การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้มช่วงศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย-มีนบุรี

Greenhouse Gas Emissions Assessment of Construction Waste in the Mass Rapid Transit Orange Line Construction Project (Thailand Cultural Center–Min Buri Section)

เกียรติขจร แก่นลา (Kietkhajorn Kaenla)* ดร.พีร์นิธิ อักษร (Dr.Preenithi Aksorn)[1]**
วุฒิพงษ์ กุศลคุ้ม (Wuttipong Kusonkhum)***

(Received: *April 5, 2022*; Revised: *July 22, 2022*; Accepted: *July 25, 2022*)

บทคัดย่อ

วัสดุก่อสร้างถือเป็นองค์ประกอบหลักของกระบวนการก่อสร้าง แต่ธรรมชาติของโครงการก่อสร้างทุกโครงการนั้นล้วนก่อให้เกิดของเสียหรือเศษวัสดุจากกระบวนการก่อสร้างอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งเศษวัสดุเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไม่จำกัด หนึ่งในนั้นคือปัญหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุก่อสร้างในโครงการก่อสร้างระบบราง เพื่อการตระหนักรู้ถึงปัญหา การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้น จากผลการวิจัยเศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้นระหว่างเดือน มกราคม 2561 - ธันวาคม 2564 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 ที่ผ่านมา เป็นปีที่มีเศษวัสดุก่อสร้างเกิดขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 49.93 เนื่องจากเป็นช่วงการดำเนินการก่อสร้างหลัก ต้องใช้ความพยายาม ต้นทุน และทรัพยากรในปริมาณที่สูง และจากการวิเคราะห์การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า เศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้นจากงานก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่งและสถานีใต้ดิน มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าทั้งหมดมากที่สุดถึง 277,441.96 tonCO_2e/km คิดเป็นร้อยละ 93.99 จากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 295,171.86 tonCO_2e/km ผู้วิจัยเสนอแนะให้มีการขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิตของสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงควรมีการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจถึงความคุ้มค่าเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ABSTRACT

The construction materials are the main of the construction process, but the nature of every construction project inevitably generated waste or scrap material from construction process, all of these scrap materials cause unlimited environmental problems, one of them is the problem of greenhouse gas emissions. This research focuses on greenhouse gas emissions assessment from construction wastes in railway construction project, to awareness of the problem of generated construction waste. The results of this research of construction waste during of January 2018 to December 2021 showed that the year 2019 in the past, this is 49.93 percent of most construction waste in the year, because this year

[1]*Corresponding author: preenithi@kku.ac.th*
**นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
****อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*

Is the main construction phase, it requires a high amount of effort, cost and resources. And the results of greenhouse gas emissions assessment following the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change showed that the construction waste from tunnels and underground stations has highest greenhouse gas emissions equal to 277,441.96 tons of CO_2e per kilometer, accounted for 93.99 percent, from total greenhouse gas emissions 295,171.86 tons of CO_2e per kilometer. The research suggested further study to extend the scope to cover the whole life cycle of the construction including the use stage and the end of life stage. ECO-efficiency should be considered for more definitive conclusions.

คำสำคัญ: การก่อสร้างรถไฟฟ้า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เศษวัสดุก่อสร้าง
Keywords: Construction waste, Carbon dioxide equivalent, Railway construction

บทนำ

ปัจจุบันระบบขนส่งสาธารณะอย่างรถไฟฟ้าได้เข้ามามีบทบาทและความสำคัญในการเดินทางในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเขตเมืองหลวงที่มีประชากรมากและเป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจของไทย เพราะการเดินทางโดยใช้รถไฟฟ้านั้นมีประโยชน์หลายประการ อีกทั้งยัง มีความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย ลดปัญหาการจราจรติดขัดและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และที่สำคัญ เพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้สูงขึ้น [1]

โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครฯและปริมณฑล ได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มจะขยายตัวไปยังพื้นที่ใกล้เคียง และจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทย โดยมีการลงทุนเป็นมูลค่ามหาศาล เพื่อรองรับปริมาณผู้โดยสารที่มาใช้บริการ เช่น โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน รถไฟฟ้าสายสีเขียว และรถไฟฟ้าสายสีส้ม เป็นต้น [2] จากโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ความต้องการการใช้ทรัพยากรหรือวัสดุก่อสร้างก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย หากมีการบริหารจัดการการใช้วัสดุเหล่านั้นไม่ดีหรือไม่มีประสิทธิภาพ ก็อาจนำมาซึ่งขยะจากเศษวัสดุก่อสร้างตามมา เช่น เศษพลาสติก เศษไม้ เศษเหล็ก เศษดิน และเศษคอนกรีต เป็นต้น [3] เพราะว่า ปัญหาเรื่องขยะที่เกิดขึ้นในหน่วยงานก่อสร้างนั้นมาจาก การขาดการบริหารจัดการที่ดี ทำให้เกิดขยะมากมายในหน่วยงานก่อสร้าง ซึ่งขยะเหล่านี้ก็มาจากการใช้วัสดุนั่นเอง [4] อีกทั้งปัจจุบันยังไม่มีหน่วยงานใดรับผิดชอบในการควบคุมตรวจสอบการจัดการขยะที่เกิดจากการก่อสร้างโดยตรง [5] ซึ่งอาจเป็นปัญหาต่อสภาพสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมอย่างไม่จำกัด ทั้งระดับจุลภาคและระดับมหภาค [3]

