW} = 5.8 \times 10^{11}$
	การลดลงของโอโซน	$MEV_G^{OD} = 5.8 \times 10^{11}$
	ปัญหาน้ำและอากาศเสีย	$MEV_G^{WP} = 5.8 \times 10^{11}$
ผลกระทบต่อชุมชน (Local issue)	ฝนกรด	$MEV_R^{AR} = 1.7 \times 10^{10}$
	ขยะ	$MEV_R^{WP} = 1.3 \times 10^{10}$

ที่มา: Kato (1999)

หลังจากนั้นทำการหาปริมาณสูงสุดของภาระสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้น ๆ ในแต่ละประเภทของผลกระทบ P_i [ton, kWh, m³, ...etc.] ดังแสดงในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้น P_i

Type	ประเภทของผลกระทบ	MEV _i [NETS]
ผลกระทบต่อโลก	การลดลงของทรัพยากร	$P_G^{RD} =$ ปริมาณสำรอง
	ภาวะโลกร้อนขึ้น	$P_G^{GW} =$ ปริมาณก๊าซ greenhouse
	การลดลงของโอโซน	$P_G^{OD} =$ ปริมาณ freon gases
	ปัญหาน้ำและอากาศเสีย	$P_G^{WP}, P_G^{AP} =$ ข้อกำหนดของ WHO
ผลกระทบต่อชุมชน	ฝนกรด	$P_R^{AR} =$ ความเข้มข้นของ H ⁺ ในฝน
	ขยะ	$P_R^{WP} =$ ปริมาณของขยะ

ที่มา: Kato (1999)

จากนั้นนำมาคำนวณเงื่อนไขภาระสิ่งแวดล้อม (ELM: Environmental Load Module) โดยสมการ

$$ELM_i = MEV_i / P_i \text{ [NETS/ton, kWh, m}^3, \dots\text{etc.]} \quad (1)$$

สมการนี้จะแสดงถึงทรัพยากรที่เราใช้ หรือสารอันตรายที่ถูกปล่อยออกมาใน 1 หน่วย [Ton, kWh, m³, ...etc.] ในขั้นตอนสุดท้ายจะได้ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (EcL: Eco-Load Value) ตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตที่เกิดจากกิจกรรมจากอุตสาหกรรมใดอุตสาหกรรมหนึ่งซึ่งคำนวณได้ตามสมการที่ 2

$$EcL = \sum (ELM_i \times x_i) [NETS] \quad (2)$$

ซึ่ง x_i ก็คือ จำนวนของทรัพยากรที่เราใช้ หรือสารที่เราปลดปล่อยออกมาแต่ละชนิดของกิจกรรมในอุตสาหกรรม มีหน่วยเป็น [Ton, kWh, m³, ...etc.]

ในกรณีของโครงการวิจัยนี้ จะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สู่เอ็นพามิชย์ แล้วนำมาคำนวณในลักษณะดังกล่าวอาจอ้างถึงได้ขณะนี้ได้ในบางรายการ เนื่องจากข้อมูลในประเทศไทยยังไม่มีเก็บรวบรวมไว้ก่อน จึงอาศัยข้อมูลของต่างประเทศ คือ ประเทศญี่ปุ่นและ ประเทศออสเตรเลียเป็นพื้นฐานในการพิจารณา ค่าที่ได้ดังตาราง 2.3

ตาราง 2.3 แสดงค่า P_i และ ELM_i ของวัฏจักรชีวิต

ประเภท	สาร	P_i [ton]	ELM_i [NETS/ton]
การลดลงของเชื้อเพลิง	น้ำมันดิบ	1.41×10^{11}	4.11×10^0
	ก๊าซธรรมชาติ	1.01×10^{11}	5.72×10^0
	ถ่านหิน	1.02×10^{12}	5.68×10^{-1}
การลดลงของทรัพยากร	แร่เหล็ก	6.61×10^{10}	8.77×10^0
	แร่ทองแดง	6.30×10^8	9.21×10^2
	แร่สังกะสี	2.80×10^{10}	2.07×10^1
ภาวะโลกร้อนขึ้น	CO ₂	2.05×10^{12}	2.83×10^{-1}
	CH ₄	1.06×10^{11}	5.46×10^0
	N ₂ O	7.20×10^9	8.06×10^1
	CFC-11	9.95×10^7	5.83×10^3
การลดลงของโอโซน	CFC-11	7.22×10^7	8.03×10^3
	CFC-12	7.22×10^7	8.03×10^3
	HCFC-22	1.32×10^9	4.41×10^2
น้ำเสีย	Pb	7.22×10^8	8.03×10^2
	Cr	3.60×10^9	1.61×10^2
ฝนกรด	NO ₂	5.64×10^6	2.98×10^3
	NO	5.40×10^6	3.11×10^3
	SO ₂	3.93×10^6	4.27×10^3
ขยะ	ของเสียจากอุตสาหกรรม	2.08×10^8	6.06×10^1
	ของเสียทั่วไป	1.51×10^8	8.34×10^1

