

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต

Life Cycle Assessments of Quartz Crystal Unit Product

วรพันธ์ กันธิยะ(Woraphan Kantiya)¹ นัฐพร ไชยญาติ(Nattaporn Chaiyat)^{1*}
จุฑาภรณ์ ชนะถาวร(Juthaporn Chanataworn)¹, สุรัตน์ เศษโพธิ์(Surat Sedpho)²
ววรรษมล เลิศจตุรานนท์(Wassamon Lertjaturanon)¹

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้
²วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา
*Email: benz178tii@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ที่ผลิตจากบริษัท เคียวเซระ คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยกำหนดขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบ เครเดิล ทู เกท จากข้อมูลการผลิตของบริษัทปี พ.ศ. 2560 และทำการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม 5 ด้าน ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ 30 y ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ที่ปริมาณ 1.31E+09 kg 1,4 DB-eq รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อน 5.70E+08 kg CO₂-eq และเป็นผลกระทบจาก ภาวะฝนกรด 3.33E+07 kg SO₂-eq พิษต่อระบบนิเวศน้ำบก 1.36E+05 kg 1,4 DB-eq และการลดลงของชั้นโอโซน 7.01E+04 kg CFC-11-eq ตามลำดับ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน พบว่า สาเหตุหลักเกิดจากวัสดุก่อสร้างอาคารโรงงาน อันประกอบไปด้วย เหล็ก 40,381,125 kg และ ฟอสฟอรัส 56,107,200 kg ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ภาวะโลกร้อน ภาวะฝนกรด

Abstract

This research is the study of the life cycle assessments of the Quartz Crystal Unit product, which is produced from Kyocera Crystal Device (Thailand) Company Limited by setting the scope of the life cycle assessment in terms of cradle to gate from the 2017 operation data of company under the 5 environmental impacts and the life time at 30 y. From the study results, it could be seen that the most emission of the environmental impact is a human toxicity at 1.31E+09 kg 1,4 DB-eq. The

second of the environmental impact is a climate change human health of $5.70E+08$ kg CO₂-eq, after that the impacts occur from a terrestrial acidification of $3.33E+07$ kg SO₂-eq, a terrestrial eco toxicity at 1.36 kg 1,4 DB-eq and an ozone depletion as $7.19E+04$ kg CFC-11-eq, respectively. From the analysis results, it could be found that the main effect comes from construction materials of factory, which consists of steel at 40,381,125 kg and concrete as 56,107,200 kg, respectively.

Keyword: Life cycle assessments, Quartz Crystal Unit, Human toxicity, Climate change human health, Terrestrial acidification

1. บทนำ

ปัจจุบันเรื่องขยะมูลฝอยถือเป็นปัญหาหลักที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และเป็นปัญหา ระดับชาติซึ่งประเทศไทยกำลังประสบกับปัญหาขยะล้นเมือง จากข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของ กรมควบคุมมลพิษที่ผ่านมา แนวโน้มของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศมีอัตราเพิ่มขึ้น ในทุกปี ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นในประเทศไทยอยู่ที่ 27.06 Million Ton ซึ่งคิดเป็นอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 1.14 kg/person·day สำหรับปัญหาขยะมูลฝอยในเขตนิคม อุตสาหกรรมทั่วประเทศ มีอัตราเพิ่มขึ้นเช่นกันดังนั้นเพื่อลดปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ภาวะโลกร้อน (Global Warming) การลดลงของชั้นโอโซน (Ozone Level Depletion) ภาวะฝนกรด (Acidification) ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicology) พิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial Eco toxicity) และ เอ็กเซอร์จีติก (Exergetic Life Cycle Assessment) ดังนั้น งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และประเภทผลกระทบด้าน สิ่งแวดล้อมในเขตโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดย พิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและ พลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เลิศชัย (2553) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของขวดแก้วบรรจุน้ำดื่ม ขนาด 500 ml พบว่าผลกระทบหลัก คือ ความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์มาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ในการผลิตขวดแก้ว 98.71% เนตรชนากานต์ และเศรษฐ์ (2560) ได้ศึกษาการประเมินการปล่อยกา ซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า จากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ขนาด 1 kWh พบว่า สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.93 kg CO₂-eq เจนจิรา พัทธวรารณ และ โชติมา (2557) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา พบว่า กระบวนการผลิตไส้กรอกปลารมควันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 0.57 kg CO₂-eq/250 g