ปัญหาขยะที่เกิดขึ้นยังคงเป็นประเด็นปัญหาที่สำคัญ พบว่า ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2555 - 2564) โดยในปี พ.ศ. 2564 ที่ผ่านมา ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ ประมาณ 28.71 ล้านตัน หรือ 78,665 ตันต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 ร้อยละ 2.71 ที่มีปริมาณเกิดขึ้น 27.93 ล้านตัน นอกจากนี้ยังพบว่ายังมีขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง (เช่น เทกองกลางแจ้ง เผาในที่โล่ง และลักลอบทิ้ง เป็นต้น) ถึง 7.81 ล้านตันต่อปี และยังคงมีขยะมูลฝอยตกค้างถึง 7.45 ล้านตันต่อปี และในอนาคตอีก 10 ปีข้างหน้า ยังมีการคาดการณ์ว่า ปริมาณขยะจะกลับมาเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 47,000 ตันต่อวัน หรือมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 ต่อปี [5] เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร และการขยายตัวของชุมชนเมือง ซึ่งนอกจากขยะจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และการพัฒนาประเทศแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไม่จำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกหรือภาวะโลกร้อน อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับที่ 25 จาก 186 ประเทศทั่วโลก รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนสูงติดอันดับ 10 ของ [6] โดยพบว่า อุตสาหกรรมที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับต้น ๆ คือ ภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้าง [7] ซึ่งในปี 2564 ที่ผ่านมา พบว่าอุตสาหกรรมการ

ก่อสร้างใช้พลังงานไปร้อยละ 35 และปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึงร้อยละ 38 ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ [6]

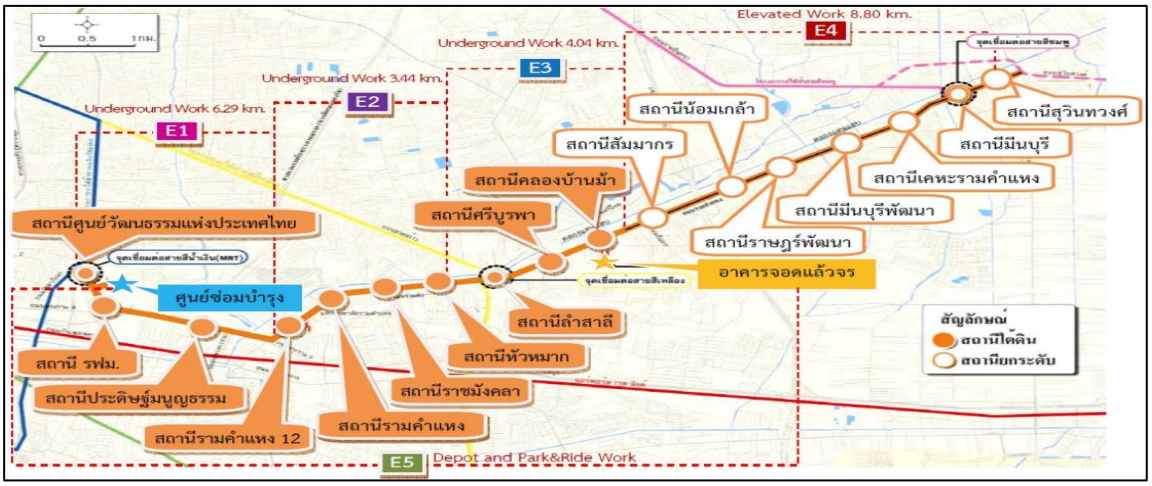
ด้วยเหตุนี้ หลายประเทศทั่วโลก ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้ว และในประเทศที่กำลังพัฒนา ต่างให้ความสำคัญและตระหนักรู้ถึงปัญหาขยะที่เกิดขึ้น จากเศษวัสดุก่อสร้าง และได้ประยุกต์ใช้วิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) [8] ในการประเมินศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์และบริการ ซึ่งรวมถึงการประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับเศษวัสดุก่อสร้าง [9] เพื่อสร้างความตระหนักรู้ต่อปัญหาขยะจากเศษวัสดุก่อสร้าง ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [4] ทำให้มีการคาการณ์ว่าในอนาคตการก่อสร้างจะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่ประหยัดพลังงาน ทรัพยากร รวมถึงให้มีความกลมกลืนกับธรรมชาติ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น [1]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากเศษวัสดุแต่ละชนิดของกิจกรรมงานก่อสร้างแต่ละประเภทในโครงการก่อสร้างระบบราง เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ และกำหนดแนวทางเพื่อให้สามารถใช้เศษวัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด อันนำไปสู่การ พัฒนารูปแบบการก่อสร้างที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วิธีการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา (Scope of Study)

โครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม มีระยะทางทั้งหมดประมาณ 23 กิโลเมตร มีทั้งโครงสร้างใต้ดิน และโครงสร้างยกระดับ เริ่มก่อสร้างจากช่วงสถานีศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย ถึงสถานีมีนบุรี (สุวินทวงศ์) ประกอบด้วยสถานีใต้ดิน 10 สถานี (สถานีศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย - สถานีคลองบ้านม้า) ระยะทางประมาณ 14 กิโลเมตร และสถานียกระดับ 7 สถานี (สถานีสัมมากร - สถานีสุวินทวงศ์) ระยะทางประมาณ 8.80 กิโลเมตร ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมงานก่อสร้างงานโยธา 4 กิจกรรม ได้แก่ (1) งานก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่งและสถานีใต้ดิน (2) งานก่อสร้างโครงสร้างยกระดับ (3) งานก่อสร้างอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง และ (4) งานวางระบบรางรถไฟฟ้า [1]



ภาพที่ 1 ขอบเขตโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม ช่วงศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย - มีนบุรี [1]

2. การเก็บข้อมูล (Data Collection)

การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ได้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 สำรวจและคัดแยกประเภทของขยะที่เกิดขึ้นจากโครงการก่อสร้างเบื้องต้น โดยคำนึงถึงประเภทขยะที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) [10]

