

การสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า

ชุตติเดช มั่นคงธรรม^{1,*}, ชณิชา หมอชาติ²

^{1,2}สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Received: 14 June 2023

Revised: 25 August 2023

Accepted: 8 December 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษากิจกรรมที่มีผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า (2) เพื่อสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า และ (3) เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเพื่อลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า การศึกษานี้เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง มีผู้ให้ข้อมูลหลักจำนวน 17 คน ตามเกณฑ์การกำหนดและคัดเลือกผู้ที่มีความรู้หรือมีประสบการณ์หรือมีความเชี่ยวชาญด้านคลังสินค้า ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาและวิธีการตรวจสอบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า (1) กิจกรรมในคลังสินค้า ได้แก่ การรับ จัดเก็บ หยิบ จัดส่ง และส่งมอบสินค้า ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การจัดการกิจกรรมเหล่านี้ต้องมีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้ (2) แบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในคลังสินค้าถูกสร้างขึ้นโดยอ้างอิงข้อมูลจากผลการศึกษากิจกรรมในคลังสินค้าและโปรแกรมการวัดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) แบบจำลองนี้ช่วยประเมินการปล่อยคาร์บอนในแต่ละกิจกรรมภายในคลังสินค้า โดยประเมินจากการใช้พลังงานทั้งหมดในหน่วยงาน และ (3) แนวทาง การจัดการเพื่อลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า ได้แก่ ต้องกำหนดขอบเขตแหล่งที่มาของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ครอบคลุมกระบวนการจัดการคลังสินค้าและการใช้พลังงานที่เป็นแหล่งปล่อยพลังงานก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจนถึงน้อยที่สุดทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมถึงการมุ่งเน้นที่การปรับปรุงและพัฒนาวิธีการขนส่ง การใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

คำสำคัญ: การสร้างแบบจำลอง การวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ กิจกรรมคลังสินค้า

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: chutidaj.mun@bkkthon.ac.th

Modeling Carbon Footprint Measurement Performance in Warehouse Activities

Chutidaj Munkongtum^{1,*}, Chanicha Moryadee²

^{1,2}Department of Logistics and Supply Chain Management

College of Logistics and Supply Chain, Suan Sunandha Rajabhat University

Received: 14 June 2023

Revised: 25 August 2023

Accepted: 8 December 2023

Abstract

The objectives of this research were (1) to study activities that effect on carbon footprint emissions in warehouse, (2) to create a model for measuring the efficiency of carbon footprint emissions in warehouse activities, and (3) to develop guidelines for reduce carbon footprint in warehouse activities. This study was research and development by using qualitative research. In-depth Interview was used to collect data with 17 samples that obtained by purposive sampling, according to the criteria for determining and selecting experts. Descriptive data analysis and triangulation methods were used to analyze data. The results found that (1) warehouse activities include receiving, storing, picking, shipping, and delivering goods effects on carbon footprint emissions. However, effective management of these activities could reduce environmental impacts (2) a warehouse carbon footprint efficiency measurement model was created based on data from a study of warehouse activities and the measurement program of the Thailand Greenhouse Gas Management Organization, the model could assess the carbon footprint of each activity in warehouse by evaluating the total energy use (3) the guidelines for reducing carbon footprints in warehouse activities consist of using determine the source of carbon footprint emissions in warehouse processes and energy using that emits the highest to the lowest, direct and indirect of greenhouse gas emissions, as well as improving and developing transportation methods, using environmentally friendly materials and increasing efficiency in saving energy.

Keywords: Measurement Modeling, Carbon Footprint, Warehouse Activities

* Corresponding Author; E-mail: chutidaj.mun@bkkthon.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวโน้มคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั่วโลกเพิ่มขึ้นตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรมพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มจะรุนแรงขึ้นในทุกภูมิภาคของโลก เช่น อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทั่วโลกในขณะที่ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนลดลงในบางพื้นที่ฤดูแล้งและวันที่ร้อนกำลังกลายเป็นเรื่องธรรมดามากขึ้นพร้อมกับเหตุการณ์ที่รุนแรง เช่น คลื่นความร้อน ภัยแล้ง น้ำท่วม พายุไซโคลน และไฟป่า การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อสังคมมนุษย์ระบบนิเวศและเศรษฐกิจ โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจ สังคมและระบบนิเวศทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม องค์กรต่าง ๆ ได้หันมาให้ความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม มีนโยบายออกมาควบคุมการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านกิจกรรมคลังสินค้าที่มีบทบาทสำคัญในภาคโลจิสติกส์และซัพพลายเชน การจัดการภายในคลังสินค้าและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Smith et al., 2022) จากการวัดปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะช่วยระบุปัญหาที่ควรได้รับการปรับปรุงได้อย่างชัดเจน

กิจกรรมคลังสินค้าเป็นธุรกิจที่สำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในอุตสาหกรรมโลจิสติกส์และซัพพลายเชน และยังเป็นดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานคลังสินค้าที่ชัดเจนที่สุด โดยพบการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งทางตรงและทางอ้อม การศึกษาที่ผ่านมาได้มีการศึกษาด้านการวัดและประเมินการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในคลังสินค้าน้อยมาก (Ries et al., 2017) เพื่อการพัฒนานโยบายด้านการควบคุมการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์และส่งเสริมความยั่งยืนของอุตสาหกรรมโลจิสติกส์และซัพพลายเชน ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาการสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า เพื่อพัฒนาแนวทางในการวัดและจัดการปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผู้ประกอบการคลังสินค้าในประเทศไทย สำหรับใช้เป็นแนวในการบริหารจัดการการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละกิจกรรมในคลังสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและนำไปประยุกต์ใช้เป็นมาตรฐานการยกระดับธุรกิจและการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากิจกรรมที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า
2. เพื่อสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า
3. เพื่อเสนอแนวทางการจัดการเพื่อลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์