ของผลิตภัณฑ์ สุรรัตน์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเอ็กเซอร์จิก โดยการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนร่วมกับวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่จังหวัดแมฮ่องสอน พบว่าสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะนำไปฝังกลบลงได้ และลดการบริโภคทรัพยากรได้ถึง 79%

จากงานวิจัยที่กล่าวมาเบื้องต้น พบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษากการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ซึ่งเป็นที่มาของวิจัยนี้ ที่ต้องการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ภายใต้ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ด้าน อันประกอบไปด้วย ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ภาวะโลกร้อน ภาวะฝนกรด พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก และการลดลงของชั้นโอโซน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment, LCA) มีผู้ให้นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิตไว้มากมาย ยกตัวอย่างดังนี้ “เป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศ สุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก” ซึ่งถูกนิยามโดย สมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อม และสารเคมี (Society of Environment Toxicology and Chemical, SETAC) “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต” ซึ่งถูกนิยามไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 โดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization, ISO) การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีความซับซ้อนกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เนื่องจากการศึกษากการประเมินวัฏจักรชีวิตไม่ได้มองเฉพาะการปล่อยสารพิษออกมาเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมของโลก เช่น การเกิดภาวะเรือนกระจกที่ส่งผลให้โลกร้อนขึ้น โดยการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจะเน้นผลเชิงปริมาณของผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และใช้ข้อมูลผลกระทบนั้นมาพิจารณาเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของภาคอุตสาหกรรม และแนวทางการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของภาครัฐและภาคเอกชน รวมถึงใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. การบ่งชี้และระบุปริมาณของภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตของ ผลิตภัณฑ์ในทุกกิจกรรม (Environmental Loads)

2. การประเมินและหาค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Environmental Impacts) ในกระบวนการผลิต โดยลักษณะการเกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งได้ 3 ส่วน อันประกอบไปด้วย วัสดุในการก่อสร้างอาคาร วัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในการผลิตต่าง ๆ และการรื้อถอนนำกลับมาใช้ใหม่

3. การประเมินหาโอกาสในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม

ซึ่งวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ISO 14040-14043 ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็น 4 ขั้นตอนหลักดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการแปลผลวิเคราะห์ตามขั้นตอนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามหน่วยการทำงาน (Functional Unit, FU) ซึ่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้งาน และการกำจัดซากหลังการใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแสดงในสมการดังต่อไปนี้

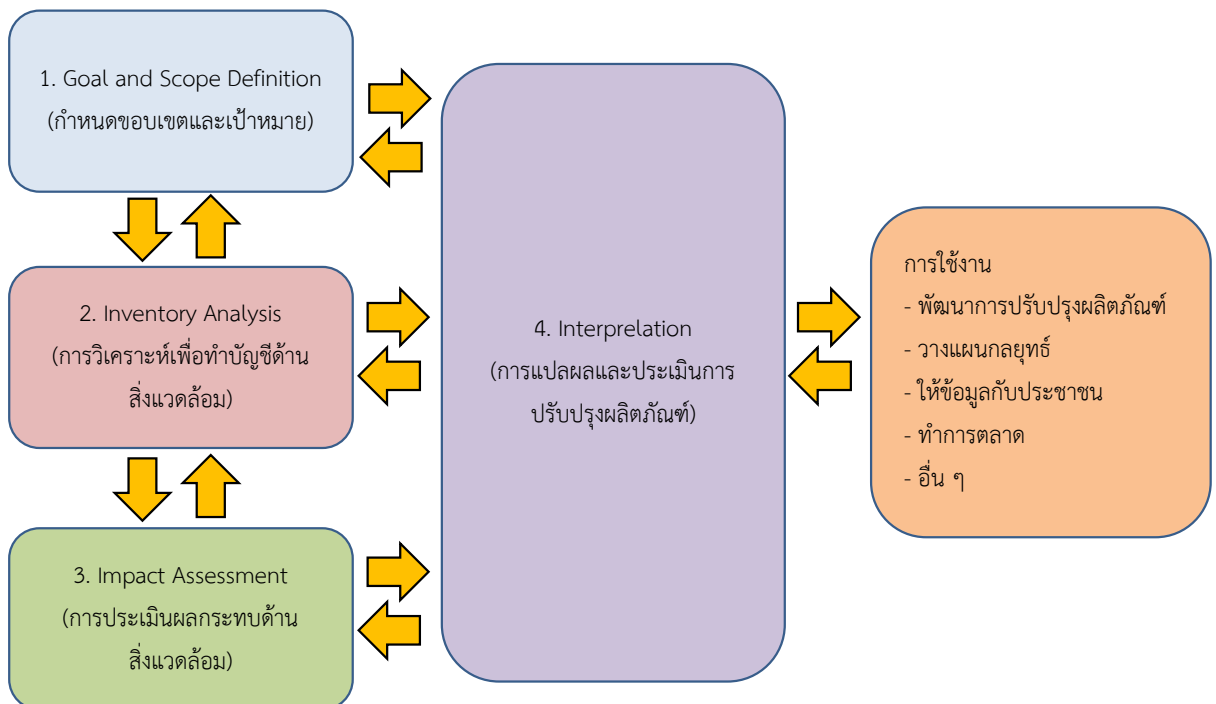
$$IC = \sum_i (A_i \times EF_i) \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ IC หมวดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Impact Category)

