การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา กระบวนการผลิตบล็อกประสานจากมวลรวมรีไซเคิล

สุภาพร บุหลาด[1*] เสรีย์ ตู้ประกาย[2] นันท์นภัสร อินยิ้ม[2] และสิรวัลภ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย[3]

[1]วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[*]Supaporn.civil@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล และเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับบล็อกประสานทั่วไป ซึ่งมวลรวมรีไซเคิลเป็นการนำเศษคอนกรีตเหลือทิ้งจากงานก่อสร้างมาผ่านกระบวนการย่อยและแยกโดยใช้เครื่องจักรจากประเทศญี่ปุ่นที่ร่วมมือกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ได้แก่ เครื่องล้างมวลรวม (KUC-612) และเครื่องร่อน (VSB-312) โดยทำการประเมินแบบ Business-to-Business (B2B) ศึกษาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงกระบวนการผลิต ทำการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลน้ำหนักเฉลี่ย 4.850 กิโลกรัม พบว่าบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ระยะทาง 1 5 15 และ 30 กิโลเมตร เท่ากับ 6.219 6.222 6.231 และ 6.245 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า ตามลำดับ และค่าคาร์บอน-ฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิตเท่ากับ 0.0252 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า กล่าวคือ ผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลเท่ากับ 6.244 6.247 6.257 และ 6.270 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานทั่วไป ที่มีค่าเท่ากับ 0.639 0.643 0.652 และ 0.666 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ สำหรับค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 73.30 ลิตรน้ำต่อก้อน และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิตเท่ากับ 0.40 ลิตรน้ำต่อก้อน ดังนั้นผลรวมค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลมีค่าเท่ากับ 73.70 ลิตรน้ำต่อก้อน ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานทั่วไป ที่มีค่าเท่ากับ 0.40 ลิตรน้ำต่อก้อน

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

Carbon and Water Footprint Assessment Case Study Block prepared with recycled aggregate

Supaporn Bulard[1*] Seree Tuprakay[2] Nannapasorn Inyim[2] and Sirawan Ruangchuay Tuprakay[3]
[1]*Engineering Law and Inspection. Faculty of Engineering. Ramkhamhang University.*
[2]*Faculty of Engineering. Ramkhamhang University*
[3]*Faculty of Science and Technology. Suan Dusit University*
[*]*Supaporn.civil@gmail.com*

Abstract

This research is a quantitative research aims to (1) study the carbon footprint and water footprint values of recyclable block products from recycled aggregates (2) compare carbon footprint and water footprint values of interlocking blocks product from recycled aggregates and general interlocking blocks. The recycled aggregate is the recycling of construction waste through the granulation and separation process by using machines from Japan in collaboration with the Faculty of Engineering Ramkhamhaeng University, those machines are mass washing machines (KUC-612) and gliders (VSB-312) by using Life Cycle Assessment in the assessment framework of Business-to-Business (B2B). The data was collected from the period of receiving raw material to the period of manufacturing processing. Estimate the carbon footprint and water footprint of product at 4.850 kg. Found that the carbon footprint in the period of receiving raw material acquisition at distances 1, 5, 15 and 30 km. is 6.219, 6.222, 6.231 and 6.245 kgCO2e respectively, and carbon footprint in the manufacturing processing is 0.0252 kgCO2e. The total carbon footprint of the product is 6.244, 6.247, 6.257 and 6.270 kgCO2e respectively. It is higher than the carbon footprint of general interlocking blocks which values of 0.639 0.643 0.652 and 0.666 kgCO2e respectively. The water footprint in the period of receiving raw material acquisition is 73.30 liters of blocks, and the water footprint in the manufacturing processing is 0.40 liters of blocks. The total water footprint of the product is 73.70 liters of blocks. It is higher than the water footprint of general interlocking blocks which values of 0.40 liters of blocks.

Keywords: Carbon Footprint, *Water Footprint*

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ตระหนักถึงความสำคัญของการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนร่วมกับนานาประเทศ เนื่องจากในปัจจุบันสภาวะภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก สังเกตได้จากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งสาเหตุหลักของปัญหาเกิดจากก๊าซเรือนกระจก ที่มาจากอุตสาหกรรม การขนส่ง รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติในรูปแบบอื่นๆ ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นมากที่สุด อุตสาหกรรมจึงเป็นภาคส่วนสำคัญที่ต้องเข้ามามีบทบาทในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของตน และจากการที่ประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้น รวมถึงการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการสร้างที่พักอาศัยและสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ซึ่งในการก่อสร้างมีการใช้วัสดุประกอบอาคารและวัสดุก่อกำแพงอื่นๆ วัสดุเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตให้ได้มาซึ่งวัสดุ ขณะเดียวกันได้มีการรื้อถอนอาคารเพื่อทำ