ที่มา: Kato (1999)

2.4 โปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิต SimaPro

โปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิต SimaPro ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องโดย บริษัท PRè Consultant B.V. ประเทศเนเธอร์แลนด์ ตั้งแต่ปี 1990 เพื่อให้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

โปรแกรม SimaPro มีส่วนประกอบ 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ข้อมูลบัญชีรายการ (Inventory database) และ ข้อมูลในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ส่วนประกอบทั้งสองนี้ได้มีการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ไว้มากมาย แต่ยังสามารถเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้โดยผู้ใช้โปรแกรม

การคำนวณในโปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิตทางสิ่งแวดล้อม SimaPro นั้น ได้นำหลักการคำนวณของ EDIP (Environmental Design of Industrial Products) มาใช้ ซึ่งการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม SimaPro มีวิธีการดังต่อไปนี้

2.4.1 Characterisation เป็นขั้นตอนในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมลภาวะที่ปล่อยออกมา กับ ผลกระทบที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ในกรณี ภาวะโลกร้อนขึ้น ก๊าซหรือสารต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะโลกร้อนขึ้นจะถูกทำให้อยู่ในรูปของ CO₂-equivalent ดังตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ค่า GWP ในเวลาต่าง ๆ กัน

ก๊าซต่าง ๆ	สูตรเคมี	GWP: Global warming potential(gCO ₂ /gก๊าซ)		
		20 ปี	100 ปี	500 ปี
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	62	25	8
CFC11	CFCl ₃	5,000	4,000	1,400
CFC12	CF ₂ Cl ₂	7,900	8,500	4,200
HFC134a	CH ₂ FCF ₃	3,300	1,300	420

ที่มา: Henrik (1997)

จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าศักยภาพของผลกระทบนั้น ๆ ด้วยสมการที่ 3

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij}) \quad (3)$$

ซึ่งค่า EP_j (Environmental impact potential) คือค่าทางศักยภาพของผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใด ๆ

Q_i (Quantity of substance) คือปริมาณสารมลภาวะ i ที่ถูกปล่อยออกมา

EF_{ij} (Equivalency factor) คือค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j

ยกตัวอย่าง เช่น ในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB120 นี้ใช้สารทำความเย็น R12 เป็นปริมาณ 430 กรัม หาค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ในที่นี้ค่า Q_{R12} เท่ากับ 430 กรัม ค่า EF_{GW} เท่ากับ 8,500 gCO₂/gR12 (จากตาราง 2.4)

ดังนั้น ค่า EP_{GW} = 430 x 8,500 = 3,655,000 gCO₂ equivalent

หมายความว่า การใช้สารทำความเย็น R12 ของตู้เย็นพาณิชย์ CRB120 นี้สามารถทำให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้นเทียบเท่ากับ การทำให้โลกร้อนขึ้นจากการปล่อยก๊าซ CO₂ เป็นปริมาณเท่ากับ 3,655,000 กรัม

2.4.2 Normalization คือขั้นตอนในการหาความสำคัญของศักยภาพของแต่ละผลกระทบที่มีความสัมพันธ์ต่อผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของสังคมในภาพรวม ขั้นตอนนี้จะทำการเทียบหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่ออายุการใช้งาน และสัดส่วนของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ต่อคนต่อปี มีการคำนวณดังสมการที่ 4

$$NP_{j(\text{Product})} = EP_j / (T \times ER_j) \quad (4)$$

ซึ่งค่า $NP_{j(\text{Product})}$ (Normalized environmental impact potential) คือค่าปกติของศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ ของผลิตภัณฑ์

T (Lifetime of product) คืออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (ปี)

