การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะ ภายใต้แนวความคิดกรีนโลจิสติกส์ กรณีศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

The Study of Greenhouse Gas Emission from Transportation of Waste under Green Logistic Concept with The Study Case of Chulachomklao Royal Military Academy

อัญพัชร์ คงวัฒนานันทน์ การุณย์ ชัยวณิชย์ กิตติศักดิ์ พิมพ์ขัน* วิชญ์ชพล พลตื้อธนะกูล ณัฐชนน บุญทักษ์ ธนพนธ์ อ้นเพียรเอก นนทกร สิงหเสนี เดชนะ ชลสวัสดิ์ ปรัตถกร คัมภิรานนท์ และ ปฏิภาณ ทีปรักษพันธุ์

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า อ.เมือง จ.นครนายก 26001 E-mail: Kittisak.ph@crma.ac.th*

Anyapat Kongwattananan Karun Chaiyawanit Kittisak Phimkan* Witchapon Pontuethanagoon Natchanon Boontak Thanapon On-pienake Nonthakorn Singhasanee Dejana Cholsawasdi Parattakorn Khampiranon and Pathiphan Theeparaksaphun

Department of Industrial Engineering, The Ordnance Engineering, Chulachomklao Royal Military Academy, Muang, Nakhon Nayok, 26001, E-mail: Kittisak.ph@crma.ac.th*

Received 25 Apr 2025; Revised 17 Jun 2025
Accepted 7 Aug 2025; Available online 30 Dec 2025

บทคัดย่อ

การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะภายใต้แนวความคิดกรีนโลจิสติกส์ กรณีศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้ามีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะของหน่วยขึ้นตรงโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า และเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างรถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซลแบบเดิมและระบบไฟฟ้า จากการเก็บข้อมูลการขนส่งขยะระหว่างวันที่ 4 กันยายน – 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 พบว่าในการขนส่งขยะใช้รถขนส่งขยะเครื่องยนต์ดีเซลยี่ห้อ HINO รุ่น FG8JJ1A-JJT เป็นรถขนขยะแบบอัดท้าย น้ำหนักบรรทุก 10 ตัน มีเส้นทางการขนส่งขยะจำนวน 4 เส้นทาง มีระยะทางการขนส่งขยะ 12,174.24 กิโลเมตรต่อปี ใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 27,612 ลิตรต่อปี หรือเท่ากับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 74,516.50 $kgCO_2eq$/ปี ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้รถขนส่งขยะระบบไฟฟ้า ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ร้อยละ 60 หรือเท่ากับ 44,709.9 $kgCO_2eq$/ปี การประมาณต้นทุนส่วนเพิ่มจากการลดก๊าซเรือนกระจกพบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้และยังสามารถลดต้นทุนสุทธิได้ 4.97 บาทต่อ 1 $kgCO_2eq$ แสดงว่าในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1 $kgCO_2eq$ สามารถลดค่าใช้จ่ายลง 4.97 บาท และทำให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนชนิดของรถขนส่งขยะและการใช้เชื้อเพลิงเพื่อคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ สามารถใช้เป็นกรณีศึกษาในการพัฒนาระบบขนส่งขยะในพื้นที่อื่น ๆ

เพื่อให้เกิดความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นในอนาคต และเป็นการตอบสนองมาตรการการขับเคลื่อนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0

คำหลัก: กรีนโลจิสติกส์ รถขนขยะระบบไฟฟ้า ต้นทุนส่วนเพิ่ม

Abstract

The study of Greenhouse gas emission from transportation of waste under green logistic concept with the study case of Chulachomklao Royal Military Academy aimed to observe the amount of Greenhouse gas emission from transportation of waste of Chulachomklao Royal Military Academy, and to compare Greenhouse gas emission from waste trucks that use general diesel engine and ones that are electric. According to the data collected during September 1st – November 30th , 2024, it was found that when using HINO diesel-engine trucks model FG8JJ1A-JJT, which is a compact garbage truck, as vehicles for transportation with 10 tons loading, running 4 routes that equals 12,174.24 km/year, 27,612 liters of diesel fuel was used created 74,516.50 $kgCO_2eq$/year of Greenhouse gas emission. Therefore, the author proposed the guidelines for reducing the emissions by using electric vehicles. It will help decrease 60 percent of greenhouse gas emissions which equals 44,709.9 $kgCO_2eq$/year. And when calculating marginal cost, it was found that net costs were reduced by 4.97 baht/ 1 $kgCO_2eq$. This indicates that the project can create benefits by reducing the emissions and enhance the significance of changes and improvements of using different types of vehicles that also environment-friendly and economic benefits. It can be used as a case study for improvement in other areas, for sustainability and environment in the future. And it is a response to the measures driving the reduction of greenhouse gas emissions under the Thailand 4.0 policy.

Keywords: Green Logistic, Electric waste truck, Marginal cost

1. บทนำ

ปัจจุบันอุณหภูมิและปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลกได้เพิ่มสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่าหากสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิของโลกจะเพิ่มสูงขึ้นจนไม่สามารถหยุดการเปลี่ยนแปลงได้ และจะเกิดผลกระทบต่อการดำรงอยู่ของมนุษยชาติ ทำให้ทุกประเทศต้องร่วมกันในการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงได้มีการจัดตั้งรัฐภาคีว่าด้วยอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) ขึ้น ประเทศไทยในฐานะสมาชิกรัฐภาคีอนุสัญญา UNFCCC และประเทศที่เข้าร่วมรับรองพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งเป็นข้อตกลงที่กำหนดพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจก จึงได้แสดงเจตจำนงการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ และพร้อมดำเนินตามเป้าหมายของประเทศ ในการร่วมมือกับประชาคมโลกต่อสู้กับปัญหาโลกร้อน ในปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประมาณ 243.6 $MtCo_2eq$ (ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) (หน่วย CO_2eq หรือ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หมายถึง หน่วยวัดทางเมตริกที่ใช้เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่างๆ บนพื้นฐานของศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (GWP) โดยการแปลงปริมาณของก๊าซอื่นๆ ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณเทียบเท่าที่มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากัน) โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการขนส่ง 81.6 $MtCO_2eq$ หรือประมาณ 34% ภาคการผลิตไฟฟ้า 89.6 $MtCO_2eq$ หรือประมาณ 37% ภาคอุตสาหกรรม 59.2 $MtCO_2eq$ หรือประมาณ 24%