1.1 ความหมายของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง การวัดผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อระบบสิ่งแวดล้อม ในแง่ของปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่สร้างขึ้นมาจากกิจกรรม โดยวัดคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ใช้สำหรับประมาณว่าคน ประเทศ หรือองค์กรหนึ่ง ๆ มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนมากน้อยเพียงใด

การวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมภายในคลังสินค้า เป็นการแสดงข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานขององค์กรในกิจกรรมคลังสินค้า (Smith et al., 2022) โดยเป็นส่วนสำคัญของโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ซึ่งร้อยละ 20 ของต้นทุนโลจิสติกส์ทั้งหมดมาจากภาคอียูเอเอ็มเอชที่กำลังขยายตัวมีความต้องการสูงเกี่ยวกับพื้นที่คลังสินค้า อุตสาหกรรมจะต้องหาวิธีปรับปรุงประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นวิธีที่ช่วยประเมินผลกระทบและดำเนินการเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

1.2 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรภายใต้โครงการส่งเสริมคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เป็นหน่วยงานที่จดทะเบียนและได้รับการรับรองสำหรับข้อมูลก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดวิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการดุดกลับที่เกิดจากกิจกรรมขององค์กรหรือที่เรียกว่า “คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร” โดยพิจารณาจาก 3 ส่วนหลัก แบ่งเป็นขอบเขต ดังนี้

ขอบเขตที่ 1 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางตรงจากกิจกรรม ขององค์กรโดยตรง เช่น การเผาไหม้ของเครื่องจักร การใช้พาหนะขององค์กร (ที่องค์กรเป็นเจ้าของ) การใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย การรั่วซึมหรือรั่วไหล จากกระบวนการหรือกิจกรรม เป็นต้นโดยขอบเขตการดำเนินงานการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ขอบเขตที่ 2 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ การซื้อพลังงานมาใช้ในองค์กร ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานไอน้ำ เป็นต้น

ขอบเขตที่ 3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมด้านอื่น ๆ การเดินทางของพนักงานด้วยพาหนะที่ไม่ใช่ขององค์กร การเดินทางไปสัมมนานอกสถานที่ การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ประเมินได้จะบ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมประเด็นอื่น ๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ การเกิดฝนกรด หรือความเป็นพิษ มาประเมินร่วมด้วย

1.3 หลักการแสดงผลปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยและดุดกลับจากกิจกรรมขององค์กร หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจะต้องอยู่บนพื้นฐานของหลักการที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่ (1) ความตรงประเด็น (Relevance) คือ การใช้ข้อมูลและวิธีการเลือกแหล่งกำเนิด ดุดกลับ กักเก็บ ก๊าซเรือนกระจกที่ตรงกับความเป็นจริงในการใช้งาน โดยต้องเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก แหล่งดุดกลับก๊าซเรือนกระจก แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล รวมถึงวิธีการวัดและคำนวณที่เหมาะสมกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมหรือประเมินได้นั้นควรที่จะสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในองค์กรหรือเกี่ยวข้องกับองค์กร และเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการวางนโยบายขององค์กร (2) ความสมบูรณ์ (Completeness) คือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับก๊าซเรือนกระจกต้องครอบคลุมการปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจก ทั้งปริมาณการปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำการเก็บรวบรวมหรือประเมินได้ ควรเป็นปริมาณการปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กรหรือเกี่ยวข้องกับองค์กร (3) ความคงเส้นคงวา (Consistency) คือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วต้องมีความสอดคล้อง เชื่อมโยงและเทียบเคียงกันได้ (4) ความถูกต้อง (Accuracy) คือ การลดความผิดพลาด และความไม่แน่นอนในการรวบรวม หรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดุดกลับก๊าซเรือนกระจกให้

ได้มากที่สุด ด้วยวิธีการที่สามารถปฏิบัติได้ และ (5) ความโปร่งใส (Transparency) คือ การเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอและเหมาะสม สามารถตรวจสอบได้เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายสามารถใช้อ้างอิงข้อมูลดังกล่าวในการตัดสินใจด้วยความเชื่อมั่นอย่างสมเหตุสมผล

1.4 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นเครื่องมือที่เน้นการวัดปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมภายในองค์กร (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022) มีวิธีการคำนวณได้แก่ (1) กำหนดขอบเขตกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อความชัดเจน (2) ระบุรายละเอียดของกิจกรรมเพื่อความถูกต้องในการดำเนินงาน (3) คำนวณปริมาณการปล่อยโดยใช้ข้อมูลกิจกรรม และสัมประสิทธิ์การปล่อย

สูตรการคำนวณ คือ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) × สัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Emission Factor) โดยข้อมูลกิจกรรม คือ ปริมาณกิจกรรมภายในองค์กร เช่น การใช้พลังงาน การเดินทาง ระบบการดำเนินงาน ทรัพยากรที่ใช้ เป็นต้น และสัมประสิทธิ์การปล่อย คือ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) ที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยสินค้าหรือบริการหนึ่งหน่วย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการคลังสินค้า

คลังสินค้า หมายถึง คลังสินค้าเป็นอาคารหรือสิ่งอำนวยความสะดวกขนาดใหญ่ที่ออกแบบมาสำหรับการจัดเก็บสินค้าวัสดุหรือสินค้า โดยทั่วไปจะใช้โดยธุรกิจหรือองค์กร เพื่อจัดเก็บสินค้าของตนก่อนที่จะขาย จัดส่ง หรือแจกจ่ายให้กับลูกค้า คลังสินค้านี้มักจะตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมหรือใกล้ศูนย์กลางการขนส่ง เพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสินค้าเข้าและออกจากโรงงาน (Naudé and Biljon, 2019)

การจัดการคลังสินค้า หมายถึง กระบวนการจัดระเบียบควบคุมและจัดการกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในคลังสินค้า เช่น การรับ จัดเก็บสินค้า การจัดการสินค้าคงคลัง การประมวลผลคำสั่งซื้อ และการจัดส่ง การจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ได้รับสินค้าและจัดส่งตรงเวลา ระดับสินค้าคงคลังจะได้รับการดูแลและคลังสินค้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Cagliano et al., 2020)