ER_j (Normalization Reference) คือค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบที่ j ใด ๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg substance equivalent/person/year)

วิธี EDIP นี้จะอ้างอิงข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมจากปี 1990 ดังนั้นค่า ER_{j90} หาได้จากอัตราส่วนของค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อจำนวนประชากรในปี 1990 ได้การคำนวณดังสมการที่ 5

$$ER_{j90} = EP_{j90} / POP_{90} \quad (5)$$

ตาราง 2.5 ค่า ER_{j90} ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	หน่วย	ต่อคน
ภาวะโลกร้อน	kgCO ₂ -eq/year	8,700
การลดลงของโอโซน	kgCFC11-eq/year	0.20
ภาวะกรดในบรรยากาศ	kgSO ₂ -eq/year	82

ที่มา: Henrik (1997)

ยกตัวอย่าง เช่น ในการผลิตตู้เย็นพานิช CRB120 นี้ใช้สารทำความเย็น R12 มีอายุการใช้งานของตู้เย็นพานิชที่กำหนดไว้เท่ากับ 10 ปี และมีค่า EP_{GW} เท่ากับ 3,655,000 gCO₂ equivalent

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นจะมีค่า } NP_{GW} &= 3,655,000 \text{ gCO}_2\text{-eq} / (10 \text{ years} \times 8,700 \text{ kgCO}_2\text{-eq/person/year}) \\ &= 0.042 \text{ หรือเท่ากับ } 42 \text{ milliperson-equivalent (mPE)} \end{aligned}$$

หมายความว่า ในปีอ้างอิง 1990 ตู้เย็นพานิช CRB120 ที่ใช้ R12 เป็นสารทำความเย็น สามารถทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในเรื่องของภาวะโลกร้อนขึ้น คิดเป็น 4.2 % ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในเรื่องภาวะโลกร้อนขึ้นที่เกิดขึ้นของโลกต่อคน 1 คน

2.4.3 Weighting ขั้นตอนนี้สำหรับการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดที่จะมีค่าแตกต่างกันออกไป อัตราการส่วนของความสำคัญ WF (Weighting factor) จะขึ้นอยู่กับผู้ประเมิน เช่น มีการนำเอานโยบายสิ่งแวดล้อมโลกในการลดมลภาวะแต่ละชนิด มาเป็นค่า WF หรือนำเอากฎหมายสิ่งแวดล้อมของแต่ละประเทศในการอนุญาตให้ปล่อยมลภาวะแต่ละชนิดมาตั้งเป็นค่า WF ก็ได้ แต่ในโปรแกรมการประเมินวัฏจักรชีวิต SimaPro ได้ใช้ข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมของทวีปยุโรป ที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตของคน 1 คนในหนึ่งพันคนต่อปี ซึ่งสมการการคำนวณได้จกสมการที่ 6 และ 7

$$WP_j = WF_j \times NP_j \quad (6)$$

$$\begin{aligned} &= WF_j \times EP_{j(\text{Product})} / ER_{j90} \\ &= (ER_{j90} / ER_{j2000}) \times (EP_{j(\text{Product})} / ER_{j90}) \\ &= EP_{j(\text{Product})} / ER_{j2000} \end{aligned} \quad (7)$$

ซึ่งค่า WP_j (Weighted environmental impact potential) คือค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ หลังการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว มีหน่วยคือ milliperson-eq for target year (mPE_T)

WF_j (Weighting factor) คือค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้ ซึ่ง WF_j ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมใด ๆ สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบที่ j ใด ๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (ER_{j90}) กับเป้าหมายของสังคมที่จะกำหนดให้ก่อมลพิษได้ในปี 2000 (ER_{j2000}) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของนโยบายทางสิ่งแวดล้อมของพื้นที่นั้น ๆ สามารถเขียนเป็นสมการคำนวณได้ดังสมการที่ 8

$$WF_j = ER_{j90} / ER_{j2000} \quad (8)$$

WF_j จะแสดงปริมาณค่า ER_{j2000} ที่จะต้องถูกกำหนดให้ลดลงในปี 2000 ซึ่งเป็นไปตามนโยบายทางสิ่งแวดล้อมในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในแต่ละประเภท โดยที่ ถ้าการตั้งเป้าหมายของการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมลงมากเท่าไรแสดงว่าค่า WF_j จะมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งค่า ER_{j2000} คำนวณได้จากสมการที่ 9

$$ER_{j2000} = EP_{j2000} / POP_{90} \quad (9)$$

ค่า EP_{j2000} เป็นค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ ในปี 2000 ซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ 10

$$EP_{j2000} = \sum \{EP_{j90} \times [1 - PRT_i \times 10 / (TY_i - RY_j)]\} \quad (10)$$