ภาคอื่นๆ เช่น ภาคครัวเรือน เกษตรกรรม พาณิชยกรรม 13.2 $MtCO_2eq$ หรือประมาณ 5% [1] ซึ่งในภาคการขนส่งถือได้ว่าเป็นภาคส่วนหลักที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำหรับแนวนโยบายการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของประเทศ กระทรวงคมนาคมได้ตั้งเป้าหมายให้มีการพัฒนาการขนส่งอย่างยั่งยืน และสนับสนุนให้ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง โดยมีมาตรการหลัก 4 มาตรการ คือ 1. มุ่งเน้นให้ภาคการขนส่งสาธารณะของประเทศมีการใช้พลังงานสะอาดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิง 2. สนับสนุนให้มีการใช้ยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน 3. ปรับปรุงการเชื่อมต่อของโครงข่ายการคมนาคม และปรับปรุงระบบขนส่งให้มีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานมากขึ้น 4. ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเลือกรูปแบบการเดินทางไปใช้ระบบขนส่งสาธารณะ และลดความต้องการเดินทางที่ไม่จำเป็น [2]

โลจิสติกส์สีเขียว (Green Logistics) คือ กระบวนการจัดการทั้งหมดที่เกี่ยวกับการขนส่งสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นแนวทางที่ถูกยกเป็นวาระสำคัญและ สอดคล้องกับแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2564-2573 สาขาคมนาคมขนส่งที่ต้องการลดก๊าซเรือนกระจกรวม 41 $MtCO_2eq$ (ล้านตันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) โดยมี 3 แนวทาง คือ 1)การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพที่สามารถปฏิบัติได้สะดวกที่สุด 2)การใช้เทคโนโลยีดักจับ CO_2 เป็นแนวทาง ที่อาจมีอุปสรรคจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ จึงต้องรอการปรับปรุงในอนาคต และ 3)การสนับสนุนให้ใช้รถบรรทุก Zero Emission Vehicle (ZEV) แทนรถบรรทุกเครื่องยนต์สันดาปภายใน (ICE) ที่แม้ว่าปัจจุบันจะยังมีราคาที่สูง แต่ประเมินว่าผลประโยชน์สุทธิจากการใช้รถบรรทุก ZEV จะสามารถชดเชยส่วนต่างราคารถ และค่าใช้จ่ายในการใช้งานระหว่างรถ ZEV และ ICE ภายใน 3-4 ปี [3]

คณะวิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของสนับสนุนแนวนโยบายด้านการใช้พลังงานสะอาด ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการขนส่ง ซึ่งเป็นภาคส่วนหลักที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงได้เลือกศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งขยะภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าภายใต้แนวคิดกรีนโลจิสติกส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะของหน่วยขึ้นตรงโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า และเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างรถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซลแบบเดิมและระบบไฟฟ้า ขอบเขตของงานวิจัยจะดำเนินการเก็บข้อมูลระยะทางการขนส่งขยะและปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ระหว่างวันที่ 1 กันยายน – 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 พร้อมกับคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้ำมันดีเซลที่ใช้ของรถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซลแบบเดิมกับกรณีเปลี่ยนรถขนขยะเป็นระบบไฟฟ้า

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะภายใต้แนวความคิดกรีนโลจิสติกส์ กรณีศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีต่างๆ ดังนี้

2.1 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs)

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) คือ กลุ่มก๊าซในชั้นบรรยากาศโลกที่สามารถกักเก็บ และดูดกลืนคลื่นความร้อนหรือรังสีอินฟราเรด (Infrared) ที่ส่งผ่านลงมายังพื้นผิวโลกจากดวงอาทิตย์ได้ดี ก่อนทำการปลดปล่อยพลังงานดังกล่าวออกมาในรูปของความร้อน ซึ่งทำให้โลกเกิด “ภาวะเรือนกระจก” ที่สามารถช่วยรักษาสมดุลของอุณหภูมิพื้นผิวดาวเคราะห์ไว้ได้ โดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศอย่างฉับพลันในช่วงระหว่างกลางวันและกลางคืน ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิ ที่อบอุ่นและเหมาะสมต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต ก๊าซเรือนกระจกมีแหล่งกำเนิดมาจากทั้งในธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งนับตั้งแต่เริ่มยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมในช่วงปลายศตวรรษที่ 18 เป็นต้นมา การสะสมของก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มปริมาณสูงขึ้นกว่าที่เคยมีมาในอดีต ส่งผลกระทบต่อทั้งสภาพอากาศ สภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตเป็นวงกว้าง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศ ภาวะโลกร้อน โรคภัยต่าง ๆ ที่มาพร้อมกับมลพิษทาง

อากาศ การขาดแคลนอาหารและน้ำ รวมถึงการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงยิ่งขึ้น เกิดเป็นผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของโลกอย่างที่นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถคาดการณ์ได้ [4] ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโตมี 6 ชนิด โดยเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic greenhouse gas emission) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) [5] ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$E = AD \times EF \quad (1)$$

โดยที่ E คือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในหน่วย CO_2eq AD คือข้อมูลกิจกรรมทั้งข้อมูลปฐมภูมิหรือข้อมูลทุติยภูมิ EF คือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.2 กรีนโลจิสติกส์