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินการลงพื้นที่สำรวจหน้างานจริง เพื่อเก็บข้อมูลประเภท และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม ช่วงศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย - มีนบุรี โดยมีการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) เป็นเจ้าของโครงการ โดยข้อมูลถูกเก็บในช่วงระหว่างเดือน มกราคม 2561 - ธันวาคม 2564

ตารางที่ 1 แผนการสำรวจการจัดการขยะจากเศษวัสดุก่อสร้าง

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ดัชนี	จุดติดตามตรวจสอบ
การสำรวจการบริหารจัดการเศษวัสดุก่อสร้าง	บันทึกประเภท และปริมาณของขยะ เช่น ขยะทั่วไป ขยะปนเปื้อน ขยะอันตราย ขยะรีไซเคิล และเศษวัสดุก่อสร้างประเภทต่าง ๆ และดิน/ทรายจากการขุดเจาะ เป็นต้น	1. พื้นที่ก่อสร้าง 2. พื้นที่บ้านพักคนงาน 3. พื้นที่สำนักงานสนาม

ขยะมูลฝอยที่พบได้ในพื้นที่ก่อสร้าง สำนักงานสนาม และบ้านพักคนงาน โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม สามารถแยกออกเป็นหลายประเภท [1] ได้แก่

1. ขยะทั่วไป (General waste) ได้แก่ ขยะแห้ง เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า ถุงใส่ของ ขวดเครื่องดื่ม เป็นต้น และขยะเปียก เช่น เศษอาหาร พืช ผัก เปลือกผลไม้ เป็นต้น 2. ขยะที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ (Recyclable waste) เช่น เศษแก้ว เศษพลาสติก เศษกระดาษ เป็นต้น 3. ขยะจากวัสดุก่อสร้าง (Construction waste) เช่น เศษดิน/ทรายจากการขุดเจาะ เศษคอนกรีต เศษไม้ เศษอลูมิเนียม เศษเหล็ก เป็นต้น 4. ขยะมูลฝอยอันตรายหรือขยะมูลฝอยที่เป็นพิษ (Hazardous waste) ของเสียมีพิษมีฤทธิ์กัดกร่อนและระเบิดง่าย หรือมีเชื้อโรคปะปนอยู่ เช่น น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว กระป๋องสี หน้ากากอนามัยใช้แล้ว เป็นต้น

การเก็บข้อมูลขยะจากเศษวัสดุก่อสร้าง ได้ดำเนินการเป็นประจำทุกสัปดาห์ เพื่อให้การเก็บข้อมูลเป็นไปได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ทางคณะผู้วิจัยร่วมกับองค์กรเอกชน หน่วยงานภาครัฐ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลปริมาณขยะจากเศษวัสดุก่อสร้าง โดยคำนวณจากวิธีการคำนวณปริมาณขยะที่ถูกพัฒนาขึ้นจากการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิธีการคำนวณปริมาณขยะจากเศษวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภท

ประเภทของขยะ	ชนิดของขยะ	วิธีการคำนวณปริมาณขยะ	หมายเหตุ
1. ขยะทั่วไป	ขยะแห้ง ——— ขยะเปียก	วิธี: ประมาณการโดยคิดคำนวณจากการนำตัวเลขจำนวนประชากรที่พักอาศัยหรือทำงานในพื้นที่นั้น ๆ ช่วงสัปดาห์นั้น ๆ x ปริมาณการผลิตขยะ (0.5 กิโลกรัม/คน) ความถี่: ทุกสัปดาห์	อัตราการผลิตมูลฝอยต่อวันของคนไทย คือ ประมาณ 1.15 กิโลกรัม [5] แต่เนื่องจากคนงานทั้งหมดมาทำงาน และกลับที่พัก โดยมีการแยกสถานที่ชัดเจน จึงประมาณการว่า 10 - 12 ชั่วโมงทำงาน จะผลิตขยะประมาณ 0.5 กิโลกรัม และ 10 - 12 ชั่วโมงที่ที่พักคนงาน จะผลิตขยะประมาณ 0.5 กิโลกรัม เช่นกัน

ตารางที่ 2 วิธีการคำนวณปริมาณขยะจากเศษวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภท (ต่อ)

ประเภทของขยะ	ชนิดของขยะ	วิธีการคำนวณปริมาณขยะ	หมายเหตุ
2. ขยะอันตราย	น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	วิธี: จากการสอบถามคนขับรถเช่า ขณะเข้าตรวจสอบเครื่องจักร ซึ่งแต่ละคัน หรือแต่ละพื้นที่มีรอบการบริการ (Service) ไม่ตรงกัน ประมาณการเป็นน้ำหนักของเหลวที่เปลี่ยนถ่ายไป ความถี่: ตามชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร ประมาณ 500 ชั่วโมง/รอบ	น้ำมันเครื่อง 1 ลิตร น้ำหนักประมาณ 0.8 กิโลกรัม
	กระป๋องสี	วิธี : ชั่ง/นับจำนวน ความถี่: ทุกสัปดาห์	-
3. ขยะติดเชื้อ	หน้ากากอนามัยใช้แล้ว	วิธี : ชั่ง/นับจำนวน ความถี่: ทุกสัปดาห์	-
4. ดิน/ทรายจากการขุดเจาะ	ดิน/ทรายจากการขุดเปิดหน้าดิน	วิธี: ประมาณการจากจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง ซึ่งแต่ละพื้นที่ก่อสร้างมีการบันทึกการเข้า - ออกไว้ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ทุกวัน ความถี่: ทุกสัปดาห์	ประมาณการน้ำหนักต่อเที่ยว: รถบรรทุก 4 ล้อเล็ก 5,000 กิโลกรัม รถบรรทุก 4 ล้อใหญ่ 8,000 กิโลกรัม รถบรรทุก 6 ล้อเล็ก 10,000 กิโลกรัม รถบรรทุก 6 ล้อใหญ่ 15,000 กิโลกรัม รถบรรทุก 10 ล้อ 20,000 กิโลกรัม
	ดิน/ทรายจากการขุดเจาะอุโมงค์		
5. เศษวัสดุก่อสร้าง	เศษไม้	วิธี: ประมาณการจากจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง ซึ่งแต่ละพื้นที่ก่อสร้างมีการบันทึกการเข้า - ออกไว้ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ทุกวัน ความถี่: ทุกสัปดาห์	ประมาณการน้ำหนักต่อเที่ยว: รถบรรทุก 4 ล้อเล็ก 5,000 กิโลกรัม รถบรรทุก 4 ล้อใหญ่ 8,000 กิโลกรัม รถบรรทุก 6 ล้อเล็ก 10,000 กิโลกรัม รถบรรทุก 6 ล้อใหญ่ 15,000 กิโลกรัม รถบรรทุก 10 ล้อ 20,000 กิโลกรัม
	เศษคอนกรีต		
	เศษอลูมิเนียม		
	เศษเหล็ก		