ซึ่งค่า PRT_i (Political reduction target) คือ เป้าหมายการลดลง (%) ของสาร i ระหว่างปีที่เป็ปีอ้างอิงกับปีที่เป็เป้าหมาย

TY_i คือ ปีเป้าหมายตามนโยบายการลดลงของสาร i

RY_i คือ ปีอ้างอิง

ยกตัวอย่าง เช่น ในการผลิตตู้เย็นพาณิชย์นี้ใช้สารทำความเย็น R12 มีค่า NP_{GW} เท่ากับ 0.042 และตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมตั้งเป้าหมายในปี ค.ศ. 2000 ต้องมีการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ลงเท่ากับ 2.5

ดังนั้นค่า $WP_{GW} = 2.5 \times 0.042 = 1.05 \text{ mPE}_{T2000}$ (milliperson-eq for the target year 2000)

หมายความว่า หลังจากมีนโยบายในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในเรื่องของภาวะโลกร้อนขึ้น ในปี 2000 ให้มีการลดลงเป็นสัดส่วนเท่ากับ 2.5 ดังนั้นตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB120 ที่ใช้สารทำความเย็น R12 นี้จะทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนขึ้น 10.5 % ของผลกระทบในเรื่องภาวะโลกร้อนขึ้นที่เกิดต่อคน เทียบตลอดอายุการใช้งานของตู้เย็นพาณิชย์นี้

2.5 การแปลผลวัฏจักรชีวิต (Life cycle interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลของ LCA หมายถึง การนำผลจากการทำการบัญชีข้อมูล และการประเมินผลกระทบมารวมกันเข้าเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะตามเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษาที่ระบุไว้ การแปลผล อาจเป็นการทำซ้ำไปซ้ำมาเพื่อพิจารณาพบทวนจากข้อมูล และอาจต้องเปลี่ยนแปลงขอบเขตการศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมมาได้ตามเป้าหมายที่กำหนด การแปลผลของการศึกษาจะคำนึงถึงความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ด้วย

การแปลความหมายนี้เป็นขั้นตอนหรือกระบวนการที่ 4 ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของ การทำ LCA ซึ่งเกี่ยวข้องกับประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้

- การกำหนดประเด็นสำคัญต่างๆ เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม
- การประเมินค่า
- การสรุปและการให้ความเห็น

เกี่ยวกับ การแปลความหมายนี้ ในมาตรฐาน ISO14000 ได้นิยามไว้ 2 ลักษณะความหมายดังนี้

1. Interpretation คือ การทำงานที่เป็นระบบในการ กำหนด คัดเลือก ตรวจสอบ และการประเมินค่าข้อมูลจากการสรุปของขั้นตอนการทำบัญชีรายการ และทำการรายงานตามความมุ่งหมายของงาน

2. Interpretation คือ กระบวนการออกแบบการสื่อสารที่ให้เครดิตและผลลัพธ์ของขั้นตอนต่าง ๆ ใน LCA ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการตัดสินใจ

การแปลความหมาย นี้ทำงานสัมพันธ์กับอีก 3 ขั้นตอนข้างต้น โดยอธิบายได้เป็นขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม
2. ประเมินค่าอย่างสมบูรณ์ สะเอียดและเที่ยงตรง
3. ตรวจสอบว่าข้อสรุปที่ได้ตรงกับจุดประสงค์ รวมไปถึงสมมติฐานอื่นๆ หรือยัง
4. ถ้าสมบูรณ์แล้ว ก็สามารถรายงานข้อสรุปได้ มิเช่นนั้นต้องกลับไปเริ่มที่ ข้อ 1.

การกำหนดประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม (Identification of significant environment issues)

ขั้นแรกจำเป็นที่จะต้องเลือกเงื่อนไขอย่างระมัดระวังและมีเหตุผลสนับสนุนที่ดี

- จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือ การจัดโครงสร้างของข้อมูลจากการวิเคราะห์บัญชีรายการ และการประเมินผลกระทบให้สอดคล้องกับการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

- ประเด็นสิ่งแวดล้อมจะเป็นสิ่งเข้า และสิ่งออก ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์บัญชีรายการ และเครื่องวัดต่าง ๆ จะเป็นผลลัพธ์ของการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

- ประเด็นสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญ จะถูกพบเพื่อแสดงให้เห็นเป็นผลลัพธ์ที่สำคัญ โดยจะต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายตั้งแต่แรกด้วย

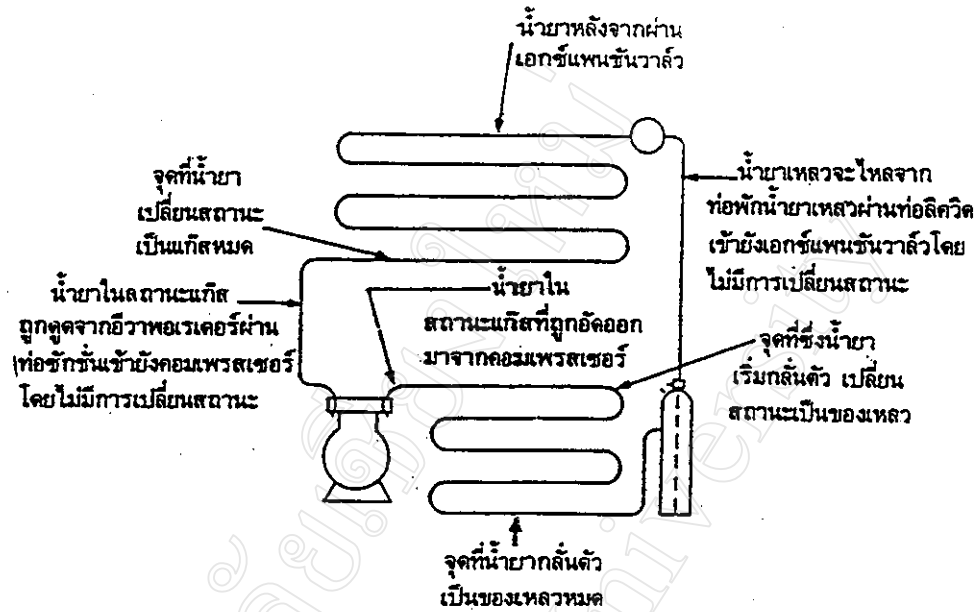
โดยขั้นตอนการกำหนดประเด็นทางสิ่งแวดล้อมนี้จะรวมถึงการจัดโครงสร้างและรายงานความสัมพันธ์ของข้อมูล ต่าง ๆ เช่น ผลลัพธ์จากขั้นตอนต่างๆ แสดงข้อมูลจากการวิเคราะห์บัญชีรายการ ในรูปแบบของตาราง รูปภาพ และผลของการประเมินผลกระทบ

- ทางเลือกต่างๆ ตามวิธีประเมินวัฏจักรชีวิต
- การประเมินค่าวิธีที่ใช้
- ระเบียบและการตอบสนองที่สำคัญจากส่วนอื่นๆ

2.6 ตู้เย็นพาณิชย์

ตู้เย็นพาณิชย์ หมายถึงตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านหรือตู้แช่อาหารสด อาหารทะเล ตามร้านค้า และภัตตาคาร ตลอดจนตู้แช่ขนม น้ำอัดลม หรือไอศกรีมที่วางจำหน่ายตามหน้าร้านต่าง ๆ และจัดเป็นอุปกรณ์ที่มีวิธีใช้และเลือกซื้อเพื่อการประหยัดพลังงาน และรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมได้

ตู้เย็นพาณิชย์จะมีถังเก็บสารทำความเย็นหรือน้ำยาทำความเย็นซึ่งจะอยู่ตอนล่างของตัวตู้ เมื่อเสียบปลั๊กไฟฟ้าให้กับตัวตู้เย็น คอมเพรสเซอร์จะทำงานโดยการอัด และเกิดแรงดันสูงในถังเก็บน้ำยา ทำให้น้ำยาเดือดและกลายเป็นไอ และในระหว่างนี้จะดูดความร้อนที่อยู่ภายในตู้เย็นเพื่อทำให้ตัวตู้เย็นเปลี่ยนสถานะเป็นไอสารทำความเย็นด้วย ทำให้อากาศภายในตู้เย็นมีความเย็น แล้วไอนี้จะถูกควบแน่นกลับมาเป็นน้ำยาทำความเย็นในสถานะของเหลวอีก โดยถ่ายเทความร้อนออกมาภายนอกตู้เย็นที่บริเวณหลังตู้เย็น หรือใต้ตู้เย็น โดยทั่วไปจะมีวงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ ซึ่งแสดงดังรูป 2.4