A_i กิจกรรมต่าง ๆ (Unit)

EF_i ค่าแฟคเตอร์ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (kg 1,4 DB-eq/Unit, kg CO₂-eq/Unit, kg SO₂-eq/Unit, kg 1,4 DB-eq/Unit, kg

CFC-11-eq/Unit)



ภาพที่ 1 การดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน 14040

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตของการศึกษา คือ ทำการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์แบบ เครเดิล ทู เกท (Cradle to Gate) โดยพิจารณาตั้งแต่การรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ วัสดุอุปกรณ์ จนถึงการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ และการกำจัดซากทั้งนี้ไม่พิจารณาในส่วนการส่งออก

3.2 กำหนดเป้าหมาย คือ ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตตลอดทั้งผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต และหน่วยการทำงาน คือ ผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต จำนวน 1 Piece ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต

3.3 จัดทำบัญชีรายการและเก็บข้อมูลของบริษัท เพื่อทำการประเมินผลกระทบต่าง ๆ ทั้ง 5 ด้าน คือ 1 ภาวะโลกร้อน kg CO₂-eq 2 การลดลงของชั้นโอโซน kg CFC-11-eq 3 ภาวะฝนกรด kg SO₂-eq 4 ความเป็นพิษต่อมนุษย์ kg 1,4 DB-eq และ 5 พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก kg 1,4 DB-eq โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 8.5.0 โดยวิธี ReCiPi Midpoint (H) หรือการวิเคราะห์ผลกระทบชั้นกลางแบบลำดับขั้น เพื่อหาปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน

3.4 ทำการแปรผลและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต จำนวน 1 Piece ว่าเกิดผลกระทบทั้ง 5 ด้าน ๆ ใดเกิดผลกระทบมากที่สุดเพื่อนำไปปรับปรุงและพิจารณาการแก้ไขปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 จัดทำบัญชีรายการข้อมูลด้านวัสดุอุปกรณ์การก่อสร้างอาคารโรงงานของบริษัท โดยอาคารโรงงานมีอยู่ด้วยกัน 5 เฟส ซึ่งเฟสที่ 1-3 เป็นอาคารสำนักงาน กระบวนการผลิตรวมอยู่ใน

อาคารโรงงานเดียวกันมีขนาด 13,971 m² ส่วนเฟสที่ 4 เป็นโรงอาหาร สถานที่พักผ่อน และเฟสที่ 5 เป็นคลังสินค้าและการส่งออกมีขนาดพื้นที่รวมกัน 9,407 m² เป็นอาคารปูน โครงสร้างเหล็ก และหลังคาเป็นแผ่นเมทัลชีท โดยมีรายละเอียดของโรงงานแต่ละเฟสแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อาคารโรงงานบริษัท เคียวเซร่า คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