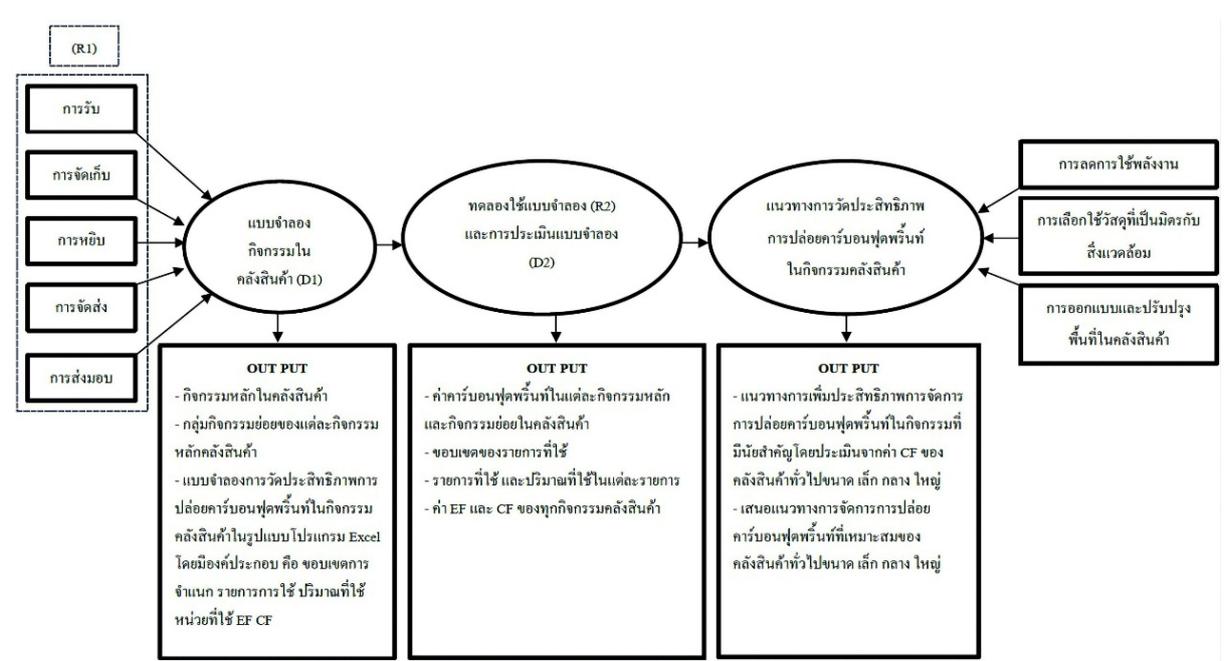
การจัดการคลังสินค้าเกี่ยวข้องกับทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ได้แก่ (1) ระบบการจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management System: WMS) คือ แอปพลิเคชันซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการจัดการการดำเนินงานประจำวันของคลังสินค้า รวมถึงการติดตามสินค้าคงคลัง การประมวลผลคำสั่งซื้อ และการจัดการโลจิสติกส์ (2) อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บวัสดุภายในคลังสินค้า เช่น รถยก สายพานลำเลียง แม่แรง พาเลท ระบบจัดเก็บและเรียกค้นอัตโนมัติ (3) ระบบการจัดการสินค้าคงคลัง คือ ระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการติดตามระดับสินค้าคงคลัง จุดสั่งซื้อใหม่ และเวลานำส่ง เพื่อให้แน่ใจว่าคลังสินค้ามีสต็อกเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าเสมอ (4) โครงสร้างและการออกแบบคลังสินค้า คือ การจัดวางและการออกแบบคลังสินค้ามีความสำคัญต่อการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพ ปัจจัยต่าง ๆ เช่น การไหลของสินค้า การใช้พื้นที่และการเข้าถึงล้วนมีบทบาทในการกำหนดเค้าโครงและการออกแบบที่เหมาะสมที่สุด (5) บุคลากร คือ บุคลากรคลังสินค้านี้รวมถึงผู้จัดการ หัวหน้างาน และคนงาน ที่รับผิดชอบงานต่าง ๆ เช่น การรับ การจัดเก็บ การหยิบ การบรรจุ การจัดส่ง การฝึกอบรม อุปกรณ์ และเครื่องมือ ที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินงานที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพของคลังสินค้า (6) การขนส่ง คือ ทรัพยากรการขนส่ง เช่น รถบรรทุก รถพ่วง และตู้คอนเทนเนอร์ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเคลื่อนย้ายสินค้าเข้าและออกจากคลังสินค้า และ (7) ระบบควบคุมคุณภาพ

คือ ระบบและกระบวนการที่ใช้เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องและคุณภาพของสินค้าคงคลัง และการปฏิบัติตามคำสั่งซื้อ เช่น ขั้นตอนการตรวจสอบ ทดสอบ และคู่มือการปฏิบัติงานการพัฒนาการจัดการคลังสินค้า