รูป 2.4 วงจรระบบทำความเย็น
ที่มา: เชมราษ (2537)

ส่วนประกอบโดยทั่วไป ของตู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

2.6.1 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ (Motor compressor) ทำหน้าที่ในการอัด และดูดน้ำยาทำความเย็นที่มีสถานะเป็นแก๊ส ให้หมุนเวียนในระบบของตู้เย็น จะติดตั้งอยู่ด้านล่างของตู้เย็น และเมื่อภายในตู้เย็นมีความเย็นถึงระดับที่ตั้งไว้ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะหยุดทำงานชั่วคราว ทำให้ประหยัไฟฟ้า จนอุณหภูมิในตู้เย็นเริ่มสูงขึ้น มอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะเริ่มทำงานใหม่

2.6.2 แผงเย็น (Evaporator) เป็นส่วนกระจายความเย็นให้แก่ตู้เย็น จะอยู่ภายในตู้เย็น ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณ หรือเนื้อที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส จะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาทำความเย็นภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบแผงเย็นลดลง

2.6.3 แผงร้อน (Condenser) เป็นตัวระบายความร้อนให้แก่น้ำยาทำความเย็นของระบบ จะอยู่ด้านหลังของตู้เย็นหรือใต้ตู้เย็น ทำหน้าที่ให้น้ำยาทำความเย็นในสถานะที่เป็นแก๊ส กลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยากลั่นนั้น กล่าวคือ น้ำยาในสถานะแก๊ส อุณหภูมิสูง ความดันสูง ซึ่งถูกอัดออกมาจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อถูกระบายความร้อนแผ่ออกมา จะกลั่นตัวเป็นของเหลว แต่ยังมีอุณหภูมิ และความดันสูงอยู่

2.6.4 ตัวตู้เย็น ทำด้วยเหล็ก และอัดฉนวนโฟมอยู่ระหว่างกลาง เพื่อเป็นฉนวนกั้นความร้อนจากภายนอก

2.6.5 เอ็กซ์เพนชันวาล์ว ทำหน้าที่ควบคุมการไหล ของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้าไปยังแผงเย็น ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ในแผงเย็น

2.6.6 อุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีอยู่ในตู้เย็น เช่น เทอร์โมสแตท สวิตช์ ไฮเวอร์โวลต์ หลอดไฟ พัดลมกระจาย

ความเย็น เป็นต้น
5850787

2.7 สารทำความเย็น

น้ำยาทำความเย็น วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ได้บัญญัติคำศัพท์ทางวิชาการเรียกว่า "สารทำความเย็น" ซึ่งหมายถึง สารที่ทำให้เกิดความเย็นโดยการดูดความร้อนเมื่อขยายตัว หรือเปลี่ยนสภาพจากของเหลวกลายเป็นไอ สารนี้ในสภาพเป็นไอ ถ้าได้ระบายความร้อนออก จะคืนสภาพเป็นของเหลวอีก

สถานะภาพและการใช้สารทำความเย็นในปัจจุบัน

2.6.1 เครื่องปรับอากาศชนิดคอมเพรสเซอร์แบบเซนตริฟูกัล (Centrifugal compressor air-conditioner) จะใช้สารทำความเย็น CFC-12 และ CFC-500 ซึ่งมีค่า Ozone depletion potential (ODP) เท่ากับ 1.0 และ 0.7 ตามลำดับ

2.6.2 เครื่องปรับอากาศชนิดคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating compressor air-conditioner) และชนิดสกรูคอมเพรสเซอร์ (Screw compressor) จะใช้ CFC-22 เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีค่า ODP เท่ากับ 0.05

2.6.3 ห้องเย็นและตู้เย็น ส่วนใหญ่ที่ใช้กันมีทั้ง CFC-12 CFC-22 และแอมโมเนีย ซึ่งก็จะมีปัญหาเดียวกันคือ ODP แอมโมเนีย แต่แอมโมเนียเป็นสารพิษและติดไฟได้