ชื่ออาคาร โรงงาน	รายละเอียดของพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (m ²)
เฟสที่ 1	สำนักงานและกระบวนการผลิต	6,985
เฟสที่ 2	กระบวนการผลิตลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	2,235
เฟสที่ 3	กระบวนการผลิตเอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	402
เฟสที่ 4	โรงอาหารและสถานที่พักผ่อน	2,351
เฟสที่ 5	คลังเก็บสินค้าและการส่งออก	7,055

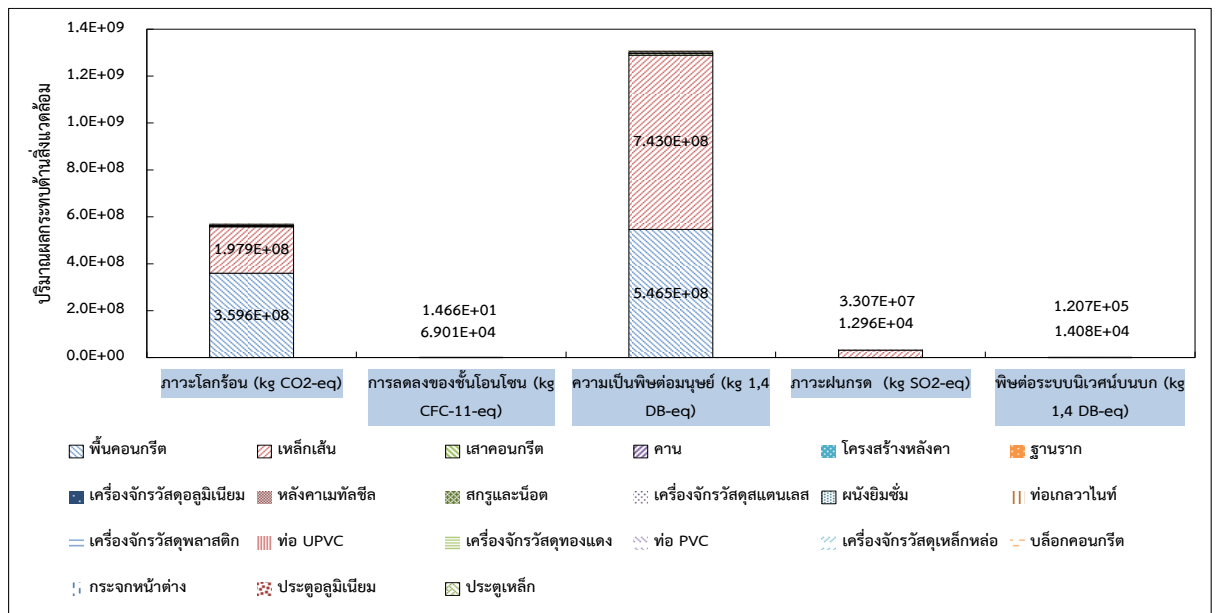
4.2 จัดทำบัญชีรายการข้อมูลผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากผลการสำรวจข้อมูลบริษัทได้ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 2 ผลิตภัณฑ์ได้แก่ อันดับที่ 1 เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต (SMD Quartz Crystal Unit) คิดเป็น 86% และอันดับที่ 2 ลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต (Lead Quartz Crystal Unit) คิดเป็น 14% ดังนั้นจึงเป็นที่มาและเหตุผลหลักที่ผู้ดำเนินงานวิจัยเลือกใช้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ในการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยในครั้งนี้อย่างละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิตปี พ.ศ. 2560

เดือนที่ ผลิต	จำนวน (Million Piece)	
	ลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยู นิต
มกราคม	1.40	3.80
กุมภาพันธ์	0.81	4.30
มีนาคม	0.33	3.70
เมษายน	0.81	2.80
พฤษภาคม	0.84	3.60

มิถุนายน	0.84	3.30
กรกฎาคม	0.72	5.80
สิงหาคม	0.92	8.50
กันยายน	0.889	7.300
ตุลาคม	0.710	7.600
พฤศจิกายน	0.927	7.300
ธันวาคม	0.912	4.900