โลจิสติกส์สีเขียวเป็นการใช้เทคโนโลยีและวิธีการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อลดผลกระทบต่อโลก โดยลดการใช้พลังงานที่เป็นมลพิษ การใช้วัสดุที่มีการกำหนดมาตรฐานสิ่งแวดล้อม และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งการนำหลักการเหล่านี้มาปรับใช้ในกระบวนการขนส่งและโลจิสติกส์จะช่วยลดการมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติแนวทางการปฏิบัติ (Best practices) ของ Green Logistics สามารถแบ่งได้เป็น 6 แนวทาง [6] ได้แก่

2.2.1 การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้า (Model Shift) คือการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าจากรูปแบบที่มีการปลดปล่อยมลภาวะสูง เช่น การขนส่งทางถนนด้วยรถบรรทุก ไปสู่รูปแบบการขนส่งสินค้าที่ปลดปล่อยมลพิษน้อยกว่า เช่น การขนส่งทางรางด้วยรถไฟ

2.2.2 การขนส่งสินค้าร่วมกัน (Joint Transportation) คือการปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งสินค้า (Load efficiency) โดยการรวบรวมสินค้าจากผู้ประกอบการโลจิสติกส์หลายรายเข้าด้วยกัน เพื่อให้ลดพื้นที่ว่างในการขนส่งสินค้าในแต่ละคราว รวมทั้งลดการขนส่งเที่ยวเปล่าและการบรรทุกสินค้าให้เต็มรถ (Backhaul & Full Truck Load) แต่ก็ต้องไม่เกินพิกัดน้ำหนักที่กฎหมายกำหนดเพราะการที่รถบรรทุกน้ำหนักเกินพื้นถนนรองรับได้ก็ถือเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

2.2.3 การรวมและการจัดวางตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้า (Unification and Relocation of Cargo Bases) คือการจัดวางตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้า เพื่อลดระยะทางในการขนส่งและรอสินค้าของผู้ซื้อหรือผู้สั่งออเดอร์ทั้งหมด (Lead Time) และลดระยะเวลาการขนส่งสินค้า (Delivery Time) ซึ่งจะทำให้การปลดปล่อยมลพิษจากการขนส่งสินค้าลดลงตามระยะเวลาที่ขนส่งด้วย ทั้งนี้รวมถึงการรวบรวมสินค้าจากผู้ประกอบการหลายรายไว้ที่จุดพักสินค้า แล้วจัดเส้นทางเพื่อขนส่งสินค้าร่วมกันด้วย

2.2.4 เทคโนโลยี คือการใช้เทคโนโลยีในการลดก๊าซเรือนกระจก และมลพิษ รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินธุรกิจ เช่น การใช้ยานพาหนะที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ยานพาหนะไฟฟ้า การใช้อุปกรณ์ดักจับมลพิษจากท่อไอเสีย การใช้เครื่องวัดความเร็ว (tachometer) เพื่อตรวจสอบการให้บริการของยานพาหนะ Eco-Wrapping เน้นการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น ใช้บรรจุภัณฑ์จากกระดาษรีไซเคิล และปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์จากกระดาษมาเป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2.2.5 โครงสร้างพื้นฐาน คือการสร้างและการดูแลบำรุงรักษาพื้นฟูสภาพโครงสร้างพื้นฐานคมนาคมขนส่ง เช่น ถนน สถานีขนส่งสินค้า สถานีรถไฟ ท่าเรือ สนามบิน สถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อทำให้การขนส่งสินค้าในภาพรวมเป็นได้ไปอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคม ซึ่งในอนาคตจะมีส่วนในการรับส่งข้อมูลที่ใช้ดำเนินการในกิจกรรมขนส่งสินค้าด้วย

2.2.6 นโยบายภาครัฐ การสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศ คือการออกนโยบายและการสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศระหว่างภาครัฐของประเทศต่างๆ เพื่อลดก๊าซเรือนกระจกและมลพิษในภาคการขนส่ง ทั้งการขนส่งสินค้าและการขนส่งผู้โดยสาร

2.3 แนวคิดต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost)

การดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจก มีเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินและนำเสนอผลลัพธ์ของการดำเนินงานในหลายๆ ทางเลือก Marginal Abatement Cost Curve (MACC) เป็นการประเมินต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปต้นทุนสุทธิ (ต้นทุน - ผลประโยชน์) ในกรณีใช้มาตรการเทียบกับกรณีปกติ (Baseline Case) โดยส่วนต่างดังกล่าวเรียกว่า "ต้นทุนส่วนเพิ่ม" วิธีการคำนวณแสดงดังสมการที่ 2 [7]

$$\text{MAC} = \frac{C_{\text{กรณีปกติ}} - C_{\text{กรณีใช้มาตรการ}}}{E_{\text{กรณีใช้มาตรการ}} - E_{\text{กรณีปกติ}}} \qquad (2)$$

โดยที่ MAC คือต้นทุนส่วนเพิ่มจากการลดก๊าซเรือนกระจก $C_{\text{กรณีปกติ}}$ คือต้นทุนสุทธิของกรณีปกติ $C_{\text{กรณีใช้มาตรการ}}$ คือต้นทุนสุทธิของกรณีใช้มาตรการ $E_{\text{กรณีใช้มาตรการ}}$ คือปริมาณการปล่อย GHGs จากกรณีใช้มาตรการ $E_{\text{กรณีปกติ}}$ คือปริมาณการปล่อย *GHGs* จากกรณีปกติ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยจำนวน 4 ผลงาน เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยเรื่องการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะภายใต้แนวความคิดกรีนโลจิสติกส์ กรณีศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยพงศธร เหล่าอันและคณะ, สมชาย โอตป์ฉิมพลี ได้ผลการวิจัยว่าการใช้รถไฟฟ้าแทนรถน้ำมันสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตรได้ใช้ตัวแปรต้นทุนส่วนเพิ่มในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ร่วมกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการดำเนินโครงการ ภูรี สิรสุนทรและคณะ พบว่าในปี 2565 รถไฟฟ้าจะสามารถใช้ทดแทนรถเครื่องยนต์ดีเซลได้อย่างคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยรายละเอียดของทั้ง 4 ผลงานวิจัยแสดงดังนี้