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อ้างอิงจากหลักการของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะแสดงในหน่วยของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent: CO_2e) โดยสามารถคำนวณได้จากผลคูณของปริมาณเศษวัสดุที่ใช้ในโครงการก่อสร้าง (Activity Data) กับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของวัสดุก่อสร้างประเภทต่าง ๆ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$\text{GHG Emission } (CO_2e) = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \quad (1)$$

โดยกำหนดให้

GHG Emission (CO_2e) คือ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

Activity Data คือ กิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกหรือในที่นี้ คือ เศษวัสดุก่อสร้าง

Emission Factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โดยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภทมีค่า ดังแสดงในตารางที่ 3

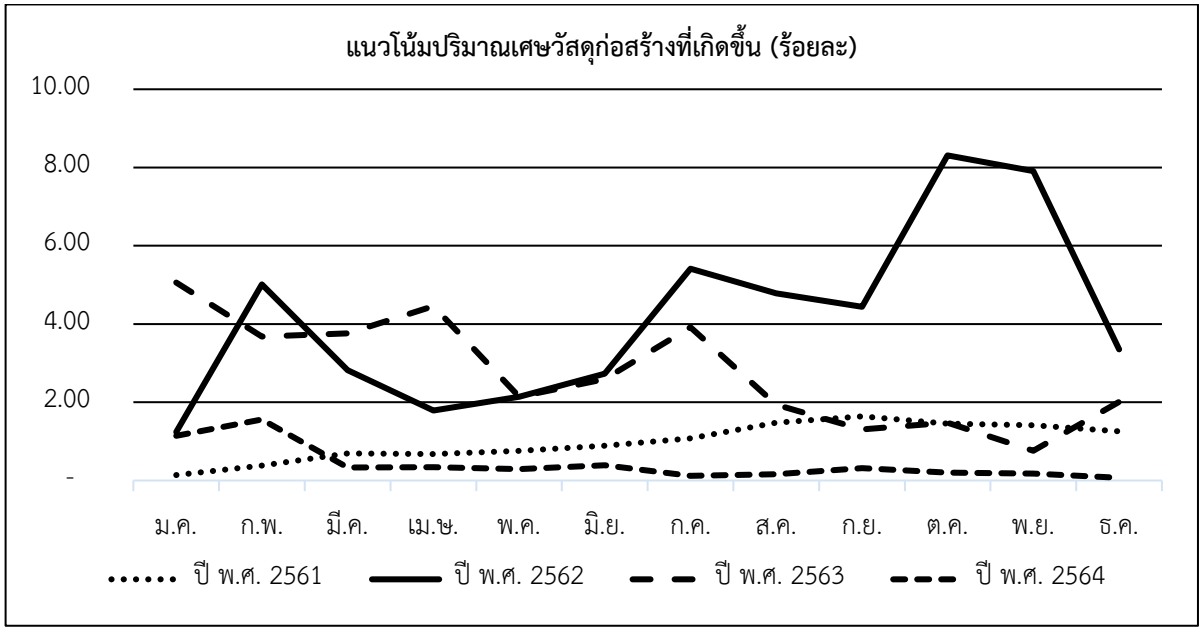
ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิด

ชนิดของวัสดุก่อสร้าง	unit	Emission Factor ($kgCO_2e$/unit)	ที่มา
ขยะมูลฝอยทั่วไป	kg	0.7933	[11]
ขยะแห้ง	kg	1.8095	[11]
ขยะเปียก	kg	0.1102	[11]
เศษพลาสติก	kg	1.3589	[11]
เศษแก้ว	kg	0.8075	[11]
เศษอลูมิเนียม	kg	0.4329	[11]
เศษคอนกรีต	m^3	261.0000	[11]
หน้ากากอนามัย	kg	1.8095	[11]
เศษกระดาษ	kg	2.9300	[12]
เศษไม้	kg	3.3300	[12]
เศษเหล็ก	kg	2.7700	[13]
ดิน/ทรายจากการขุดเจาะ	kg	0.0037	[13]
กระป๋องสี	kg	12.2359	[13]
น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	kg	0.8319	[13]

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัย การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุในโครงการก่อสร้างระบบราง: กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม ช่วงศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย - มีนบุรี สามารถสรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. แนวโน้มปริมาณเศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้น (ร้อยละ) ในระยะก่อสร้าง โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม ช่วงศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย - มีนบุรี ระหว่างเดือน มกราคม 2561 - ธันวาคม 2564 ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนี้



ภาพที่ 2 แนวโน้มเศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้น ระหว่างเดือน มกราคม 2561 - ธันวาคม 2564