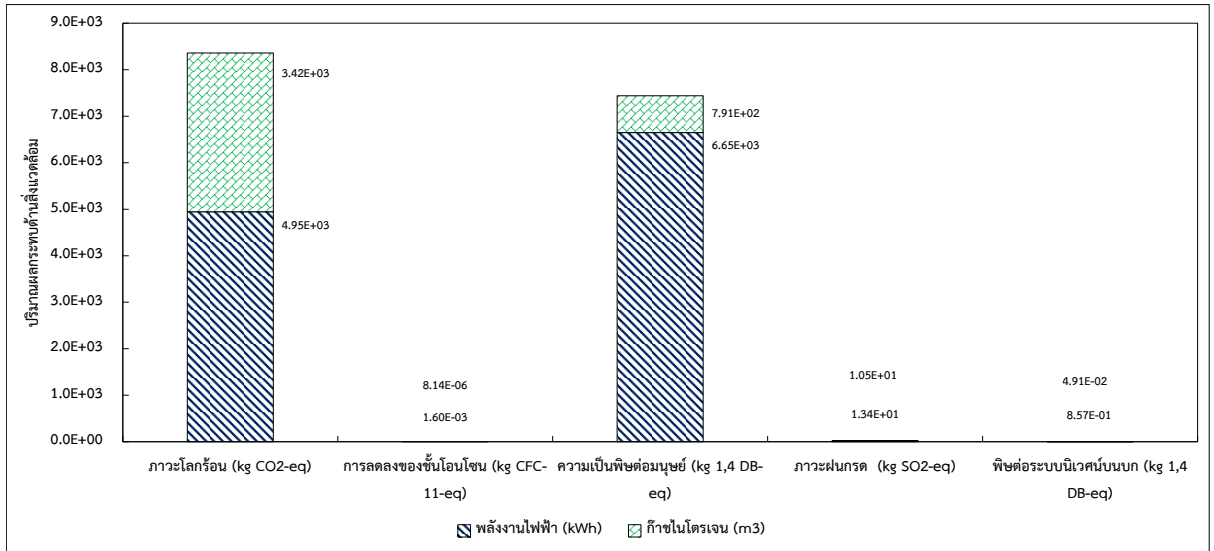
4.3 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของโครงสร้างอาคารโรงงาน โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 8.5.0 หาปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน ซึ่งผลกระทบที่ปลดปล่อยมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ $1.31E+09$ kg 1,4 DB-eq มาจากโครงสร้างเหล็ก $7.43E+08$ คิดเป็น 56.73% และพื้นคอนกรีต $5.46E+08$ คิดเป็น 41.72% รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อน $5.70E+07$ kg CO₂-eq มาจากพื้นคอนกรีต $3.59E+08$ คิดเป็น 63.05% และโครงสร้างเหล็ก $1.97E+08$ คิดเป็น 34.96% รายละเอียดแสดงในภาพที่ 3



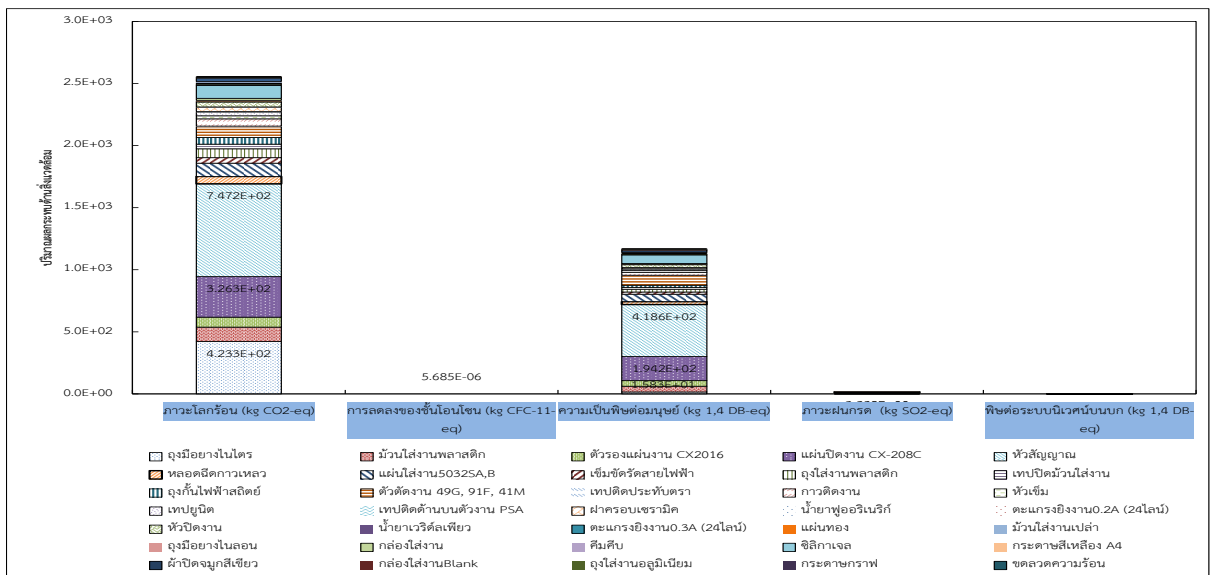
ภาพที่ 3 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนโครงสร้างอาคารโรงงานทั้ง 5 ด้าน