พงศธร เหล่าอันและคณะ [8] ปัจจุบันภาคการขนส่งในประเทศไทยมีการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมาก การใช้พลังงานไฟฟ้าทดแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถโดยสารประจำทางในเขตเมืองเป็นหนึ่งมาตรการที่น่าสนใจ การศึกษานี้มี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ เสนอการใช้รถไฟฟ้าแทนรถน้ำมัน การศึกษานี้ได้สำรวจข้อมูลการให้บริการ ลักษณะของรถ และอัตราการใช้น้ำมันของระบบรถโดยสารประจำทางในเขตเมืองขอนแก่นจำนวน 12 สาย ด้วยการสัมภาษณ์เสนอการใช้รถไฟฟ้าแทนรถน้ำมันผู้ขับรถโดยสารประจำทาง ผลการศึกษาพบว่าระบบรถโดยสารประจำทางใช้น้ำมันดีเซลในเขตเมืองขอนแก่น มีอัตราการใช้พลังงานเฉลี่ย เท่ากับ 3.187 MJ/km และใช้พลังงานรวมทั้งระบบ เท่ากับ 28,489,767 MJ/year มีค่าดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเฉลี่ย เท่ากับ 0.376 MJ/P-km และมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย เท่ากับ 0.235 t-CO_2/km และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งระบบ เท่ากับ 2,112 t-CO_2/year เมื่อเสนอให้ใช้รถไฟฟ้าทดแทนรถที่ใช้น้ำมันดีเซลอยู่ในปัจจุบันของระบบรถโดยสารประจำทางในเขตเมืองขอนแก่น พบว่า สามารถลดการใช้พลังงานทั้งระบบได้ร้อยละ 69 ค่าดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลง (ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น) ร้อยละ 70 และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งระบบลดลง ร้อยละ 53

สมชาย โอตป์ฉิมพลี [9] ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและหาแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการให้บริการรถขนส่งมวลชน ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยรถขนส่งมวลชนมีทั้งหมด 15 คัน ประกอบด้วยรถไฟฟ้า 11 คัน รถน้ำมันดีเซล 4 คัน การเดินรถให้บริการ 3 เส้นทางคือ สายที่ 1 สีน้ำเงิน สายที่ 2 สีแดง และสายที่ 3 สีเขียว ผลการศึกษา

พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดของรถขนส่งมวลชนเท่ากับ 54,929 $KgCO_2eq$/ปี โดยสายที่ 1 สีน้ำเงินปล่อยก๊าซเรือนกระจก 21,566 $KgCO_2eq$ /ปี สายที่ 2 สีแดงปล่อยก๊าซเรือนกระจก 19,208 $KgCO_2eq$ /ปี สายที่ 3 สีเขียวปล่อยก๊าซเรือนกระจก 14,155 $KgCO_2eq$/ปี รถไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 2,251 $KgCO_2eq$/คัน/ปี ในขณะที่รถน้ำมันดีเซลมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 7,543 $KgCO_2eq$ /คัน/ปี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรถไฟฟ้ากับรถน้ำมันดีเซลพบว่า รถน้ำมันดีเซลมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ารถไฟฟ้าถึง 5,292 $KgCO_2eq$ /คัน/ปี ซึ่งรถน้ำมันดีเซลมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่ารถไฟฟ้าคิดเป็น 3.35 เท่า ของรถไฟฟ้าปัจจุบันมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีการใช้รถขนส่งมวลชนสองประเภท ซึ่งในอนาคตหากมหาวิทยาลัยเปลี่ยนรถน้ำมันดีเซลจำนวน 4 คันมาเป็นรถไฟฟ้า จะทำให้รถขนส่งมวลชนของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 21,168 $KgCO_2eq$/ปี (คิดเป็นร้อยละ 30)

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร [7] การศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มจากการทำนาแบบเปียกสลับแห้ง และศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำนาแบบเปียกสลับแห้ง โดย รวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรที่ทำนาปรัง ปี 2561 ในพื้นที่ 6 จังหวัดภาคกลาง คือชัยนาท สุพรรณบุรี อ่างทอง สิงห์บุรี พระนครศรีอยุธยา และปทุมธานีจากเกษตรกร จำนวน 106 ราย เพื่อนำข้อมูลจากการสำรวจมาวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน ผลตอบแทนสุทธิ คำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มของการลดก๊าซเรือนกระจกจากการทำนาแบบเปียกสลับแห้งผลการศึกษาพบว่าต้นทุนส่วนเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว เมื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบจากการทำนาแบบทั่วไป เป็นการทำนาแบบเปียกสลับแห้ง สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้แล้วยังลดต้นทุนสุทธิเฉลี่ย 8.55 บาทต่อ $KgCO_2eq$ เมื่อวิเคราะห์แยกรายจังหวัด พบว่าจังหวัดปทุมธานีมีต้นทุนส่วนเพิ่มติดลบมากที่สุด เท่ากับ -15.34 แสดงว่าในการลดก๊าซเรือนกระจก 1 $KgCO_2eq$ นอกจากจะไม่เป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายให้เกษตรกรแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนสุทธิได้ 15.34 บาท

ภูรี สิรสุนทร และ เพ็ชรธรินทร์ วงศ์เจริญ [10] ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนผ่านสู่การขนส่ง สาธารณะคาร์บอนต่ำหากนำรถโดยสารประจำทางไฟฟ้ามาให้บริการแทนรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายใน ในพื้นที่เขตกรุงเทพและปริมณฑลขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) โดยคำนึงถึง “ต้นทุนรวมในการ เป็นเจ้าของทางเศรษฐศาสตร์” อันได้แก่ต้นทุนเอกชนและต้นทุนผลกระทบภายนอกจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ผลการศึกษาพบว่า การนำรถโดยสารเครื่องยนต์ดีเซลมาใช้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่ารถโดยสารไฟฟ้าไม่มากนัก เนื่องจากราคาซื้อรถโดยสารไฟฟ้ามีมูลค่าสูงกว่ามาก ดังนั้นหากแบตเตอรี่ซึ่งเป็นชิ้นส่วน สำคัญในรถโดยสารไฟฟ้ามีแนวโน้มราคาที่ลดลงจะส่งผลให้รถโดยสารไฟฟ้าเข้าสู่สภาวะเสมอภาคและสามารถ ให้บริการแทนรถโดยสารเครื่องยนต์ดีเซลได้อย่างคุ้มค่าภายในปี พ.ศ. 2565

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาที่ตั้งของหน่วยขึ้นตรง รร.จปร.