จากภาพที่ 2 พบว่า ปี พ.ศ. 2562 เป็นปีที่มีเศษวัสดุจากกระบวนการก่อสร้างเกิดขึ้นมากที่สุด เนื่องจากตามแผนงานก่อสร้างโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม ปี พ.ศ. 2562 เป็นช่วงดำเนินการก่อสร้างหลัก (Construction phase) และปี พ.ศ. 2564 เป็นปีที่มีเศษวัสดุก่อสร้างเกิดขึ้นน้อยที่สุด เนื่องจากอยู่ในช่วงใกล้ปิดโครงการ (Project closure) ซึ่งมีความสอดคล้องกับวงจรชีวิตของโครงการก่อสร้าง (Project life cycle) คือ ช่วงดำเนินการก่อสร้างหลัก (พ.ศ. 2562) เป็นช่วงที่ทำให้โครงการนั้นเกิดขึ้นและสำเร็จ ต้องใช้ความพยายาม ต้นทุน และทรัพยากรในปริมาณที่สูง บนพื้นฐานของการพัฒนาแผนการดำเนินการ ซึ่งถือว่าเป็นช่วงที่สำคัญมากที่สุด และช่วงใกล้ปิดโครงการ (พ.ศ. 2564) เป็นช่วงที่ต้องใช้ความพยายาม ต้นทุน และทรัพยากรในปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากงานที่ทำไปทั้งหมดนั้น ได้เป็นไปตามเป้าหมายและแผนการตามที่ได้วางไว้แล้ว [14-16]

ตารางที่ 4 ปริมาณเศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้น ระหว่างเดือน มกราคม 2561 - ธันวาคม 2564

วัสดุก่อสร้าง	Unit	ปริมาณเศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้น				รวม (ปริมาณ)
		พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2564	
ขยะมูลฝอยทั่วไป	kg	568,033.28	1,041,451.80	1,121,284.24	1,082,247.69	3,813,017.01
ขยะแห้ง	kg	1,116.00	2,027.00	1,410.00	7,259.00	11,812.00
ขยะเปียก	kg	1,088.00	3,658.00	2,519.00	1,505.00	8,770.00
เศษพลาสติก	kg	1,196.00	1,333.00	1,253.75	906.25	4,689.00
เศษกระดาษ	kg	554.00	1,205.00	2,563.00	1,755.00	6,077.00
เศษแก้ว	kg	1,196.00	612.96	1,486.75	961.25	4,256.96
เศษเหล็ก	kg	4,336.00	9,357.00	8,415.00	6,461.70	28,569.70
เศษอลูมิเนียม	kg	-	-	2,511.00	2,685.00	5,196.00
เศษไม้	kg	3,896.00	1,618.00	3,272.50	4,973.00	13,759.50
ดิน/ทรายจากการขุดเจาะ	ton	763,013.85	1,731,271.15	1,400,072.63	129,775.08	4,024,132.71
เศษคอนกรีต	m^3	6,798.86	646,121.09	323,254.81	85,180.83	1,061,355.59
หน้ากากอนามัยใช้แล้ว	kg	290.00	640.00	895.70	737.50	2,563.20
กระป๋องสี	kg	-	-	214.00	102.00	316.00
น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	kg	32,005.10	1,637.00	9,186.00	36,387.00	79,215.10
ร้อยละ		**11.86**	**49.93**	**33.11**	**5.10**	

หมายเหตุ: โดยนิยามแล้ว ขยะแห้ง และขยะเปียก คือ ส่วนหนึ่งของขยะมูลฝอยทั่วไป แต่สัญญาก่อสร้างบางสัญญา ถูกระบุให้เก็บข้อมูลแยกเป็นประเภท ขยะแห้ง และขยะเปียก และบางสัญญา ถูกระบุให้เก็บข้อมูลรวมทั้งขยะแห้ง และขยะเปียก (ขยะมูลฝอยทั่วไป) เข้าด้วยกัน

จากตารางที่ 4 พบว่า เศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้นมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกันในหน่วยกิโลกรัม คือ เศษดิน/ทรายจากการขุดเจาะ มีปริมาณมากถึง 4,024,132,710.00 กิโลกรัม (รวม 4 ปี) สาเหตุที่เศษดิน/ทรายจากการขุดเจาะ มีปริมาณมากที่สุดในกระบวนการก่อสร้างโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม เนื่องจากมีการขุดเจาะเปิดหน้าดิน เพื่อการก่อสร้างฐานราก และการขุดเจาะอุโมงค์ใต้ดิน ส่งผลให้เศษดิน/ทรายจากการขุดเจาะ มีปริมาณมากที่สุด ลำดับรองลงมา คือ เศษคอนกรีต มีปริมาณมากถึง 1,061,355.59 ลูกบาศก์เมตร หรือ 2,547,253,416.00 กิโลกรัม (รวม 4 ปี) สาเหตุที่คอนกรีตมีปริมาณมากรองลงมา เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้าง นอกจากนี้ยังต้องมีการรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างบริเวณแนวสายทางโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม

2. ประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากเศษวัสดุแต่ละชนิดของกิจกรรมงานก่อสร้างแต่ละประเภทในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม ระหว่างเดือน มกราคม 2561 - ธันวาคม 2564 ดังแสดงในตารางที่ 5 - 8 ดังนี้

ตารางที่ 5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุก่อสร้างของงานก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง และสถานีใต้ดิน