4.4 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อน $1.09E+04$ kg CO₂-eq มาจากพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับกระบวนการผลิต $4.95E+03$ kg CO₂-eq คิดเป็น 45.32% ก๊าซไนโตรเจน $3.42E+03$ kg

CO₂-eq คิดเป็น 31.29% ฤงมือยางไนไตร 4.23E+02 คิดเป็น 3.87% รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ 8.61E+03 kg 1,4 DB-eq มาจากพลังงานไฟฟ้าและก๊าซไนโตรเจนคิดเป็น 77.2% และ 9.19% ตามลำดับ โดยผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอโซนเกิดน้อยที่สุด 1.78E-04 kg CFC-11-eq ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาพที่ 4 และ 5



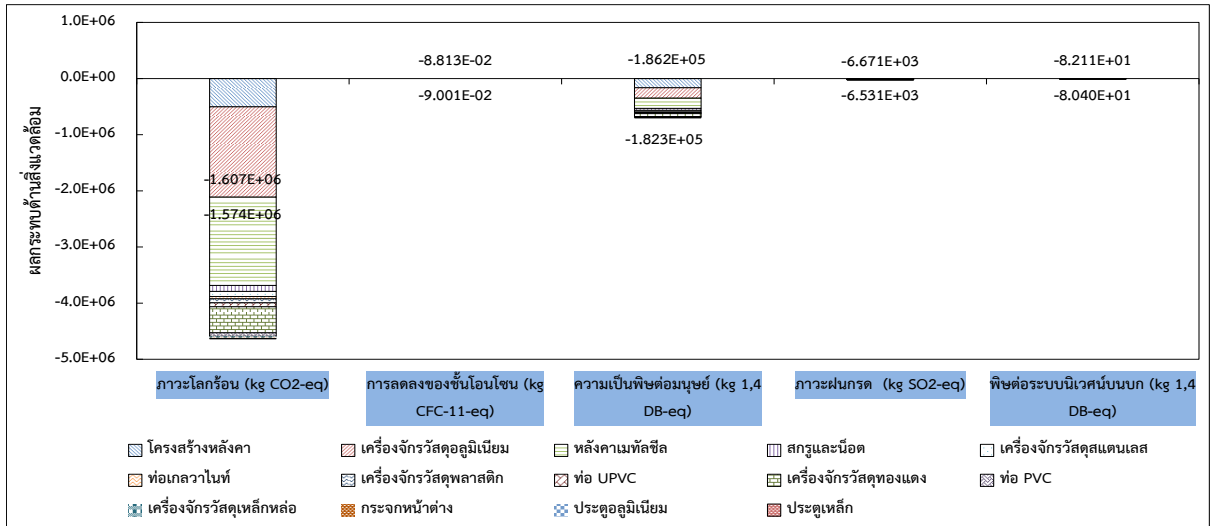
ภาพที่ 4 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนพลังงานไฟฟ้า และก๊าซไนโตรเจนทั้ง 5 ด้าน



ภาพที่ 5 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในส่วนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ด้าน