การปลูกสร้างขยายให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นเพื่อรองรับจำนวนประชากร สิ่งอำนวยความสะดวกที่เพิ่มมากขึ้น เศษวัสดุต่างๆที่ได้จากการรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างเหล่านั้น จึงกลายเป็นของเสียจากการก่อสร้างที่ไม่สามารถจัดการได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มนุษย์จึงต้องมีแนวทางในการแก้ไขและจัดการกับเศษวัสดุที่เกิดขึ้นด้วยวิธีต่างๆ เช่น การถมทะเลหรือที่ลุ่ม และการนำไปบดย่อยเพื่อใช้เป็นมวลรวมในงานโครงสร้างถนนที่มีการรับน้ำหนักไม่มากนัก ตลอดจนการผลิตบล็อกประสานเพื่อเป็นวัสดุก่อกำแพงในงานก่อสร้าง *(สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก,องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน))*

ทั้งนี้การผลิตบล็อกประสานเป็นวิธีการจัดการกับเศษคอนกรีตในงานก่อสร้างเพื่อช่วยลดปัญหาขยะจากงานก่อสร้าง แต่ด้วยกระบวนการการผลิตบล็อกประสานจากมวลรวมรีไซเคิลมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกขั้นตอน

ดังนั้นเพื่อแสดงให้เห็น และให้ตระหนักถึงปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตบล็อกประสานจากมวลรวมรีไซเคิล จึงเกิดการศึกษาเรื่อง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา กระบวนการผลิตบล็อกประสานจากมวลรวมรีไซเคิล เพื่อนำไปสู่แนวทางในด้านการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาและแก้ไขสภาวะเรือนกระจกต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล

2.2 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในกระบวนการผลิตบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับบล็อกประสานทั่วไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณเพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานจากมวลรวมรีไซเคิล โดยการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การศึกษาเลือกการประเมินแบบ Business-to-Business (B2B) ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงกระบวนการผลิต โดยอ้างอิงข้อมูลจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา

3.2 วิธีการเก็บข้อมูล

3.2.1 ทำการเก็บข้อมูลจากหนังสือเอกสารงานวิจัยวิทยานิพนธ์และบทความเชิงวิชาการที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อใช้ประกอบในการศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3.2.2 ศึกษาและบันทึกข้อมูลกระบวนการผลิต โดยคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบซึ่งจะใช้ระยะทางในการขนส่ง และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตจะใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรมาใช้ในการคำนวณ

3.3 เครื่องมือในการศึกษา

3.3.1 โปรแกรมการคำนวณ Microsoft Office Excel เครื่องคอมพิวเตอร์

3.3.2 เครื่องบดรีไซเคิลคอนกรีตแบบค้อนเหวี่ยง

3.3.3 เครื่องร่อนตะแกรงขนาดมาตรฐาน

3.3.4 เครื่องล้างมวลรวม (KUC-612) และเครื่องร่อน (VSB-312)

3.3.5 เครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคนแบบมือ

3.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 วิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้รูปแบบการประเมินแบบ Business-to-Business (B2B) โดยการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตบล็อกประสานจากมวลรวมรีไซเคิล ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ศักยภาพของการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยคัดเลือกกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ประกอบด้วยข้อมูลสารขาเข้า (input data) มีปัจจัยการผลิต เช่น การใช้น้ำมัน