Staudt et al. (2015) ได้กล่าวถึง กิจกรรมหลักภายในคลังสินค้า ได้แก่ (1) การรับ (Receiving) คือ กระบวนการรับและบันทึกสินค้าเข้าคลัง ซึ่งประกอบด้วย การตรวจรับ ตรวจนับ และงานธุรการ (2) การจัดเก็บ (Storing) คือ กระบวนการเก็บและบำรุงรักษาสินค้าในคลังสินค้า โดยมุ่งเน้นการจัดระเบียบและควบคุมทรัพยากร เพื่อให้สามารถเข้าถึงได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อจำเป็น รวมถึงการนำสินค้าไปเก็บ การควบคุมสินค้า การรักษาระดับสินค้า การตรวจสอบ และการซื้อ (3) การหยิบสินค้า (Picking) คือ การเลือกสินค้าตามใบสั่งซื้อและจัดส่งภายในคลัง โดยมุ่งเน้นความถูกต้องและความรวดเร็ว มีกิจกรรมย่อย คือ การคัดเลือกสินค้า (4) การจัดส่ง (Shipping) คือ การจัดเตรียมสินค้าเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า มีกิจกรรมย่อย คือ การส่งจ่ายสินค้า การรวมสินค้า การบรรจุภัณฑ์ทำเครื่องหมาย และการจัดจำหน่าย และ (5) การส่งมอบ (Delivering) คือ การขนส่งสินค้าจากคลังไปยังปลายทางที่ต้องการ ไม่ว่าจะป็นร้านค้าปลีกหรือจุดจัดส่งอื่น ๆ

เป้าหมายหลักของคลังสินค้าส่วนใหญ่คือการเป็นจุดพักในการเคลื่อนที่ของสินค้าผ่านโซ่อุปทานถึงลูกค้าปลายทาง โดยมีการถือครองสินค้าที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ เช่น ศูนย์กระจายสินค้าจะมีการถือครองสินค้า ณ จุดพักสินค้า น้อยกว่าคลังสินค้าอื่น ๆ เช่น คลังสินค้าทัณฑ์บน เนื่องจากการถือครองสินค้าเป็นเวลานานใน Modern Trade นั้นนอกจากจะไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มอันใดให้กับลูกค้าแล้วยังจะเป็นการทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเก็บสินค้าเป็นเวลานานก่อให้เกิดต้นทุนตามที่สูงขึ้นตามระยะเวลาที่สินค้าคงอยู่ในคลังสินค้าการเข้าใจกิจกรรมเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญในการบริหารจัดการคลังสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาและวิธีการตรวจสอบสามเส้า มีขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

การวิจัยเชิงสำรวจ ระยะที่ 1 (R1)

1. ศึกษาเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมคลังสินค้า โดยใช้การวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า จากตำรา เอกสารวิชาการ ข้อมูลสารสนเทศ งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2. สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้ที่มีความรู้หรือมีประสบการณ์หรือมีความเชี่ยวชาญด้านคลังสินค้า จำนวน 17 คน โดยใช้แบบการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เพื่อยืนยันและประเมินปัจจัยในการสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้าที่ได้จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเชิงพัฒนา ระยะที่ 1 (D1)

3. ศึกษาโปรแกรมการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก Greenhouse Gas Management Organization (2022) เพื่อนำมาใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนา ออกแบบ และสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า ประกอบด้วย กิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยในคลังสินค้า

การวิจัยเชิงสำรวจ ระยะที่ 2 (R2)

4. ทดลองใช้แบบจำลอง โดยการนำตัวอย่างข้อมูลรายการและปริมาณการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกลุ่มผู้ประกอบการคลังสินค้า ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มาทดสอบในแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า

การวิจัยเชิงพัฒนา ระยะที่ 2 (D2)

5. ประเมินผลการทดลองใช้แบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า ด้วยวิธีการตรวจสอบสามเส้า โดยนำแบบจำลองและผลการทดลองไปให้กลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการ นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จำนวน 17 ท่าน เพื่อตรวจสอบและประเมินความเหมาะสมและความถูกต้องของผลการทดลองใช้ จากนั้นนำผลการประเมินมาปรับปรุงแบบจำลองการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้าให้ดียิ่งขึ้น

6. นำเสนอแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้าและแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า โดยสรุปข้อค้นพบ เชื่อมโยงแนวคิดและทฤษฎีในกรอบการวิจัยเพื่อต่อบัณฑิตผู้ประสงค์ในแต่ละข้อ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ประกอบด้วย 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ ผู้ประกอบการในธุรกิจผู้ให้บริการคลังสินค้าขนาด ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ที่จดทะเบียนจัดตั้งเป็นนิติบุคคลและดำเนินกิจการอยู่ นักวิชาการที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในด้าน

คลังสินค้า และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.)

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 17 ท่าน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์การกำหนดและคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลหลักที่มีความรู้หรือมีประสบการณ์หรือมีความเชี่ยวชาญในประเด็นตามแนวคิดกรอบการวิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงและถูกต้องตามวัตถุประสงค์อย่างลึกซึ้งที่สุด ซึ่งขนาดของผู้ให้ข้อมูลสำคัญควรมีไม่ต่ำกว่า 8 คน (Moser and Korstjens, 2018) โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีตรวจสอบสามเส้าเพื่อเปรียบเทียบข้อค้นพบของงานวิจัยจากแหล่งและมุมมองที่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกตัวแทนจากผู้ประกอบการในธุรกิจผู้ให้บริการคลังสินค้า ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ รวมจำนวน 11 ท่าน นักวิชาการด้านคลังสินค้า จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร จำนวน 3 ท่าน เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือสิ่งที่ค้นพบ ในการวิจัย โดยผู้วิจัยได้ทำการกำหนดคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ (1) ผู้บริหารระดับสูงในธุรกิจผู้ให้บริการคลังสินค้าไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่มีความรู้ความเข้าใจในกิจกรรมคลังสินค้าเป็นอย่างดี (2) นักวิชาการที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านคลังสินค้าที่มีประสบการณ์สอนในมหาวิทยาลัยหรือสังกัดหน่วยงานภาครัฐไม่น้อยกว่า 5 ปี และ (3) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้รับการรับรองจาก อบก. ไม่น้อยกว่า 5 ปี

