

องค์ประกอบและการปลดปล่อยคาร์บอนของการกำจัดขยะมูลฝอย
กรณีศึกษาศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

COMPOSITION AND CARBON EMISSION FROM MUNICIPAL SOLID WASTE:
A CASE STUDY OF SCIENCE CENTER, VALAYA ALONGKORN RAJABHAT
UNIVERSITY UNDER THE ROYAL PATRONAGE, PATHUM THANI PROVINCE

ณัททัย โชติกลาง* และ มณฑิพย์ จันท์แก้ว

Nahathai Chotklang* and Montip Jankaew

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

Program in Environmental Science, Faculty of Science and Technology,

Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage

Received: 2 March 2025

Revised: 25 March 2025

Accepted: 8 April 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาองค์ประกอบและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะมูลฝอย ของศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์จังหวัดปทุมธานี เก็บข้อมูลระหว่างเดือนเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 นำมาคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีหน่วยเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามแนวทางของคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และตามแนวทางของหน่วยงานองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ผลการศึกษาพบสัดส่วนขยะประเภทอาหารมีปริมาณมากที่สุดร้อยละ 51.21 รองลงมาคือกระดาษร้อยละ 20.70 และพลาสติกร้อยละ 20.13 พบโพลีมีสัดส่วนน้อยที่สุดคือร้อยละ 0.35 และอื่นๆ ร้อยละ 7.61 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดมูลฝอยรวมมีค่าเท่ากับ 2.118 kgCO_{2eq} ต่อปี เศษอาหาร

* Corresponding author: ณัททัย โชติกลาง

E-mail: Nahathai@vru.ac.th

มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดคือ 1.106 kgCO_{2eq} ต่อปี รองลงมาคือ กระดาษ 0.518 kgCO_{2eq} ต่อปี และพลาสติก 0.323 kgCO_{2eq} ต่อปี และขยะประเภทโลหะ และอลูมิเนียมมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดเท่ากับ 0.004 kgCO_{2eq} ต่อปี

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์, ขยะมูลฝอย, ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

This study examines the composition and assesses the carbon footprint of municipal solid waste generated at the Science Center of Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum Thani Province. Data collection was conducted from August 2023 to July 2024, with greenhouse gas emissions quantified using emission factors expressed in carbon dioxide equivalent (CO_{2eq}), following the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). The findings indicate that food waste constitutes the largest proportion of total waste at 51.21%, followed by paper (20.70%) and plastic (20.13%), whereas foam waste represents the smallest fraction at 0.35% and others at 7.61%. The total carbon dioxide emissions from municipal solid waste disposal amount to 2.118 kgCO_{2eq} per year. Food waste generates the highest carbon dioxide emissions at 1.106 kgCO_{2eq} per year, followed by paper at 0.518 kgCO_{2eq} per year and plastic at 0.323 kgCO_{2eq} per year. Metal and aluminum waste have the lowest carbon dioxide emissions, at only 0.004 kgCO_{2eq} per year.