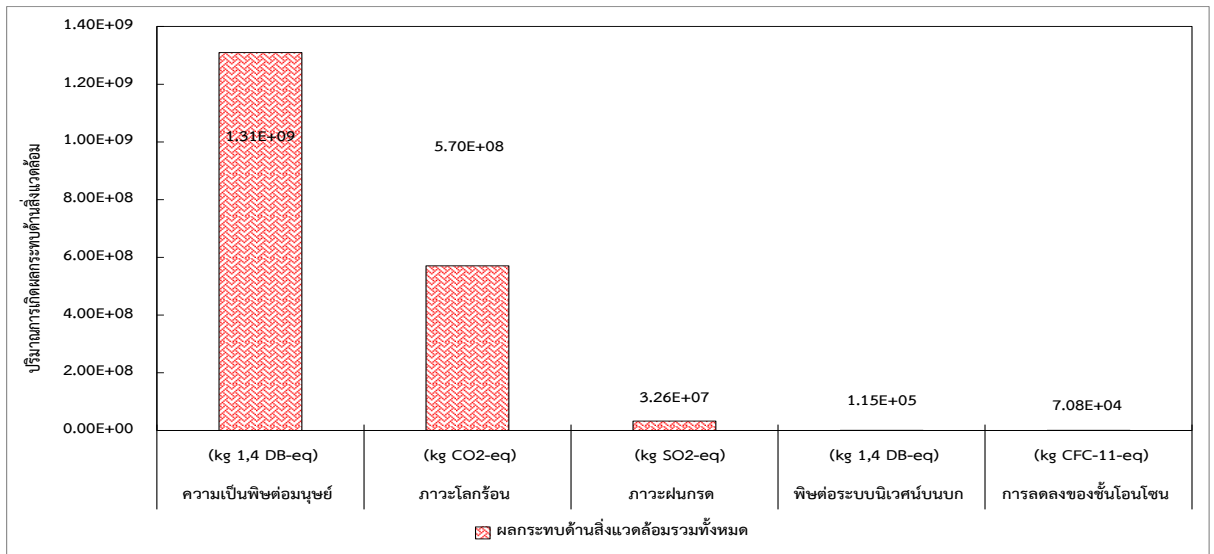
4.5 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อนำเอาวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างอาคารโรงงานบางชนิดกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งสามารถลดการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อน -4.63E+06 kg CO₂-eq มาจากการรีไซเคิลเครื่องจักรวัสดุภูมิเนียม 34.69% หลังจาก

เมทัลชีล 33.96% รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ $-6.96E+05$ kg 1,4 DB-eq ภาวะฝนกรด $-2.06E+04$ kg SO₂-eq พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก $-2.21E+02$ kg 1,4 DB-eq การลดลงของชั้นโอโซนช่วยลดผลกระทบน้อยที่สุด $-2.22E+02$ kg CFC-11-eq มาจากโครงสร้างหลังคา 4.0% และน้อยที่สุดมาจากประตูเหล็ก 0.005% ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนการนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้ง 5 ด้าน

4.6 ผลรวมของการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในส่วนวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างอาคารโรงงาน กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ และวัสดุอาคารโรงงานบางชนิดกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งผลการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ $1.31E+09$ kg 1,4 DB-eq มาจากโครงสร้างอาคารโรงงานคิดเป็น 99.99% ในส่วนผลกระทบรองลงมาเป็นภาวะโลกร้อน $5.70E+08$ kg CO₂-eq ภาวะฝนกรด $3.26E+07$ kg SO₂-eq พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก $1.15E+05$ kg 1,4 DB-eq และการลดลงของชั้นโอโซน $7.08E+04$ kg CFC-11-eq ซึ่งจากผลการประเมินตัวการหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุดทั้ง 5 ด้านมาจากการก่อสร้างอาคารโรงงาน รายละเอียดแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลรวมของการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน

4.7 ผลการแปลผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิท เป็นเวลา 30 y ระยะเวลาทำงาน 24 h/day หรือ 360 day/y มีสาเหตุหลักของการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน เกิดจากช่วงการก่อสร้างอาคารของโรงงาน อันประกอบไปด้วยวัสดุหลักจากเหล็ก 40,381,125 kg และพื้นคอนกรีต 56,107,200 kg ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแปลผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต

ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	ส่วนผลกระทบย่อย			ผลรวม ปริมาณ ผลกระทบ	หน่วย
	โครงสร้าง ¹	ปฏิบัติการ ²	การรีไซเคิล ³		
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	1.31E+09	8.61E+03	-4.63E+06	1.31E+09	kg 1,4 DB-eq
ภาวะโลกร้อน	5.70E+08	1.09E+04	-2.17E-01	5.70E+08	kg CO ₂ -eq
ภาวะฝนกรด	3.33E+07	4.11E+01	-6.97E+05	3.26E+07	kg SO ₂ -eq
พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก	1.36E+05	1.72E+00	-2.07E+04	1.15E+05	kg 1,4 DB-eq
การลดลงของชั้นโอโซน	7.10E+04	1.78E-03	-2.22E+02	7.08E+04	kg CFC-11-eq

หมายเหตุ: ¹ส่วนโครงสร้างอาคารโรงงาน, ²ส่วนปฏิบัติการ, ³ส่วนการรีไซเคิล

5. สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปเนื้อหาสำคัญได้ ดังนี้ในส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานหลักในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $6.65E+03$ kg 1,4 DB-eq รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $4.95E+03$ kg CO₂-eq ในส่วนการใช้ก๊าซไนโตรเจนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $3.42E+03$ kg CO₂-eq รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $7.91E+03$ kg 1,4 DB-eq และผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ คิวตซ์ คริสตัล ยูนิต แบ่งเป็น 3 กลุ่ม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กลุ่มวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ก่อสร้างอาคารโรงงานมีการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $1.31E+09$ kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $5.70E+08$ kg CO₂-eq

2. กลุ่มกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มีการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $2.55E+03$ kg CO₂-e และรองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $1.17E+03$ kg 1,4 DB-eq

3. กลุ่มรีไซเคิลโครงสร้างอาคารโรงงาน เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $-4.63E+06$ kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะฝนกรดเท่ากับ $-6.97E+05$ kg SO₂-eq

4. ผลรวมของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์คิวตซ์ คริสตัล ยูนิตทั้งหมดมีการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $1.31E+09$ kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $5.70E+08$ kg CO₂-eq

5. สาเหตุหลักของการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน เกิดจากช่วงการก่อสร้างอาคารของโรงงาน อันประกอบไปด้วยวัสดุหลัก คือ เหล็ก $40,381,125$ kg และพื้คอนกรีต $56,107,200$ kg

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท เคียวเซร่า คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ในการศึกษางานวิจัย ในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- เจนจิรา เปี่ยมดี, พัชรวรรณ สุขสร้อย และโชติมา โครตพัฒน์. 2557. การประเมินวัฏจักรของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา (Life Cycle Assessment of Fish Sausage, A Case Study), การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, 12-14 พฤศจิกายน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, ประเทศไทย.
- เนตรชนากานต์ สุันตดา และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. 2560. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (Greenhouse Gases Evaluation of Power Generation Technology from Municipal Waste by Organic Rankine Cycle System), วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1 กรกฎาคม-ธันวาคม, เลขหน้า 1-14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- เลิศชัย ศรีเฉลิม. 2553. การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของขวดแก้ว โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Environmental Impact Evaluation of Glass Bottle Using Life Cycle Assessment), สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559, กรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department), ออนไลน์: www.deqp.go.th, เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2560.
- อ้างอิงผลสำรวจข้อมูลจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด, ออนไลน์: www.mnre.go.th, เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2560.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), Emission Factor. ออนไลน์: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_822ebb1ed5.pdf, เข้าถึงเมื่อ: 20 กุมภาพันธ์ 2561
- IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy. Online://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html, Accessed: 9 December 2017.
- Surat S, Sate S, Nattaporn C and Shabbir H G. 2016. Conventional and Exergetic Life Assessment of Organic Rankine Cycle Implementation to Municipal Waste Management: The Case Study of Nae Hong Son (Thailand). Int J Life Cycle Assess 22: 1773-1784

8. รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	Activity (Unit)
CC	Climate Change (kg CO ₂ -eq)
EF	Emission Factor (kg CO ₂ -eq/unit)
HT	Human Toxicology (kg 1,4 DB-eq)
IC	Impact Category (Unit)
OD	Ozone Level Depletion (kg CFC-11-eq)
TA	Terrestrial Acidification (kg SO ₂ -eq)
TE	Terrestrial Eco toxicity (kg 1,4 DB-eq)
อักษรย่อ	ความหมาย
i	Item
SMD	Surface Mounting Device