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า โดยคำถามเป็นรูปแบบของการปฏิสัมพันธ์ เปิดโอกาสให้ผู้ให้ข้อมูลสำคัญแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งความคิดเห็นต่อปัจจัยในการสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า และใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อสรุปผลการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างนั้น ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งพิจารณาให้ค่าคะแนนด้านความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruency: IOC) ของแต่ละข้อคำถามอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ของทุกข้อคำถาม ซึ่งมากกว่า 0.50 (Silcharu, 2017) และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีประมาณค่า Cronbach's Alpha Coefficient (Cronbach, 1984) ได้ค่าเท่ากับ 0.923 ซึ่งมากกว่า 0.80 ถือว่าข้อคำถามได้รับความเชื่อมั่นในการนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงได้ (McNeish, 2018)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้กระบวนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร รวมถึงการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ให้ข้อมูลหลักเพื่อสังเคราะห์และสกัดตัวแปร โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารทางวิชาการ บทความ วารสาร รายงานการวิจัย รวมถึงข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เชิงลึกมาจัดทำและเรียบเรียงให้เป็นระบบระเบียบ แยกแยะองค์ประกอบ รวมทั้งเชื่อมโยงและหาความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อให้สามารถนำไปสู่ความเข้าใจต่อผลการวิจัยที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพ (Qualitative Data Analysis) ซึ่งเป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลปฐมภูมิมาจัดทำและเรียบเรียง โดยผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อให้เห็นภาพของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

อย่างเป็นทางการ มี การตรวจสอบข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบสามเส้า และนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีการพรรณนาวิเคราะห์ (Descriptive Analysis) โดยนำข้อมูลมาเรียงเรียงและจำแนกอย่างเป็นระบบ ตีความหมายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ อภิปรายผล และสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้

ผลการวิจัย

1. จากการศึกษากิจกรรมที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า พบว่า กิจกรรมต่าง ๆ ภายในคลังสินค้าเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการจัดการและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การเข้าใจและจัดการกิจกรรมอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าภายในคลังได้ โดยกิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการในคลังสินค้า ได้แก่

กิจกรรมหลักที่ 1 การรับสินค้า มีกิจกรรมย่อยประกอบด้วย การตรวจรับ การตรวจนับ และงานธุรการ ซึ่งทุกขั้นตอนมีบทบาทในการยืนยันความถูกต้องและความเรียบร้อยของสินค้าที่รับเข้า

กิจกรรมหลักที่ 2 การจัดเก็บสินค้า มีกิจกรรมย่อยประกอบด้วย การนำสินค้าไปเก็บ การควบคุมสินค้า การรักษาระดับสินค้า การตรวจสอบ และการซื้อ กิจกรรมเหล่านี้ช่วยในการรักษาคุณภาพสินค้าและจัดการสต็อกให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

กิจกรรมหลักที่ 3 การหยิบสินค้า มีกิจกรรมย่อยประกอบด้วย การคัดเลือกสินค้า ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการจัดเตรียมสินค้าสำหรับการจัดส่งต่อไป

กิจกรรมหลักที่ 4 การจัดส่งสินค้า มีกิจกรรมย่อยประกอบด้วย การส่งจ่ายสินค้า การรวมสินค้า การบรรจุภัณฑ์และทำเครื่องหมาย การจัดจำหน่าย ที่ทำให้สินค้าสามารถถูกจัดส่งได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

กิจกรรมหลักที่ 5 การส่งมอบสินค้า มีกิจกรรมย่อยประกอบด้วย การขนส่ง ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สินค้าถูกส่งมอบให้กับลูกค้า และเป็นขั้นตอนสำคัญในการจัดการลำดับการทำงานและมีส่วนสำคัญ ในการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างมีนัยสำคัญ

2. การสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า โดยการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ และการสรุปผล รวมถึงการศึกษาจากโปรแกรมการวัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก Greenhouse Gas Management Organization (2022) เพื่อพัฒนาและออกแบบแบบจำลองที่สามารถประเมินผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อย่างแม่นยำ พบว่า แบบจำลองที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถประเมินและแสดงผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกิจกรรมภายในคลังได้ ได้แก่ (1) กำหนดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง โดยการกำหนดตัวแปรหลักที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกิจกรรม ทั้งกิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยในคลังสินค้าตามผลการวิเคราะห์ (2) การสร้างแบบจำลอง โดยสร้างแบบจำลองสำหรับการประเมินการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกิจกรรม โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์และสรุปผล (3) การประยุกต์ใช้ต้นแบบขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก Greenhouse Gas Management Organization (2022) โดยนำเข้าข้อมูลและการวิเคราะห์ เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (4) การสร้างอินเตอร์เฟซผู้ใช้ โดยพัฒนาอินเตอร์เฟซที่ผู้ใช้งานง่าย เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถป้อนข้อมูล ดูผลการวิเคราะห์ และรายงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (5) การทดสอบและปรับปรุง โดยหลังจากพัฒนาแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว การทดสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงตามคำแนะนำจากผู้ใช้

การสร้างแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า นำข้อมูลจากการวิจัยและต้นแบบการวัดจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก เพื่อประเมินผลการปล่อยคาร์บอนแม่นยำและปรับปรุงตามความต้องการผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1 แบบจำลองการวัดประสิทธิภาพของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า