ในการประชุมนานาชาติ 2 แห่ง ได้แก่ ข้อสัญญามอนทรีออล (Montreal protocol) และ การประชุมสัมมนาที่เฮลซิงกิ (The Helsinki conference) ได้มีการพิจารณาถึงพิษภัยร้ายแรงของ CFCs จึงได้มีการเรียกร้องให้มีการลดและยกเลิกการใช้สาร CFCs

การวิจัยและพัฒนาของผู้ผลิตสารทำความเย็น ได้พัฒนาสารทำความเย็นออกมาทดแทนได้แก่ HFC-134a มาทดแทน CFC-12 ซึ่งมีค่า ODP เท่ากับ 0 (ศูนย์) แต่ในการเปลี่ยนสารนี้เองพบว่า สารนี้ไม่เหมาะสมกับน้ำมันหล่อลื่น ต้องใช้สารหล่อลื่นชนิดใหม่ และต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์บางตัวเช่น ซีล (Seal) ต่าง ๆ เป็นต้น

ตาราง 2.6 แสดงถึงการเปรียบเทียบ Ozone Depletion Potentials ของสาร CFCs และสารทดแทนใหม่

CFCs		HCFCs		HFCs	
R11	1.0	R22	0.5	R134a	0.0
R12	1.0	R123	0.02	R152a	0.0
R113	0.8				
R114	1.0				
R115	0.6				

ที่มา: Henrik (1998)

จากตาราง 2.6 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการทำลายโอโซนของสารทำความเย็นชนิดต่าง ๆ กัน สารทำความเย็นประเภท CFCs เช่น R12 จะมีศักยภาพในการทำลายโอโซน 100 % หรือเทียบเป็นดัชนี ODP เท่ากับ 1 ในขณะที่สารทำความเย็นประเภท HFCs เช่น R134a ไม่ทำลายชั้นโอโซนเลย คือ มีศักยภาพในการทำลาย ODP เป็น 0

2.8 ประสิทธิภาพด้านพลังงาน (EER: Energy Efficiency Ratio)

EER คือค่าอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการให้ความเย็นของระบบทำความเย็นรวมทั้งตู้เย็น มีหน่วยเป็น Btu/h ต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ของระบบทำความเย็น มีหน่วยเป็น Watt สามารถคำนวณโดยใช้สมการคำนวณดังสมการที่ 11

$$EER = Q \text{ (Btu/h)} / W \text{ (Watt)} \quad (11)$$

ในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศหรือตู้เย็นควรเลือกให้มีค่า EER สูง จะทำให้ได้ความเย็นเท่ากัน แต่เสียเงินจ่ายค่าไฟฟ้าน้อยกว่า หรือในทางกลับกัน หากจ่ายค่าไฟฟ้าเท่ากัน จะทำให้ได้รับความเย็นสูงกว่าจากเครื่องที่มีค่า EER สูง

2.9 การประมาณค่าก๊าซ SO_x และ NO_x ที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้า

ก๊าซ SO_x และ NO_x เป็นก๊าซอันตรายที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทางสิ่งแวดล้อม ทั้งต่อคน พืช สัตว์ และอาคารบ้านเรือน ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ่านหิน จากรายงานการวิจัยของ S. Chirattananon and B. Limmeechokchai (1993) ได้มีการประมาณค่าการปล่อยของก๊าซ SO_x และ ก๊าซ NO_x จากโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยถ่านหินลิกไนต์ไว้ดังนี้

$$\text{ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์: SO}_2 = SEF \times L \times (1 - FS) / 1000 \quad (12)$$

$$\text{ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์: NO}_x = NEF \times L \times (1 - FN) / 1000 \quad (13)$$

ซึ่ง SEF คือ ค่า Emission factor (kg/ton) ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งสามารถหาได้จาก 15 x S โดยที่ S ถูกกำหนดให้มีค่า 2.34 สำหรับถ่านหินลิกไนต์

ค่า L คือ ปริมาณถ่านหินลิกไนต์ที่ใช้ (ตัน)

ค่า FS คือ สัดส่วนการควบคุมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ค่า NEF คือ ค่า Emission factor (kg/ton) ของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ โดยที่ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 7 สำหรับถ่านหินลิกไนต์

ค่า FN คือ ค่า สัดส่วนการควบคุมของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์