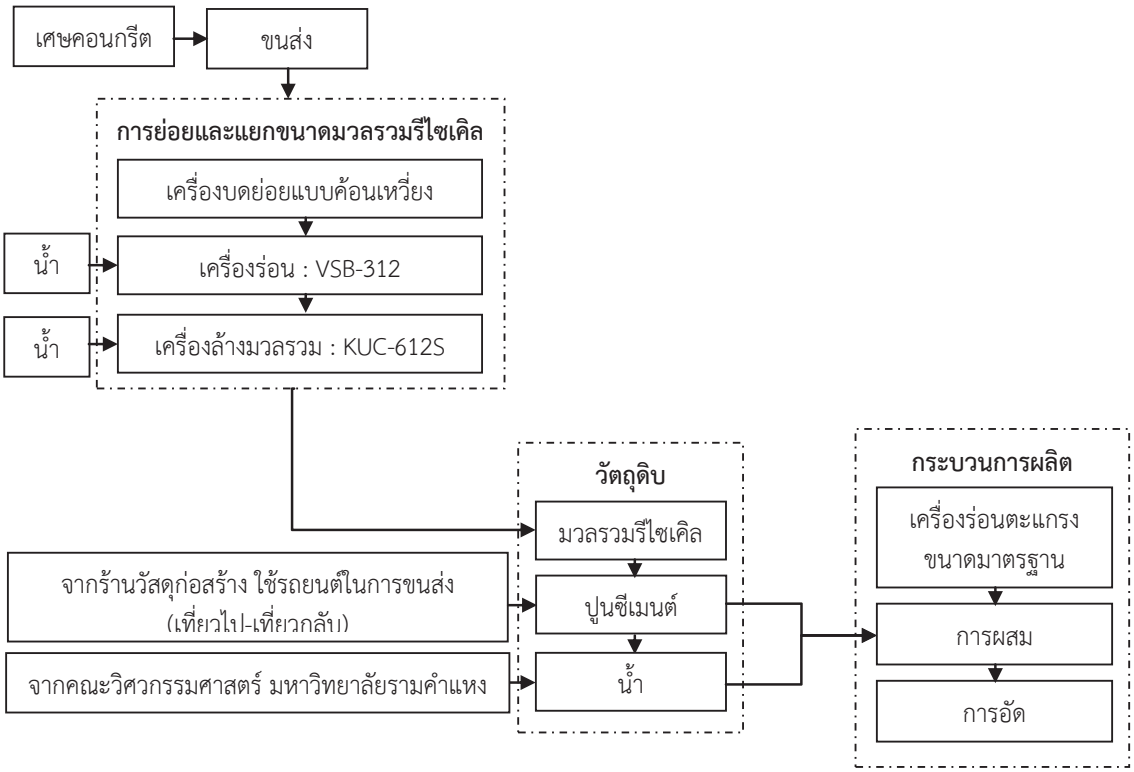
เชื้อเพลิงพลังงานไฟฟ้า วัตถุดิบและข้อมูลสารขาออก (output data) ได้แก่ บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล มีน้ำหนักเฉลี่ย 4.850 กิโลกรัมต่อหนึ่งก้อนและของเสียที่อาจเกิดขึ้น (ถ้ามี)

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative analysis) โดยใช้สถิติพรรณนา (descriptive statistics) การวิเคราะห์อาจใช้ตารางค่าร้อยละ ค่าสัดส่วน ค่าผลรวมเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล

4. ผลการวิจัย

4.1 การศึกษารูปแบบการประเมิน

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานผสมมวลรวมรีไซเคิล ใช้หลักการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA) โดยใช้การประเมินแบบ Business-to-Business (B2B) หรือ Cradle-to-Gate เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบถึงกระบวนการผลิต แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วัฏจักรชีวิตของการผลิตบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล

4.2 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานผสมมวลรวมรีไซเคิล

การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานผสมมวลรวมรีไซเคิล น้ำหนักเฉลี่ย 4.850 กิโลกรัม กำหนดระยะทางในการศึกษาที่ระยะทาง 1 5 15 และ 30 กิโลเมตร ตามลำดับ แสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCO_2eq$)	ร้อยละการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ระยะทาง 1 กิโลเมตร		
1.การได้มาซึ่งวัตถุดิบ		
- วัตถุดิบ	6.1513	-
- การขนส่ง	0.0009	-
- การย่อยและแยกขนาด RA	0.0670	-
รวม	6.2192	99.60
2.การผลิต	0.0252	0.40
รวม	6.2443	100.00
ระยะทาง 5 กิโลเมตร		
1.การได้มาซึ่งวัตถุดิบ		
- วัตถุดิบ	6.1513	-
- การขนส่ง	0.0045	-
- การย่อยและแยกขนาด RA	0.0670	-
รวม	6.2228	99.60
2.การผลิต	0.0252	0.40
รวม	6.2479	100.00
ระยะทาง 15 กิโลเมตร		
1.การได้มาซึ่งวัตถุดิบ		
- วัตถุดิบ	6.1513	-
- การขนส่ง	0.0135	-
- การย่อยและแยกขนาด RA	0.0670	-
รวม	6.2318	99.60
2.การผลิต	0.0252	0.40
รวม	6.2570	100.00
ระยะทาง 30 กิโลเมตร		
1.การได้มาซึ่งวัตถุดิบ		
- วัตถุดิบ	6.1513	-
- การขนส่ง	0.0270	-
- การย่อยและแยกขนาด RA	0.0670	-
รวม	6.2453	99.60
2.การผลิต	0.0252	0.40
รวม	6.2705	100.00