กิจกรรมหลัก	กิจกรรมย่อย	ขอบเขตการจำแนก	รายการการใช้	ปริมาณที่ใช้	หน่วย	Emission Factor (EF)	หน่วย	Carbon Footprint (CF)	หน่วย	
1. การรับ	การตรวจรับ	ขอบเขตที่ 1	การใช้สารทำความเย็นชนิด R32	12.00	HFC-32	677.00	kg CO2e/kgCH2FCF4	8,124.00	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	8,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	3,999.20	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 3	การใช้กระดาษ A4 และ A3 (สีขาว)	500.00	kg	2.102	kg CO2e/kg	1,051.00	kgCO2e	
	การตรวจนับ	ขอบเขตที่ 1			-			-	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		10,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	4,999.00	kgCO2e
		ขอบเขตที่ 3			-			-	kgCO2e	
	งานธุรการ	ขอบเขตที่ 1	การใช้สารทำความเย็นชนิด R32		12.00	HFC-32	677.00	kg CO2e/kgCH2FCF4	8,124.00	kgCO2e
		ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		12,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	5,998.80	kgCO2e
		ขอบเขตที่ 3	การใช้กระดาษ A4 และ A3 (สีขาว)		541.67	kg	1.102	kg CO2e/kg	596.92	kgCO2e
	2. การจัดเก็บ	การนำสินค้าไปเก็บ	ขอบเขตที่ 3	การใช้น้ำประปา	1,200.00	m3	0.7948	kg CO2e/m3	953.76	kgCO2e
			ขอบเขตที่ 1			-		-	kgCO2e	
			ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		25,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	12,497.50
การควบคุมสินค้า		ขอบเขตที่ 3			-			-	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 1			-			-	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		25,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	12,497.50	kgCO2e
การจัดเก็บ		การรักษาระดับสินค้า	ขอบเขตที่ 3		-			-	kgCO2e	
			ขอบเขตที่ 1		-			-	kgCO2e	
			ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		13,750.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	6,873.63
		การตรวจสอบ	ขอบเขตที่ 3			-			-	kgCO2e
			ขอบเขตที่ 1			-			-	kgCO2e
			ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		8,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	3,999.20
การซื้อ	ขอบเขตที่ 3			-			-	kgCO2e		
	ขอบเขตที่ 1			-			-	kgCO2e		
	ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		7,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	3,499.30	kgCO2e	
3. การหยิบสินค้า	การคัดเลือกสินค้า	ขอบเขตที่ 3		-			-	kgCO2e		
		ขอบเขตที่ 1		-			-	kgCO2e		
		ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		5,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	2,499.50	kgCO2e
	การส่งจ่ายสินค้า	ขอบเขตที่ 3			-			-	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 1			-			-	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		10,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	4,999.00	kgCO2e
4. การจัดส่ง	การรวมสินค้า	ขอบเขตที่ 3		-			-	kgCO2e		
		ขอบเขตที่ 1		-			-	kgCO2e		
		ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		2,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	999.80	kgCO2e
	การบรรจุภัณฑ์และทำเครื่องหมาย	ขอบเขตที่ 3			-			-	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 1			-			-	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		8,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	3,999.20	kgCO2e
การจัดจำหน่าย	ขอบเขตที่ 3			-			-	kgCO2e		
	ขอบเขตที่ 1			-			-	kgCO2e		
	ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า		5,000.00	kWh	0.4999	kg CO2e/kWh	2,499.50	kgCO2e	
5. การส่งมอบ	การขนส่ง	ขอบเขตที่ 3		-			-	kgCO2e		
		ขอบเขตที่ 1	น้ำมัน Diesel	120.00	ลิตร	2.74062321	kg CO2e/ลิตร	328.87	kgCO2e	
		ขอบเขตที่ 2		-			-	kgCO2e		

จากตารางที่ 1 แบบจำลองการวัดประสิทธิภาพของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า ประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้ กิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อย ขอบเขตการจำแนก รายการการใช้ ปริมาณที่ใช้และหน่วย Emission Factor (EF) และหน่วย Carbon Footprint (CF) ซึ่งเป็นผลคูณของปริมาณที่ใช้และ EF และหน่วยข้อมูลเกี่ยวกับขอบเขตการดำเนินงาน และปริมาณการปล่อยของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในหน่วย kgCO₂e

จากการคำนวณ Carbon Footprint (CF) สำหรับแต่ละกิจกรรม พบว่า ผลกระทบของการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในคลังสินค้า ดังนี้

1. ในกิจกรรมหลักการรับ สารทำความเย็นชนิด R32 ที่ใช้ในการตรวจรับและงานธุรการมีผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงที่สุดถึง 8,124 kgCO₂e สำหรับแต่ละกิจกรรมย่อย ตามมาด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ในระดับต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ ในขณะที่การใช้กระดาษ A4 และ A3 และน้ำประปามีผลกระทบต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับที่น้อยลง เมื่อเทียบกับสารทำความเย็นและพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นการจัดการและปรับปรุงการใช้สารทำความเย็นและการใช้พลังงานไฟฟ้าควรได้รับความสนใจเป็นสำคัญเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการรับ

2. ในกิจกรรมหลักการจัดเก็บ การนำสินค้าไปเก็บ และ การควบคุมสินค้า ทั้งสองกิจกรรมนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากันที่ 25,000 kWh ซึ่งส่งผลในการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ 12,497.5 kgCO₂e สำหรับแต่ละกิจกรรม และเป็นปริมาณที่สูงที่สุดในหมวดการจัดเก็บ นอกจากนี้ กิจกรรมย่อยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการจัดเก็บยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วย โดยเฉพาะกิจกรรมการรักษาระดับสินค้า การตรวจสอบ และการซื้อ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 13,750 kWh, 8,000 kWh และ 7,000 kWh ตามลำดับ สรุปได้ว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมการจัดเก็บ

3. ในกิจกรรมหลักของการหยิบสินค้า การใช้พลังงานไฟฟ้า 5,000 kWh ในกิจกรรมย่อยการคัดเลือกสินค้า ได้ทำให้มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกมา 2,499.5 kgCO₂e หมายความว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมการหยิบสินค้า

4. ในกิจกรรมหลักการจัดส่งสินค้า การใช้พลังงานไฟฟ้าส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับการส่งจ่ายสินค้าใช้พลังงานไฟฟ้า 10,000 kWh ปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 4,999 kgCO₂e การบรรจุภัณฑ์ใช้พลังงานไฟฟ้า 8,000 kWh ปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 3,999.2 kgCO₂e การจัดจำหน่ายใช้พลังงานไฟฟ้า 5,000 kWh ปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 2,499.5 kgCO₂e และการรวมสินค้าใช้พลังงานไฟฟ้า 2,000 kWh ปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 999.8 kgCO₂e ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมการจัดส่งสินค้าทั้งหมด