วัสดุก่อสร้าง	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก				รวม ($tonCO_2e$)
	พ.ศ. 2561 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2562 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2563 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2564 ($tonCO_2e$)	
ขยะมูลฝอยทั่วไป	356.87	527.61	575.65	412.98	1,873.11
เศษแก้ว	0.96	1.08	0.31	0.14	2.49
เศษพลาสติก	1,625.24	1,811.41	520.12	232.71	4,189.48
ดิน/ทรายจากการขุดเจาะ	2,142.19	5,763.19	4,922.55	372.66	13,200.59
เศษคอนกรีต	1,257.33	167,106.32	81,488.64	12,478.67	262,330.96
เศษไม้	0.42	2.68	2.74	9.16	15.00
เศษเหล็ก	-	8.03	2.22	0.25	10.50
น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	0.84	1.06	0.77	0.19	2.86
หน้ากากอนามัยใช้แล้ว	0.52	0.75	0.58	0.39	2.24
ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก					**277,441.96**

จากตารางที่ 5 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของงานอุโมงค์ทางวิ่ง และสถานีใต้ดิน พบว่า เศษวัสดุก่อสร้างที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ เศษคอนกรีต โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 262,330.96 $tonCO_2e$ ลำดับรองลงมา คือ เศษดิน/ทรายจากการขุดเจาะ โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 13,200.59 $tonCO_2e$ โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 277,441.96 $tonCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 93.99 จากกิจกรรมงานก่อสร้างทั้ง 4 กิจกรรม

ตารางที่ 6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุก่อสร้างของงานก่อสร้างโครงสร้างยกระดับ

วัสดุก่อสร้าง	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก				รวม ($tonCO_2e$)
	พ.ศ. 2561 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2562 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2563 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2564 ($tonCO_2e$)	
ขยะมูลฝอยทั่วไป	89.41	220.14	298.84	435.42	1,043.81
ดิน/ทรายจากการขุดเจาะ	680.82	635.34	249.44	104.57	1,670.17
เศษคอนกรีต	504.77	1,389.82	2,332.56	8,854.95	13,082.10
น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	-	-	-	20.18	20.18
หน้ากากอนามัยใช้แล้ว	-	-	-	0.055	0.055
ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก					**15,816.32**

จากตารางที่ 6 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของงานก่อสร้างโครงสร้างยกระดับ พบว่า เศษวัสดุก่อสร้างที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ เศษคอนกรีต โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 13,082.10 $tonCO_2e$ ลำดับรองลงมา คือ เศษดิน/ทรายจากการขุดเจาะ โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 1,670.17 $tonCO_2e$ โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 15,816.32 $tonCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 5.36 จากกิจกรรมงานก่อสร้างทั้ง 4 กิจกรรม

ตารางที่ 7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุก่อสร้างของงานก่อสร้างอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง

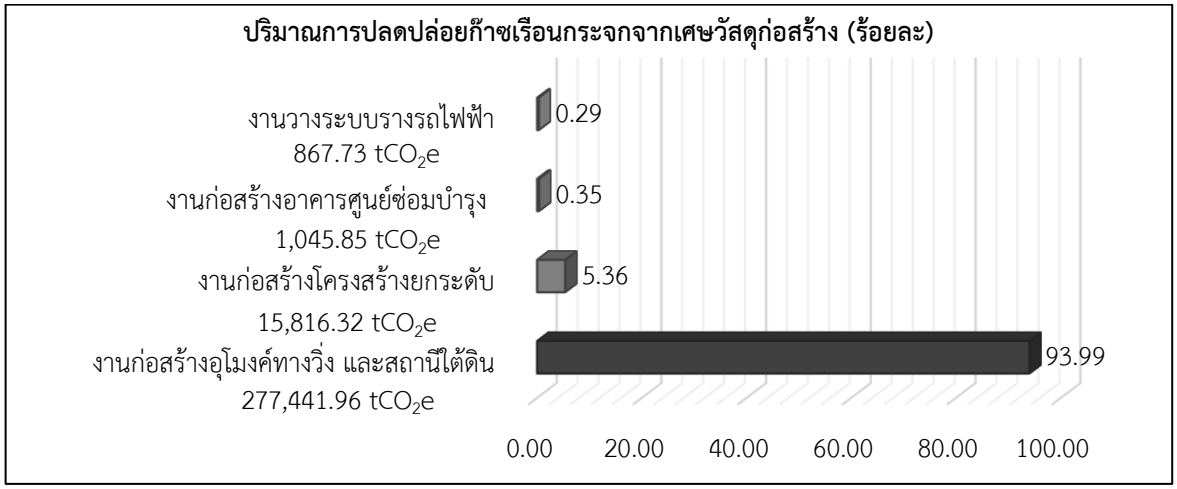
วัสดุก่อสร้าง	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก				รวม ($tonCO_2e$)
	พ.ศ. 2561 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2562 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2563 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2564 ($tonCO_2e$)	
ขยะมูลฝอยทั่วไป	3.85	77.04	8.17	3.90	92.96
ขยะแห้ง	2.02	3.67	4.90	2.55	13.14
ขยะเปียก	0.12	0.40	0.28	0.16	0.96
เศษแก้ว	-	-	0.89	0.64	1.53
เศษพลาสติก	-	-	1.18	1.00	2.18
เศษกระดาษ	1.62	3.53	7.51	5.14	17.80
ดิน/ทรายจากการขุดเจาะ	0.14	7.17	8.27	2.93	18.51
เศษคอนกรีต	1.96	116.67	318.11	325.42	762.16
เศษไม้	12.56	2.70	8.16	7.40	30.82
เศษอลูมิเนียม	-	-	1.09	1.16	2.25
เศษเหล็ก	12.01	17.88	21.09	17.65	68.63
กระป๋องสี	-	-	2.62	1.25	3.87
น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	25.79	0.30	2.51	0.092	28.69
หน้ากากอนามัยใช้แล้ว	-	0.40	1.04	0.89	2.33
ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก					**1,045.85**