ศึกษาที่ตั้งของหน่วยขึ้นตรง รร.จปร. และบริเวณที่มีจุดรับขยะ

4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลประเภทของรถยนต์ที่ใช้ขนส่งขยะในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

4.3 เก็บรวบรวมเส้นทางการรับ-ส่งขยะตามระเบียบปฏิบัติประจำวัน และปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้แต่ละเส้นทาง

การเก็บข้อมูลเส้นทางการรับ-ส่งขยะ เก็บจากการใช้จักรยานและนาฬิกาที่มีระบบการหาตำแหน่งทั่วโลก หรือ GPS เพื่อตรวจวัดระยะทางในการขนส่งขยะ

การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้เก็บจากการเติมน้ำมันรถขนขยะจนเต็มและทำการเติมน้ำมันอีกครั้งหลังรถขนขยะวิ่งกลับมายังจุดเริ่มต้นเพื่อหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปและทำการจดบันทึก

ข้อมูล และวิธีการประมาณจากขีดหน้าปัดบอกปริมาณน้ำมัน

โดยเก็บข้อมูล ระหว่างวันที่ 1 กันยายน – 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567

4.4 คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากรถขนส่งขยะเครื่องยนต์ดีเซล(กรณีปกติ)และรถขนส่งขยะไฟฟ้า(กรณีใช้มาตรการ)

4.5 คำนวณหาต้นทุนส่วนเพิ่มจากการลดก๊าซเรือนกระจก

4.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

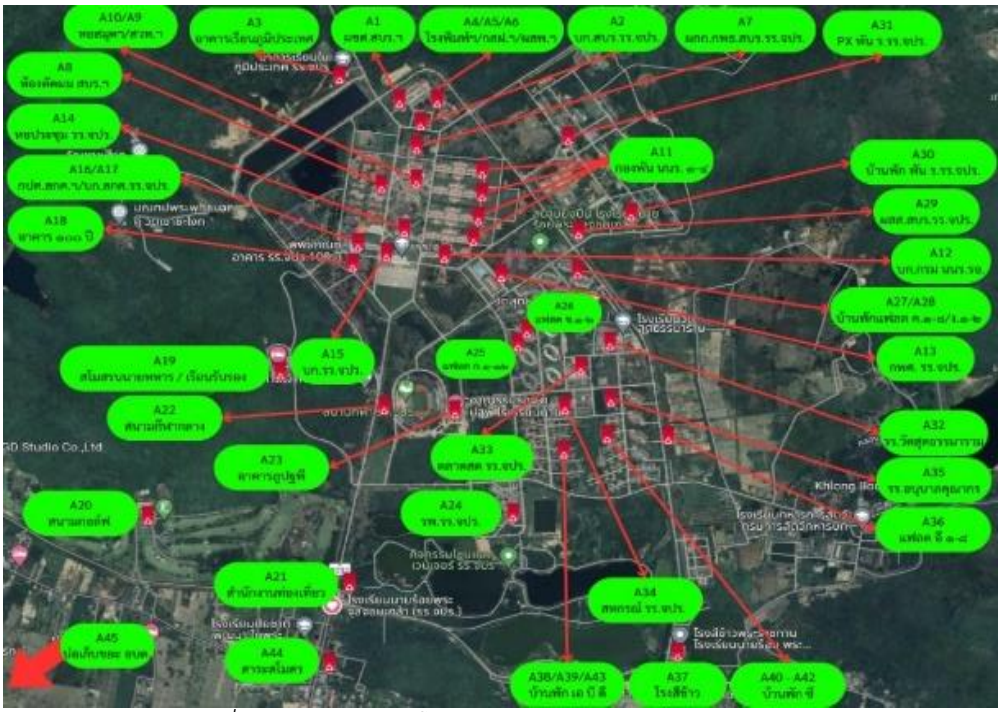
5. ผลการวิจัย

5.1 ศึกษาที่ตั้งของหน่วยขึ้นตรง รร.จปร.

หน่วยขึ้นตรงภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ประกอบด้วย 1.กองบัญชาการ รร.จปร. 2.ส่วนการศึกษา รร.จปร. 3.ส่วนวิชาทหาร รร.จปร. 4.ส่วนบริการ รร.จปร. 5.กรมนักเรียนนายร้อยรักษาพระองค์ รร.จปร. 6.โรงพยาบาล รร.จปร. และ 7.กองพันทหารราบ รร.จปร. มีจุดรับ-ส่งขยะภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จำนวน 45 จุด ดังแสดงในรูปที่ 1

5.2 ประเภทของรถยนต์ที่ใช้ขนส่งขยะในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

รถขนส่งขยะเครื่องยนต์ดีเซลยี่ห้อ HINO รุ่น FG8JJ1A-JJT เป็นรถขยะแบบอัดท้าย น้ำหนักบรรทุก 10 ตัน จำนวน 1 คัน ดังแสดงในรูปที่ 2

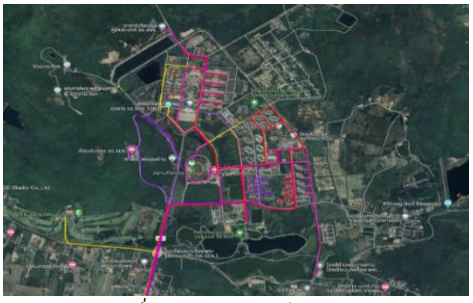


รูปที่ 1 จุดรับ-ส่งขยะภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จำนวน 45 จุด