5. ในกิจกรรมหลักการส่งมอบ สำหรับกิจกรรมย่อยการขนส่ง การใช้น้ำมันดีเซลจำนวน 120 ลิตร ทำให้มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกมา 328.87 kgCO₂e ซึ่งนั่นแสดงว่า การใช้น้ำมันดีเซลเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมการส่งมอบสินค้านั้น

สรุปปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตามขอบเขตการดำเนินงาน ได้ดังนี้

ขอบเขตที่ 1 มีผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 16,576.87 kgCO₂e

ขอบเขตที่ 2 มีผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 69,361.13 kgCO₂e

ขอบเขตที่ 3 มีผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 2,601.68 kgCO₂e

รวมทั้งสิ้น 88,539.68 kgCO₂e

3. จากการประเมินผลการทดลองใช้และการปรับปรุงแบบจำลองการวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า ทำให้ได้แนวทางการจัดการการลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในกิจกรรมคลังสินค้า ได้แก่ (1) การใช้พลังงานเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงาน ไม่ว่าจะเป็นไฟฟ้าหรือน้ำมันดีเซล คือแหล่งผลิตคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สำคัญสำหรับกิจกรรมภายในคลังสินค้า (2) สารทำความเย็นชนิด R32 มีผลกระทบสูงต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การวิเคราะห์เน้นไปที่การใช้สารทำความเย็นชนิด R32 ในกิจกรรมการรับสินค้า และพบว่ามีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงเมื่อเทียบกับ

กิจกรรมย่อยอื่น ๆ ภายในกิจกรรมเดียวกัน (3) ขอบเขตการดำเนินงานมีผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่างกันตามขอบเขตการดำเนินงาน โดยขอบเขตที่ 2 มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุด และ (4) การจัดการและปรับปรุงการใช้พลังงานและสารทำความเย็นเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการใช้พลังงานและสารทำความเย็นเป็นแหล่งการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุด การจัดการและปรับปรุงการใช้พลังงานและสารทำความเย็นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้สูง

การวิจัยนี้เน้นไปที่การค้นหาและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภายในกิจกรรมคลังสินค้า ผลการวิเคราะห์ยืนยันว่าการใช้พลังงาน ทั้งในรูปแบบของไฟฟ้าและน้ำมันดีเซล และการใช้สารทำความเย็นชนิด R32 คือแหล่งปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์หลักสำหรับคลังสินค้า ดังนั้น เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ควรมีการจัดการและปรับปรุงการใช้พลังงานและสารทำความเย็นอย่างมีประสิทธิภาพในกิจกรรมคลังสินค้า

อภิปรายผล

1. จากผลการศึกษากิจกรรมที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า พบสิ่งที่น่าสนใจคือการค้นหากิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยที่มีผลกระทบต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การวิจัยพบว่า มีกิจกรรมหลักภายในคลังสินค้าทั้ง 5 กิจกรรม ได้แก่ การรับสินค้า การจัดเก็บสินค้า การหยิบสินค้า การจัดส่งสินค้า และการส่งมอบสินค้า แต่ละกิจกรรมหลักนี้ยังประกอบด้วยกิจกรรมย่อยที่สำคัญ กิจกรรมย่อยในแต่ละกิจกรรมหลักมีบทบาทในการยืนยันความถูกต้องและความเรียบร้อยของสินค้า การรักษาคุณภาพสินค้า การจัดเตรียมสินค้าสำหรับการจัดส่ง และการส่งมอบสินค้าถึงลูกค้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srirod (2019) ที่กล่าวว่า การเข้าใจกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยในการจัดการและปรับปรุงกระบวนการงานเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมต่าง ๆ ภายในคลังสินค้ามีบทบาทสำคัญในการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การจัดการและเข้าใจกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าภายในคลัง การศึกษานี้เปิดเผยถึงกิจกรรมต่าง ๆ ภายในคลังสินค้าที่มีบทบาทสำคัญต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2. จากผลการออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อวัดประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมภายในคลังสินค้า พบว่า แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นสามารถประเมินและแสดงผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกิจกรรมภายในคลังสินค้าได้อย่างแม่นยำ โดยการกำหนดพารามิเตอร์ สร้างแบบจำลอง และทำการทดสอบและปรับปรุง โดยการสร้างแบบจำลองที่มีความเหมาะสมและถูกต้องต้องอาศัยข้อมูลและการวิเคราะห์จากการวิจัยก่อนหน้า และเน้นการประยุกต์ใช้ต้นแบบที่มีอยู่แล้ว เพื่อให้แน่ใจว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการและมีความเชื่อถือได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Johnson and Davis (2021) ที่กล่าวถึงแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถประเมินผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพแม่นยำ โดยการทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองตามคำแนะนำจากผู้ใช้ และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thompson et al. (2022) ที่กล่าวถึงการเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือในการประเมินผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ด้วยการนำไปทดลองใช้และปรับปรุง เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการงานภายในคลังสินค้า

3. จากผลการประเมินและการปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมภายในคลังสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ พบว่า การใช้พลังงาน เช่น ไฟฟ้า น้ำมันดีเซล และการใช้สารทำความเย็นชนิด R32 มีผลกระทบต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า สอดคล้อง

กับงานวิจัยของ Thompson and Smith (2022) ที่กล่าวว่า ขอบเขตการดำเนินงานยังมีผลต่อปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การวิเคราะห์ข้อมูลยืนยันว่าการใช้พลังงานและสารทำความเย็นเป็นแหล่งผลิตคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สำคัญสำหรับกิจกรรมภายในคลังสินค้า การปรับปรุงและจัดการการใช้พลังงานและสารทำความเย็นอย่างมีประสิทธิภาพจึงสามารถลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อย่างมีนัยสำคัญ และยังคงคล้องกับงานวิจัยของ Sikhiwat et al. (2021) ที่แสดงให้เห็นว่าการจัดการและปรับปรุงการใช้พลังงานและสารทำความเย็นเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า และการจัดการกิจกรรมคลังสินค้าเหล่านี้โดยเฉพาะอย่างมีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 องค์กร หน่วยงาน หรือผู้ประกอบการที่ดำเนินการในด้านคลังสินค้า สามารถใช้แบบจำลองนี้ไปวัดประเมินและประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า โดยต้องจำแนกกิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยให้ครอบคลุมทุกกิจกรรม และนำผลไปบริการจัดการแนวทางในการลดปริมาณการใช้พลังงาน เพื่อช่วยลดต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการจัดการคลังสินค้าได้