จากตารางที่ 7 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของงานก่อสร้างอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดแล้วจร พบว่า เศษวัสดุก่อสร้างที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ เศษคอนกรีต โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 762.16 $tonCO_2e$ ลำดับรองลงมา คือ ขยะมูลฝอยทั่วไป โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 92.96 $tonCO_2e$ โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 1045.85 $tonCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 0.35 จากกิจกรรมงานก่อสร้างทั้ง 4 กิจกรรม

ตารางที่ 8 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุก่อสร้างของงานวางระบบรางรถไฟฟ้า

วัสดุก่อสร้าง	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก				รวม ($tonCO_2e$)
	พ.ศ. 2561 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2562 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2563 ($tonCO_2e$)	พ.ศ. 2564 ($tonCO_2e$)	
ขยะมูลฝอยทั่วไป	0.47	1.39	6.85	6.24	14.95
เศษคอนกรีต	10.44	24.80	230.20	573.16	838.60
หน้ากากอนามัยใช้แล้ว	-	-	4.36	9.80	14.16
ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก					**867.73**

จากตารางที่ 8 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของงานวางระบบรางรถไฟฟ้า พบว่า เศษวัสดุก่อสร้างที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ เศษคอนกรีต โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 838.60 $tonCO_2e$ ลำดับรองลงมา คือ ขยะมูลฝอยทั่วไป โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 14.95 $tonCO_2e$ โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 867.73 $tonCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 0.29 จากกิจกรรมงานก่อสร้างทั้ง 4 กิจกรรม



ภาพที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุของกิจกรรมงานก่อสร้างแต่ละประเภท

จากภาพที่ 3 พบว่า โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีส้ม งานก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง และสถานีใต้ดินมีส่วนอย่างมากต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการก่อสร้างระบบราง (ในแง่ของการใช้วัสดุในกระบวนการก่อสร้าง) ถึงแม้ว่าอุโมงค์จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และจำเป็นต่อโครงสร้างพื้นฐานอย่างงานระบบราง แต่สิ่งที่สำคัญ คือ ต้องทราบถึงผลกระทบของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการก่อสร้างอุโมงค์ด้วย ผลการวิจัย พบว่า งานก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่งและสถานีใต้ดิน มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุก่อสร้างมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมงานก่อสร้างอื่น ๆ เนื่องจากงานก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง เป็นงานที่ต้องมีการปรับปรุง ขุดเจาะดินในปริมาณที่มหาศาล และต้องมีการเสริมส่วนที่เป็นผนังคอนกรีต (Concrete segment) เข้าไป ตามระยะทางของอุโมงค์ เพื่อไม่ให้เกิดการพังทลายของดิน ส่งผลให้งานก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่งและสถานีใต้ดิน มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูง ซึ่งผลการวิจัยมีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ผ่านมา [17-20]

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเศษวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดจากทั้ง 4 กิจกรรมงานก่อสร้าง พบว่า เป็นไปในทำนองเดียวกัน คือ เศษคอนกรีต มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ซึ่งเป็นเศษวัสดุที่เกิดขึ้นมากเป็นอันดับที่สอง อีกทั้งยังมีค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ที่มากถึง 261 $kgCO_2e/m^3$ [11, 21] ส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าเศษวัสดุก่อสร้างอื่นหลายเท่า ซึ่งข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่ได้กล่าวถึงในทำนองเดียวกันว่า คอนกรีตมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างประเภทอื่น ๆ [7, 22-24]

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากเศษวัสดุแต่ละชนิดของกิจกรรมงานก่อสร้างแต่ละประเภทในโครงการก่อสร้างระบบราง

ผลการวิจัย พบว่า งานก่อสร้างอุโมงค์ทางวิ่ง และสถานีใต้ดิน มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเศษวัสดุก่อสร้างมากที่สุด 277,441.96 $tonCO_2e/km$ คิดเป็นร้อยละ 93.99 โดยเศษวัสดุที่เป็นสาเหตุของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ เศษคอนกรีต โดยมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึง 262,330.96 $tonCO_2e$ และเศษวัสดุที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลำดับรองลงมา คือ เศษดิน/ทรายจากการขุดเจาะ โดยมีค่าการปลดปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกมากถึง 13,200.59 tonCO_2e ดังนั้น เพื่อให้เกิดการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากเศษวัสดุก่อสร้าง ควรให้ความสำคัญในเรื่องของการบริหารจัดการเศษวัสดุในโครงการก่อสร้างแต่ละประเภท ซึ่งจะเกิดขยะจากเศษวัสดุมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด

ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยในเชิงปฏิบัติ เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณขยะจากเศษวัสดุก่อสร้างให้เหลือน้อยที่สุด ดังนี้

1. ขยะจากงานก่อสร้างนั้น ล้วนเกิดจากตัวบุคคลเป็นหลัก เพราะฉะนั้น ควรเริ่มจากการอบรมปลูกจิตสำนึกในการตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมให้แก่แรงงานและบุคลากรทุกระดับชั้น เพื่อเป็นพื้นฐานทางความคิด ทัศนะคติ และจิตสำนึก ซึ่งจะทำให้เรื่องของการบริหารจัดการขยะนั้น เป็นเรื่องที่ง่ายขึ้น 2. ควรมีการออกแบบที่สมบูรณ์ และมีการจัดซื้อวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสม ใช้วัสดุก่อสร้างให้คุ้มค่า ก่อให้เกิดเศษวัสดุน้อยที่สุด โดยใช้หลักการการลด (Reduce) คือ แนวทางการลดปริมาณขยะจากเศษวัสดุที่มีประสิทธิภาพ และ 3. เมื่อเกิดขยะจากเศษวัสดุขึ้นแล้ว ควรนำเศษวัสดุบางส่วนที่ยังสามารถใช้งานได้กลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) ในบางพื้นที่ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการก่อสร้าง ซึ่งเป็นแนวทางการลดปริมาณขยะจากเศษวัสดุก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพอีกแนวทางหนึ่ง

งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมก่อสร้างทุกภาคส่วน และสามารถพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ทั้งองค์กรเอกชน หน่วยงานภาครัฐ และสถาบันการศึกษา ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิง และเป็นการกำหนดแนวทางในการดำเนินการในอนาคตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อลดปริมาณขยะ ไม่ว่าจะเป็นขยะจากเศษวัสดุก่อสร้างหรือเศษขยะอื่น ๆ ให้เหลือน้อยที่สุด อันเป็นสาเหตุของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การเก็บข้อมูลปริมาณขยะบางชนิดของงานวิจัยนี้ ได้จากการประมาณการ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน งานวิจัยต่อไปในอนาคต ควรมีวิธีการหรือเครื่องมือที่มีความทันสมัย เพื่อความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. งานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาเฉพาะการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะจากเศษวัสดุก่อสร้าง โดยงานวิจัยนี้ยังไม่รวมถึงแหล่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emissions source) อื่น ๆ เช่น การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง การใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้งานเครื่องจักร การผลิตวัสดุ การขนส่งวัสดุ และการกำจัดเศษวัสดุ จึงยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่า งานอุโมงค์ทางวิ่ง และสถานีใต้ดิน ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด และงานวิจัยต่อไปในอนาคตควรพิจารณาถึงการวิเคราะห์เชิงนิเวศเศรษฐกิจถึงความคุ้มค่า ซึ่งจะสามารถทำให้ได้ข้อสรุปที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้มอบทุนอุดหนุนตลอดทั้งโครงการวิจัย ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Mass Rapid Transit Authority of Thailand, A State Enterprise Under Supervisor of Minister of Transport. Report on the implementation of environmental impact prevention and correction measures and environmental impact monitoring measures, The Mass Rapid Transit Orange Line Construction Project (Thailand Cultural Center - Lumsumlee - Min Buri Section). PMCSC2. 2021. Thai.
2. Wichittra S. Waste Management in Environmental Impact Reduction of the Bangsue - Rangsit Railway: A Case Study of Donmueng Station. M.S. thesis, Department of Engineering and Business Management, Faculty of Engineering, Thammasat University. 2016. Thai.
3. Kawee W, Seksan P. Solid Waste Management from BTS Sky Train Construction (A Perspective of Contractors). RMUTP Research Journal. 2013; 7(1): 28-32. Thai.
4. Chokdee Y, Tortrakun Y, Thippawan B. Construction Waste Management for Sustainable Environment. Modern Management Journal. 2011; 9(1): 56-68. Thai.
5. Pollution Control Department. Summary of Thailand Pollution Situation. [Online]. 2021. Available from: http://www.pcd.go.th
6. The United Nations Environment Programme. Sustainable Consumption & Production Branch: Resource Efficient and Cleaner 895 Production. [Online]. 2020. Available from: http://www.unep.fr/scp/cp/
7. Dean B, Dulac J, Petrichenko K, Graham P. Towards zero-emission efficient and resilient building: Global status report 2016. Global alliance for Building and Construction (GABC). France. 2016.
8. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for national greenhouse inventories. World book. Intergovernmental Panel on Climate Change. France. 2007.
9. Chalita S, Thanutyot S. Comparative Greenhouse Gas Evaluation of House Construction: A Conventional House versus an Interlocking Block House. The Journal of KMUTNB. 2020; 30(4): 570-577. Thai.
10. Thai greenhouse gas management organization. The Guidelines of product carbon footprint assessment. Carbon Label and Carbon Footprint for Organization. Bangkok: Thai publisher; 2015. Thai.
11. National Metal and Materials Technology Center (MTEC). Thai National Life Cycle Inventory Database. [Online]. 2021. Available from: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th
12. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Vol. 5 Waste. [Online]. 2021. Available from: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html
13. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC Data - Emission Factor Database (EFDB). [Online]. 2022. Available from: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php
14. Narong L. Construction Management. 3rd ed. Administrative Correspondence. Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. 2012.

15. Rory B. Project Management. 4th ed, London: John wiley & sons. 2003.
16. William R. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. 6th ed. Project Management Institute. 2018.
17. Brenda C, Alissa K. Life cycle greenhouse gas assessment of infrastructure construction of California's high-speed rail system. Transportation Research Part D. 2011; 16(6): 429-434.
18. Lee JY, Lee CK, Chun YY. Greenhouse gas emissions from high-speed rail infrastructure construction in Korea. Transportation Research Part D. 2020; 87: 102514.
19. James A, Pritchard JA, John P. Understanding the contribution of tunnels to the overall energy consumption of and carbon emissions from a railway. Transportation Research Part D 65. 2018; 65: 551-563.
20. Sakdirat K, Jessada S, Shuonan Y. Global warming potentials due to railway tunnel construction and maintenance. Applied Sciences. 2020; 10(18): 6459.
21. Hathaikarn H. Energy Consumption and Greenhouse Gas Assessment during Life Cycle of Animal Laboratory Building in Chiang Mai University. M.S. thesis, Department of Energy Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University. 2014. Thai.
22. Koroneos A, Dompros T, Loizidou M. Life cycle assessment of an office building in Greece. Journal of School Chemical Engineering. 2007.
23. Eléonore L, et al. Green economy and related concepts: an overview. Journal of Cleaner Production. Elsevier. 2016; 139: 361-371.
24. Asif M, Muneer T, Kelly R. Life Cycle Assessment: A case study of a dwelling home in Scotland. Journal of Science Direct Building and Environment. 2007; 42: 1391-1394.