Keywords: Carbon Footprint, Solid Waste, Greenhouse Gas

บทนำ

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme: UNEP) เผยแพร่รายงานแนวโน้มการจัดการขยะและของเสียทั่วโลก 2567 ณ เมืองไนโรบี ประเทศเคนยาสืบเนื่องจากการประชุมสมัชชาสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ สมัยที่ 6 (The sixth session of the United Nations Environment Assembly : UNEA 6) ว่าตามการคาดการณ์จะเกิดขยะมูลฝอยชุมชนเพิ่มขึ้นจาก 2.3 พันล้านตันในปี 2566 เป็น 3.8 พันล้านตัน ในปี 2593 และมีค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะเพิ่มขึ้นจาก 361 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ เป็น 640.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยขยะมีส่วนทำให้เกิดวิกฤติการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มลพิษ และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (SDG, 2567) ขณะที่ประเทศไทยมีการรายงานสถานการณ์มูลฝอยของกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ. 2566 พบว่าประเทศไทยมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 26.95 ล้านตันหรือประมาณ 73,840 ตันต่อวันกระจายตัวตามจังหวัดต่าง ๆ มีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยเฉลี่ยเท่ากับ 1.12 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน และเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2565 พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 โดยขยะมูลฝอยชุมชนและขยะประเภทพลาสติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นจำนวนมากเนื่องจากการสั่งสินค้าและอาหารออนไลน์ รวมถึงรัฐมีมาตรการกระตุ้นภาคการท่องเที่ยวผ่านการจัดงานเทศกาลในแต่ละภูมิภาคเพื่อเพิ่มจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติในประเทศไทย และการกระตุ้นภาคเศรษฐกิจและการลงทุนผ่านการจ้างแรงงานต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นทำให้ภาพรวมปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาเป็นภูมิภาคพบว่าภาคกลางมีปริมาณขยะมูลฝอยสูงที่สุด 31,339 ตันต่อวัน (จังหวัดในพื้นที่ภาคกลาง 18,591 ตันต่อวัน และกรุงเทพมหานคร 12,748 ตันต่อวัน) รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณขยะมูลฝอย 17,873 ตันต่อวัน ภาคใต้ 9,705 ตันต่อวัน ภาคตะวันออก 7,073 ตันต่อวัน ภาคเหนือ 4,582 ตันต่อวัน และภาคตะวันตกมีปริมาณขยะมูลฝอยน้อยที่สุด 3,268 ตันต่อวันตามลำดับ สำหรับการจัดการมูลฝอยในภาพรวมพบว่าการจัดการอย่างถูกต้องจากองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น 10.17 ล้านตัน โดยมีวิธีการจัดการหลักคือ การฝังกลบ เตาเผาผลิตพลังงาน และปุ๋ยหมัก (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) โดยหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยนับว่าเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญเนื่องจากเป็นวิธีการจัดการขยะที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นหลัก ก๊าซนี้มีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) สูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ถึง

25 เท่า นอกจากนี้การจัดการมูลฝอยยังปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ เช่น ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ปวีณา พาณิชพิเชฐ, 2560) โดยประเทศไทยได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการลดก๊าซเรือนกระจกโดยได้จัดทำแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 ซึ่งมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกที่ร้อยละ 20 ภายในปี พ.ศ. 2573 ประกอบด้วยสาขาพลังงานและขนส่ง สาขากระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ และสาขาการจัดการของเสีย ซึ่งเป็นสาขาหลักของหน่วยงานที่มีความพร้อมและมีศักยภาพในการดำเนินงานที่สามารถสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจก (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) รวมถึงหน่วยงานภาครัฐมีนโยบายการลดและคัดแยกขยะมูลฝอยโดยมีเป้าหมายที่ 1 ลดการใช้พลาสติก 4 ชนิด คือ กล่องโฟมบรรจุอาหาร หลอดพลาสติก แก้วพลาสติกแบบบางน้อยกว่า 100 ไมครอน และถุงพลาสติกหูหิ้วแบบบางน้อยกว่า 36 ไมครอน ด้วยการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป้าหมายที่ 2 นำขยะพลาสติก 7 ชนิด กลับมาใช้ใหม่ ร้อยละ 50 โดยมีผลดำเนินงานคือ การเลิกใช้พลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำดื่ม (Cap Seal) โดยร่วมมือกับผู้ผลิตน้ำดื่ม การเลิกใช้พลาสติกไมโครบีดส์ โดยองค์การอาหารและยาได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดลักษณะของเครื่องสำอางที่ห้ามผลิตนำเข้าหรือขาย (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๖๒ และกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมร่วมกับห้างสรรพสินค้าซูเปอร์มาร์เก็ตและร้านสะดวกซื้องดให้ถุงพลาสติกหูหิ้วแบบบาง ซึ่งผลการดำเนินงานในปี 2565 พบว่าขยะมูลฝอยที่ส่งกำจัดลดลงร้อยละ 30 ถุงพลาสติกหูหิ้วลดลงร้อยละ 100 แก้วน้ำพลาสติกใช้ครั้งเดียวลดลงร้อยละ 100 และโฟมบรรจุอาหารลดลงร้อยละ 100 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