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล น้ำหนักเฉลี่ย 4.850 กิโลกรัม พบว่าขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด รองลงมาคือการผลิต คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 99.60 และ 0.40 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ และเมื่อทำการหาความสัมพันธ์ของระยะทางขนส่งทำให้ได้ร้อยละ ดังนี้

- ระยะทาง 1 – 5 กิโลเมตร เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.057
- ระยะทาง 5 – 15 กิโลเมตร เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.144

- ระยะทาง 15 - 30 กิโลเมตร เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.216

4.3 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการการผลิตบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับการผลิตบล็อกประสานทั่วไป

การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะทำการเปรียบเทียบโดยยึดตามขนาดของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ขนาด 12.5x25x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบในขั้นตอนการผลิตและขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ สำหรับขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะอ้างอิงระยะทาง 1 5 15 และ 30 กิโลเมตรตามวิจัยที่ทำการศึกษา แสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับบล็อกประสานทั่วไป

ชนิดของบล็อกประสาน	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ($kgCO_2eq$)	ร้อยละการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ระยะทาง 1 กิโลเมตร		
1. บล็อกประสานทั่วไป		
1.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.5829	91.12
1.2 การผลิต	0.0568	8.88
2. บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล		
2.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	6.2192	99.60
2.2 การผลิต	0.0252	0.40
ระยะทาง 5 กิโลเมตร		
1. บล็อกประสานทั่วไป		
1.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.5866	91.18
1.2 การผลิต	0.0568	8.82
2. บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล		
2.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	6.2228	99.60
2.2 การผลิต	0.0252	0.40
ระยะทาง 15 กิโลเมตร		
1. บล็อกประสานทั่วไป		
1.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.5959	92.62
1.2 การผลิต	0.0568	8.82
2. บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล		
2.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	6.2318	99.60
2.2 การผลิต	0.0252	0.40
ระยะทาง 30 กิโลเมตร		
1. บล็อกประสานทั่วไป		
1.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0.6098	93.44
1.2 การผลิต	0.0568	8.70
2. บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล		
2.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	6.2453	99.60
2.2 การผลิต	0.0252	0.40

ผลการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับบล็อกประสานทั่วไป แสดงให้เห็นว่าบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลและบล็อกประสานทั่วไปในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีปริมาณการปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าขั้นตอนการผลิต ซึ่งปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลเมื่อแยกย่อยจะเห็นได้ว่า ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะเกิดจากที่มาของวัตถุดิบ การขนส่งและการใช้พลังงานในการบดย่อย สำหรับบล็อกประสานทั่วไปปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงนั้นมาจากที่มาของวัตถุดิบและการขนส่ง ดังนั้นตัวเลือกในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์บล็อกประสานทั่วไปยังคงเป็นตัวเลือกที่ดีกว่าเพราะสามารถลดขั้นตอนการผลิตได้ง่ายกว่า แต่บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลต้องลดในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่เกี่ยวกับเครื่องจักรที่ใช้ในการบดย่อย ซึ่งในส่วนนี้ต้องศึกษาเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมต่อไป

4.4 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานผสมมวลรวมรีไซเคิล

การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในภาคอุตสาหกรรม จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การใช้น้ำในกระบวนการผลิตและในส่วนการล้างทำความสะอาดเครื่องจักร อุปกรณ์และน้ำล้างพื้น ซึ่งการวิจัยนี้คำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ในส่วนของการใช้น้ำในกระบวนการผลิตบล็อกประสานจากมวลรวมรีไซเคิลเพียงอย่างเดียว ไม่ได้รวมถึงน้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินมาผลิตเป็นน้ำประปา ดังนั้นจึงใช้ปริมาณน้ำดังกล่าวมาคำนวณค่าวอเตอร์ ฟุตพริ้นท์บลู (Blue Water Footprint) แสดงค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (ลิตรต่อก้อน)	ร้อยละการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1.การได้มาซึ่งวัตถุดิบ		
- การย่อยและแยกขนาด RA	73.3	99.46
2.การผลิต	0.4	0.54
รวม	73.7	100.00

4.5 การเปรียบเทียบปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการการผลิตบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับการผลิตบล็อกประสานทั่วไป

การเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะทำการเปรียบเทียบโดยยึดตามขนาดของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ขนาด 12.5x25x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบในขั้นตอนการผลิตและขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ แสดงดังตารางที่ 4