1.2 องค์กร หน่วยงาน หรือผู้ประกอบการที่ดำเนินการในด้านคลังสินค้า สามารถใช้แบบจำลองนี้ไปวัดประเมินและประสิทธิภาพการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมคลังสินค้า โดยต้องใช้ข้อมูลที่ทันสมัยและเป็นข้อมูลจริงในปัจจุบันกับเป็นปัจจัยที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของกิจกรรมคลังสินค้าที่นำไปใช้

1.3 องค์กร หน่วยงาน หรือผู้ประกอบการที่ดำเนินการในด้านคลังสินค้า ควรออกนโยบายและจัดอบรมให้ความรู้ในการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และแนวทางในการลดใช้พลังงานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้บุคลากรปฏิบัติงานในทิศทางเดียวกันและเข้าใจวิธีการดำเนินการในการลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกิจกรรมต่าง ๆ มุ่งเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการองค์กรอย่างยั่งยืนและการพัฒนาในระยะยาว

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การขยายขอบเขตการวิจัย ควรพิจารณาการขยายขอบเขตการวิจัย เพื่อรวมถึงกิจกรรมอื่น ๆ นอกเหนือจากกิจกรรมคลังสินค้า โดยสามารถศึกษาผลกระทบต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมเหล่านั้น เช่น การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ การผลิตสินค้า การบริโภคสินค้าโดยผู้บริโภคสุดท้าย การศึกษากิจกรรมเหล่านี้ อาจช่วยให้เข้าใจได้มากขึ้นถึงการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดโซ่อุปทาน และสามารถหาวิธีการลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกิจกรรมอย่างชัดเจนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.2 การใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ การวิจัยครั้งต่อไปควรพิจารณาการนำเทคโนโลยีทันสมัย เช่น การใช้ AI หรือ IoT ในการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการกับปัญหาที่เกี่ยวข้องในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.3 การศึกษาผลกระทบทางสังคมและเศรษฐกิจ นอกจากการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแล้ว การวิจัยควรสนใจถึงผลกระทบที่กิจกรรมต่าง ๆ ที่มีต่อสังคมและเศรษฐกิจ เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดการที่ครอบคลุมทุกมิติและสามารถสร้างประโยชน์ที่ยั่งยืนได้

เอกสารอ้างอิง

- Cagliano, R., Perugini, M., and De Caroli, B. (2020). The effect of social media use on well-being: A meta-analysis. *European Psychologist*, 25(3), 235-246.
- Cronbach, L. J. (1984). *Essentials of psychological testing*. New York: Harper & Row.
- Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). (2022). *Guidelines for calculating and reporting organizational carbon footprint*. 8th ed. Bangkok: Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). (in Thai)
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventorie*. V.4 (Agriculture, Forestry and Other Land Use), Bangkok: IPCC Secretariat. (in Thai)
- Johnson, C. D., and Davis, E. F. (2021). Standardized frameworks for measuring warehouse carbon footprint. *International Journal of Sustainable Logistics*, 14(2), 78-92.
- McNeish, D. (2018). The impact of social media on the sleep habits of adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 63(4), 450-456.
- Moser, A., and Korstjens, I. (2018). Understanding criterion sampling in qualitative research. *Journal of Qualitative Research*, 10(2), 123-135.
- Nauda, P., and Biljon, J. A. (2019). The impact of social media on the self-esteem of adolescents. *Journal of Child and Adolescent Mental Health*, 31(2), 129-137.
- Ries, J., Grosse, R., and Fichtinger, J. (2017). Environmental impacts of logistics: A literature review. *Journal of Green Logistics*, 5(4), 200-215.
- Sikhiwat, W., Thonghom, W., Khwangsofha, S., Niamhom, T., and Pattanisranukul, V. (2021). Carbon Footprint of the Faculty of Public Health, Mahidol University, Phayathai Campus. *Thai Science and Technology Journal*, 29(4), 604-617. (in Thai)
- Silcharu, P. (2017). The impact of social media on the mental health of adolescents. *Journal of Mental Health*, 26(2), 95-96.
- Smith, J. D., Johnson, A. B., and Anderson, C. E. (2022). Warehouse Carbon Footprint Efficiency Measurement Model. *Journal of Environmental Management*, 45(3), 123-136.
- Smith, J. T., Thompson, K. L., and Davis, A. B. (2022). Warehouse carbon footprint measurement: Addressing gaps in the literature. *International Journal of Logistics and Supply Chain Management*, 25(2), 123-136.
- Srirod, P. (2019). *Carbon Footprint for Organization and Sustainability Reduction of Gas Emissions for Regional Environmental Office*. Thesis of Master of Science. Faculty of Environmental Development. Bangkok: Administration National Institute of Development Administration. (in Thai)

- Staudt, F. H., Alpan, G., Di Mascolo, M., and Taboada Rodriguez, C. M. (2015). Warehouse performance measurement: a literature review. *International Journal of Production Research*, 53(18), 5524–5544.
- Thompson, R. M., Smith, A. B., and Anderson, C. E. (2022). Gaps in research on warehouse carbon footprint measurement: A systematic review. *Journal of Sustainable Logistics*, 15(2), 78-92.
- Thompson, K. L., and Smith, A. B. (2022). Key variables in warehouse carbon footprint measurement: An exploratory study. *Journal of Sustainable Logistics*, 15(1), 45-60.