รูปที่ 2 รถขนส่งขยะเครื่องยนต์ดีเซลยี่ห้อ HINO รุ่น FG8JJ1A-JJT

5.3 เส้นทางของรถรับ-ส่งขยะตามระเบียบปฏิบัติประจำวัน

ใน 1 สัปดาห์ รถขนส่งขยะมีเส้นทางการรับ-ส่งจำนวน 4 เส้นทางดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เส้นทางของรถรับ-ส่งขยะตามระเบียบปฏิบัติประจำวัน

เส้นทางที่ 1 เส้นทางในการขนส่งขยะตามระเบียบปฏิบัติตามวันจันทร์ พุธ และ ศุกร์ ของรถเก็บขยะ และมีจุดที่ต้องเดินทางไปเก็บขยะ 7 จุด โดยเริ่มตั้งแต่ ผขส.สบร.ฯ - ผกก.กพธ.สบร.รร.จปร. - กปศ.สกศ.ฯ/บก.สกศ.รร.จปร. - แฟลต ข.๑-๒/ก.๑-๗ - ตลาดสด รร.จปร. - รพ.รร.จปร. - สนามกอล์ฟ - บ่อเก็บขยะ อบต. แทนด้วยเส้นทางสีเหลือง มีระยะทางรวม 36 กิโลเมตร

เส้นทางที่ 2 เส้นทางในการขนส่งขยะตามระเบียบปฏิบัติตามวันอังคาร และ พฤหัสบดี ของรถเก็บขยะ และมีจุดที่ต้องเดินทางไปเก็บขยะ 16 จุด เริ่มตั้งแต่ ผขส.สบร.ฯ - อาคารเรียนภูมิประเทศ - ผกก.กพธ.สบร.รร.จปร. - ห้องตัดผม สบร.ฯ - อาคาร ๑๐๐ ปี - สนามกีฬากลาง - อาคารภูปฐพี - รพ.รร.จปร. - บ้านพัก ซี - โรงสีข้าว - แฟลต อี ๑-๘ - รร.อนุบาลคุณากร - รร.วัดสุตธรรมาราม - ตลาดสด รร.จปร. - สหกรณ์ รร.จปร. - สำนักงานท่องเที่ยว - บ่อเก็บขยะ อบต. แทนด้วยเส้นทางสีชมพู มีระยะทางรวม 40 กิโลเมตร

เส้นทางที่ 3 เส้นทางในการขนส่งขยะตามระเบียบปฏิบัติตามวันเสาร์ ของรถเก็บขยะ และมีจุดที่ต้องเดินทางไปเก็บขยะ 8 จุด เริ่มตั้งแต่ ผขส.สบร.ฯ - ผกก.กพธ.สบร.รร.จปร. - กองพัน นนร. ๑-๔ - แฟลต ก.๑-๑๒ - ตลาดสด รร.จปร. - บ้านพัก เอ บี ดี - รพ.รร.จปร. – สโมสรนายทหาร / เรือนรับรอง - บ่อเก็บขยะ อบต. แทนด้วยเส้นทางสีม่วง มีระยะทางรวม 38 กิโลเมตร

เส้นทางที่ 4 เส้นทางในการขนส่งขยะตามระเบียบปฏิบัติตามวันอาทิตย์ ของรถเก็บขยะ และมีจุดที่ต้องเดินทางไปเก็บขยะ 8 จุด เริ่มตั้งแต่ ผขส.สบร.ฯ - ผกก.กพธ.สบร.รร.จปร. - กองพัน นนร. ๑-๔ - อาคารภูปฐพี - ตลาดสด รร.จปร. - แฟลต ค. ๑-๘ /ง.๑-๒ - บ้านพัก ซี - รพ.รร.จปร. - บ่อเก็บขยะ อบต. แทนด้วยเส้นทางสีแดง มีระยะทางรวม 29 กิโลเมตร

ระยะทางในการขนส่งขยะตามระเบียบปฏิบัติตามวัน ใน 1 สัปดาห์และปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการเดินทางและระบบอัดท้าย แต่ละเส้นทางเฉลี่ยต่อวันแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันที่ใช้เฉลี่ยต่อสัปดาห์

เส้นทาง	วัน	จุดเก็บ	ระยะทางเฉลี่ย/วัน (กม.)	น้ำมันเฉลี่ย/วัน (ลิตร)
1	จันทร์ พุธ ศุกร์	7	36	81
2	อังคาร พฤหัสบดี	16	40	75
3	เสาร์	8	38	70
4	อาทิตย์	8	29	68
เฉลี่ยต่อสัปดาห์			255	531

จากตารางที่ 1 รถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ใช้ระยะทาง 255 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ และปริมาณน้ำมัน 531 ลิตรต่อสัปดาห์ หรือเท่ากับใช้ระยะทาง 13,260 กิโลเมตรต่อปี (52 สัปดาห์) และใช้ปริมาณน้ำมัน 27,612 ลิตรต่อปี

5.4 คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากรถขนส่งขยะเครื่องยนต์ดีเซล(กรณีปกติ)และรถขนส่งขยะไฟฟ้า(กรณีใช้มาตรการ)

5.4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรถขนส่งขยะเครื่องยนต์ดีเซล (กรณีปกติ)

พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้น้ำมันดีเซลของรถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซล โดยคำนวณจากสมการที่ 1 การใช้น้ำมันเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 27,612 ลิตร คูณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำมันดีเซลเท่ากับ 2.6987 $kgCo_2eq$/ลิตร [11]

= 27,612 ลิตร x 2.6987 $kgCo_2eq$/ลิตร

= 74,516.50 $kgCo_2eq$

จากการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซล พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 74,516.50 $kgCo_2eq$ ต่อปี หรือตลอดอายุโครงการ 10 ปีจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 745,165.04 $kgCo_2eq$

5.4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรถขนส่งขยะระบบไฟฟ้า (กรณีใช้มาตรการ)