ตาราง 4 การเปรียบเทียบปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับบล็อกประสานทั่วไป

ชนิดของบล็อกประสาน	ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (ลิตรต่อก้อน)	ร้อยละการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
1. บล็อกประสานทั่วไป		
1.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	0	0
1.2 การผลิต	0.40	100.00
2. บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล		
2.1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	73.3	99.46
2.2 การผลิต	0.4	0.54

ผลการเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับบล็อกประสานทั่วไป แสดงให้เห็นว่าบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีปริมาณการใช้น้ำสูงกว่าการผลิต แต่บล็อกประสานทั่วไปจะมีการใช้น้ำจากกระบวนการผลิตเพียงอย่างเดียว

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล

การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล น้ำหนักเฉลี่ย 4.850 กิโลกรัม การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ใช้แนวทางตามหลักการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ในกรอบการประเมินแบบ Business-to-Business: B2B ผลการประเมินเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบถึงกระบวนการผลิต พบว่า ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ระยะทาง 1 5 15 และ 30 กิโลเมตร เท่ากับ 6.2192 6.2228 6.2318 และ 6.2453 $kgCO_2e$ ตามลำดับ และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการผลิตเท่ากับ 0.0252 $kgCO_2e$ ผลรวมค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ตามระยะทาง 1 5 15 และ 30 กิโลเมตร เท่ากับ 6.2443 6.2479 6.2570 และ 6.2705 $kgCO_2e$ จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 99.60 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ โดยมาจากที่มาของวัตถุดิบและการใช้พลังงานไฟฟ้า รองลงมาคือการผลิตเฉลี่ยร้อยละ 0.40 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ สำหรับการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์อ้างอิงวิธีการคำนวณตามหนังสือ Water Footprint Assessment Manual โดย Hoekstra et al. (2011) ทำการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์บลู (Blue Water Footprint) ผลการประเมินพบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบเท่ากับ 73.3 ลิตรต่อก้อนและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในขั้นตอนการผลิตเท่ากับ 0.40 ลิตรต่อก้อน ผลรวมค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์บลู (Blue Water Footprint) เท่ากับ 73.7 ลิตรต่อก้อน จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีปริมาณการใช้น้ำสูงสุดที่ร้อยละ 99.46 ของค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ โดยมาจากการใช้น้ำในการล้างมวลรวมรีไซเคิล รองลงมาคือการผลิต ร้อยละ 0.40 ของค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์

5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการการผลิตบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิลกับการผลิตบล็อกประสานทั่วไป

การเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะทำการเปรียบเทียบโดยยึดตามขนาดของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ขนาด 12.5x25x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) ผลการประเมินเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบถึงกระบวนการผลิต สำหรับขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจะอ้างอิงระยะทาง 1 5 15 และ 30 กิโลเมตรตามวิจัยที่ทำการศึกษา จากผลการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงมาจากที่มาของวัตถุดิบและการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นควรมีการศึกษาการใช้พลังงานทดแทนเพื่อใช้ในการผลิตบล็อกประสานเพิ่มเติม เพื่อเสนอเป็นแนวทางในกระบวนการผลิตต่อไป สำหรับค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากผลการเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่สูงมาจากการใช้น้ำในกระบวนการย่อยและแยกมวลรวมรีไซเคิล ดังนั้นควรใช้เครื่องล้างหรือหากระบวนการล้างมวลรวมรีไซเคิลแบบอื่นๆ และหาแนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรมีการศึกษาวิจัยต่อไป โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ควรประเมินแบบ Business-to-Consumer: B2C และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ควรประเมินแบบ Water Footprint Blue และ Water Footprint Grey

6.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการใช้พลังงานทดแทน เซลล์แสงอาทิตย์ทดแทนแทนการใช้พลังงานไฟฟ้า

6.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ในกระบวนการชะล้างมวลรวมรีไซเคิล

7. เอกสารอ้างอิง

เบญจวรรณ ประสารยา. (2561). **การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษา กระบวนการผลิตบล็อกประสานผสมมูลกวาง**. ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ฤทธิไกร นาคำมูล และวิริยะ บำรุงศิลป์. (2561). **การพัฒนาอิฐบล็อกประสานมวลรวมรีไซเคิล.** ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วราวุธ วุฒิวณิชย์. (2559). **นวัตรกรรมเพื่อปลุกจิตสำนึกคนให้รู้คุณค่าทรัพยากรน้ำ**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.