จากสมการที่ 1 กรณีรถใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCo_2eq$/ปี) = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/year) x emission factor โดย ปริมาณการใช้ไฟฟ้า คือ การใช้ไฟฟ้าสำหรับการชาร์จยานพาหนะ (kWh/year)

Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยนปริมาณเชื้อเพลิงให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCo_2eq$/kWh) [9] Emission factor ของไฟฟ้า = 0.4770 $kgCo_2eq$/kWh) [5]

เนื่องจากไม่สามารถเก็บข้อมูลการใช้ปริมาณไฟฟ้าของรถขนส่งขยะไฟฟ้าได้และกลไกการบีบอัดขยะของรถเครื่องยนต์ดีเซลและระบบไฟฟ้ามีความแตกต่างกัน ในกรณีศึกษาการขนส่งขยะในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จึงได้ศึกษางานวิจัยของพงศธร เหล่าอันและคณะ [7] ที่ได้ดำเนินการวิจัยเรื่องดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของรถโดยสารประจำทางในเมืองขอนแก่น พบว่า การใช้รถโดยสารระบบไฟฟ้าแทนรถโดยสารเครื่องยนต์ดีเซลสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 53% งานวิจัยของ สมชายโอตป์ฉิมพลี [8] พบว่ารถขนส่งมวลชนระบบไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 2,251 $kgCO_2eq$ /คัน/ปี ในขณะที่รถขนส่งมวลชนเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 7,543 $kgCO_2eq$ /คัน/ปี การใช้รถขนส่งมวลชนระบบไฟฟ้าลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 70.16% และงานวิจัยของ International Council on Clean Transportation [12] พบว่ายานยนต์ขนาดใหญ่เช่น รถบรรทุก 12 ตัน ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าแบบใช้แบตเตอรี่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 65-70% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ผู้วิจัยจึงได้ประมาณการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อใช้รถขนส่งขยะไฟฟ้าแทนรถขนส่งขยะเครื่องยนต์ดีเซลที่ 60%

= 74,516.50 $kgCO_2eq$ x 0.4

= 29,806.60 $kgCO_2eq$

จากการประมาณการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถขนขยะระบบไฟฟ้า พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 29,806.60 kgCO2eq ต่อปี หรือตลอดอายุโครงการ 10 ปีจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 298,066.02 kgCO2eq หรือสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 44,709.9 kgCO2eq ต่อปี

5.5 คำนวณหาต้นทุนส่วนเพิ่มจากการลดก๊าซเรือนกระจก

เป็นการคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มเพื่อเป็นตัวแปรในการพิจารณาความเหมาะสมในการเปลี่ยนการใช้รถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซลเป็นระบบไฟฟ้า ตัวแปรในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวแปรในการคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่ม

รายการ	หน่วย	ชนิดรถขนขยะแบบอัดท้าย	
		ระบบดีเซล	ระบบดีเซล
ราคารถ	บาท	2,279,100	6,500,000
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	กม./ลิตร	3	–
อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน	kWh/กม.	–	0.7
ค่าน้ำมันดีเซล	บาท/ลิตร	33	–
ค่าไฟฟ้า	บาท/หน่วย	–	4.6
ค่าเชื้อเพลิง/พลังงาน	บาท/กม.	11	3.22
เชื้อเพลิง/พลังงานต่ออายุโครงการ 10 ปี	หน่วย	276,120 ลิตร	579,852 kWh
ค่าเชื้อเพลิง/พลังงานต่ออายุโครงการ10 ปี	บาท	9,111,960	2,667,319.2
ต้นทุนสุทธิ	บาท	11,391,060	9,167,319.2

* ราคารถขนขยะแบบอัดท้ายขนาด 10 ตัน ระบบดีเซลใช้ราคาสิ่งอุปกรณ์รถยนต์ทหารบก, ระบบ EV ใช้ราคานำเข้ารถขนขยะแบบอัดท้ายระบบ EV ขนาด 10 ตัน จากบริษัทนำเข้ารถโดยสารเชิงพาณิชย์ระบบ EV ในประเทศไทย

* อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ระบบดีเซลใช้ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลการขนส่งขยะระหว่างวันที่ 1 กันยายน – 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567, ระบบ EV ใช้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของ รถบรรทุกไฟฟ้า EVO G9 TRUCK [13] เนื่องจากน้ำหนักตัวรถและน้ำหนักบรรทุกมีน้ำหนัก 15 ตัน เท่ากัน

เมื่อแทนตัวแปรดังตารางที่ 2 ในสมการที่ 1 สามารถคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ดังนี้

$$\text{MAC} = \frac{11{,}391{,}060 - 9{,}167{,}319.2}{298{,}066.02 - 745{,}165.04} = -4.97 \text{ kgCO}_2\text{eq}$$

จากการคำนวณ ต้นทุนส่วนเพิ่มมีค่าเท่ากับ -4.97 แสดงให้เห็นว่าการใช้รถขนขยะระบบไฟฟ้าแทนเครื่องยนต์ดีเซลสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้และในการลดก๊าซเรือนกระจก 1 $kgCO_2eq$ ยังสามารถลดต้นทุนสุทธิได้ 49.74 บาท สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิพันธ์ วิเชียรน้อย [14] พบว่าโครงการรถไฟสายใหม่ (New Railway) เป็นโครงการที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดอยู่ที่ -302,808 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Baht/tCO_2eq) รองลงมาคือ โครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนและรถไฟชานเมือง โครงการรถไฟทางคู่ และการปรับปรุงการเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะด้วยการเดินทางที่ไม่ใช้เครื่องยนต์ (NMT) ซึ่งเป็นโครงการประเภทการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (Shift mode) และอยู่ภายใต้แผนปฏิบัติการตามยุทธศาสตร์ของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2560 - 2564 มีค่าต้นทุนส่วนเพิ่มฯ (MAC) อยู่ระหว่าง -45,000 ถึง –138,000 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Baht/tCO_2eq) และงานวิจัยของ สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร [6] ที่ได้ทำงานวิจัยโดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบจากการทำนาแบบทั่วไปเป็นการทำนาแบบเปียกสลับแห้งพบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้แล้วยังลดต้นทุนสุทธิเฉลี่ย 8.55 บาทต่อ $kgCO_2eq$

6. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะภายใต้แนวความคิดกรีนโลจิสติกส์ กรณีศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า พบว่า การใช้รถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซลส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูง โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรถขนขยะเครื่องยนต์ดีเซลอยู่ที่ 74,516.50 $kgCO_2eq$ ต่อปี(โดยผลของข้อจำกัดเรื่องเวลาในการเก็บข้อมูลระหว่าง วันที่ 1 กันยายน – 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน อาจมีปัจจัยด้านฤดูกาลทำให้ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ใน 1 ปี มีค่าคาดเคลื่อน) ซึ่งเป็นผลจากการใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 27,612 ลิตรต่อปี โดยตลอดอายุโครงการ 10 ปี จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 745,165.04 $kgCO_2eq$ เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการใช้รถขนส่งขยะไฟฟ้า พบว่า สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 60% หรือคิดเป็น 44,709.9 $kgCO_2eq$ ต่อปี ซึ่งเป็นปริมาณที่มีนัยสำคัญต่อการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนมาใช้รถขนขยะไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการลดมลพิษทางอากาศและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น นอกจากนี้ การศึกษายังพบว่า การใช้รถขนส่งขยะไฟฟ้าส่งผลให้เกิดการลดต้นทุนสุทธิ โดยมีค่าต้นทุนส่วนเพิ่มที่ -4.97 บาทต่อ 1 $kgCO_2eq$ ซึ่งหมายความว่า นอกจากจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังสามารถลดค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของเทคโนโลยีขนส่งสมัยใหม่ที่มุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานสะอาดและลดมลพิษจากการขนส่ง การนำแนวคิดกรีนโลจิสติกส์มาใช้ในระบบขนส่งขยะจึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและสามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้ในอนาคต เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคการขนส่งซึ่งเป็นหนึ่งในภาคส่วนหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับการใช้เครื่องยนต์ระบบไฟฟ้าในปัจจุบันอาจมีข้อจำกัดเรื่องสถานีชาร์จและเวลาในการชาร์จที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบของรถด้วย หากมีการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชน การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานสะอาด รวมถึงการพัฒนาคุณภาพของรถไฟฟ้าและแบตเตอรี่ การใช้รถขนขยะไฟฟ้าจะกลายเป็นมาตรฐานใหม่ในการบริหารจัดการขยะที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนจากรถขนส่งขยะเครื่องยนต์ดีเซลเป็นรถขนส่งขยะไฟฟ้าส่งผลดีทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการมุ่งสู่อนาคตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีความยั่งยืน

7. ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มระยะเวลาของการเก็บข้อมูลให้มากขึ้น เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเนื่องจากปัจจัยของฤดูกาล

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO2) จากการใช้พลังงาน ปี 2566. ข้อมูลจาก http://www.eppo.go.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ธันวาคม 2566)

[2] กระทรวงคมนาคม, ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทย ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580), 2562.

[3] กรุงไทย .Green Logistics เมื่อบริบทโลกเปลี่ยนไป... การขนส่งสินค้าทางถนนไทยต้องเปลี่ยนตาม. ข้อมูลจาก https://krungthai.com/Download/economyresources/EconomyResourcesDownload_477Green_Logistic.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ธันวาคม 2567)

[4] ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect). ข้อมูลจาก http://climate.tmd.go.th/content/article/10 (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ธันวาคม 2567)

[5] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) .วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

ภายใต้โครงการ LESS. ข้อมูลจาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/downloadless/download/374/496/32.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ธันวาคม 2567)

[6] สัญญา ยิ้มศิริและคณะ. โครงการตัวแบบสมการโครงสร้างของ การจัดการโซ่อุปทานสีเขียว ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม และผลการดำเนินงานด้านเศรษฐกิจ ที่มีผลต่อความได้เปรียบในการแข่งขันของอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยบูรพา. 2562.

[7] สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. การศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากนาข้าว. เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2563.

[8] พงศธร เหล่าอัน และคณะ. ดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของรถโดยสารประจำทางในเมืองขอนแก่น. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา). 2565; 22(3): 22-37.

[9] สมชาย โอตป์ฉิมพลี. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการให้บริการขนส่งมวลชน กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 2. 2566.

[10] ภูรี สิรสุนทร และ เพ็ชรธรินทร์ วงศ์เจริญ. การเปลี่ยนผ่านสู่การขนส่งสาธารณะคาร์บอนต่ำ: แบบจำลองสภาวะเสมอภาคของต้นทุนความเป็นเจ้าของรถโดยสารประจำทางไฟฟ้า. วารสารเศรษฐศาสตร์และกลยุทธ์การจัดการ. 2566; 10(1): 126-146.

[11] สาธิต เนียมสุวรรณ. วิธีการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้โครงการ LESS, ข้อมูลจาก https://ghgreduction.tgo.or.th/th/download-less/download/374/496/32.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ธันวาคม 2567)

[12] International Council on Clean Transportation. A COMPARISON OF THE LIFE-CYCLEGREENHOUSE GAS EMISSIONS OFEUROPEAN HEAVY-DUTY VEHICLES AND FUELS. ข้อมูลจาก https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/02/Lifecycle-assessment-EU-HDVs_final2.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ธันวาคม 2567)

[13] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. สรุปสถานการณ์อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่สู่เป้าหมายเศรษฐกิจยั่งยืน. เอกสารประกอบงานเสวนา Morning Talk ครั้งที่ 1. 2566.

[14] นิพันธ์ วิเชียรน้อย. ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมาตรการและนโยบายด้านการขนส่งเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. 2563. ข้อมูลจาก https://repository.turac.tu.ac.th/handle/6626133120/865?utm_source=chatgpt.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ธันวาคม 2567)