มหาวิทยาลัยในฐานะสถาบันการศึกษาและศูนย์กลางการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญในการเป็นต้นแบบในการดำเนินงานด้านความยั่งยืนและการรักษาสังแวดล้อมและมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมต่างๆ ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นการคัดแยกขยะและการจัดการขยะอย่างเป็นระบบจึงเป็นแนวทางสำคัญเบื้องต้นในการลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปฝังกลบและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยและประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์จังหวัดปทุมธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กำหนดพื้นที่ศึกษา พื้นที่ศึกษาอาคารอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานีเก็บข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการสำรวจ การสัมภาษณ์ ปริมาณขยะมูลฝอยองค์ประกอบขยะมูลฝอย เส้นทางและระยะทางการขนส่งขยะมูลฝอย และข้อมูลทุติยภูมิค่าแฟคเตอร์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบขยะมูลฝอย ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย มีขั้นตอนการคัดแยกขยะดังนี้

1) เก็บรวบรวมขยะมูลฝอยบริเวณหน้าอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ ขยะมูลฝอยในถังขยะในอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ ชั้น 1-4 ในแต่ละวัน จากนั้นชั่งน้ำหนักของขยะมูลฝอยและจดบันทึกน้ำหนัก สุ่มเก็บตัวอย่างขยะ 3 วันเป็นตัวแทนของวันในสัปดาห์

2) ประเมินองค์ประกอบของขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิดประเภทอาคาร ตามวิธีการประเมินของกองจัดการการของเสียและสารอันตราย โดยมีขั้นตอนดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2565)

2.1) นำขยะมูลฝอยทั้งหมดมากองและคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันจากนั้นแบ่งขยะมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน

2.2) สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอย 2 ส่วน จาก 4 ส่วนที่อยู่ตรงข้ามกัน จากนั้นคลุกเคล้าขยะมูลฝอยให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำซ้ำจนขยะมูลฝอยเหลือประมาณ 40-57 กิโลกรัม โดยแบ่งวิธีการศึกษาองค์ประกอบขยะมูลฝอยในแต่ละแหล่งกำเนิด ออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 ถ้าปริมาณขยะมูลฝอยในแหล่งกำเนิดใด ๆ มากกว่า 50 กิโลกรัม จะทำการสุ่มตัวอย่างโดยจะแบ่งรอบการสุ่มตัวอย่างตามรอบของการเก็บขนขยะในแต่ละอาคาร หรือทำการสุ่มโดยเลือกมาจากทุกจุดอย่างทั่วถึงในห้องพักขยะมูลฝอย เพื่อให้ขยะที่สุ่มออกมาสามารถเป็นตัวแทนของขยะมูลฝอยในแต่ละวันของแต่ละแหล่งกำเนิด และกรณีที่ 2 ถ้าปริมาณขยะมูลฝอยในแหล่งกำเนิดใด ๆ น้อยกว่า 50 กิโลกรัม ปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดในแต่ละวันของแต่ละแหล่งกำเนิดจะถูกนำมาคัดแยกองค์ประกอบทั้งหมด โดยการสุ่มตัวอย่างของอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์เป็นแบบกรณีที่ 2

2.3) ประเมินองค์ประกอบของขยะมูลฝอย โดยแบ่งประเภทขยะมูลฝอย เป็น 14 ชนิด โดยแบ่งประเภทตาม IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ประกอบด้วย เศษอาหาร (เศษอาหารที่กินได้) เศษอาหาร (เศษอาหารที่กินไม่ได้) ขยะจากสวน กระดาษ ไม้ สิ่งทอ ผ้าอ้อม ยางและหนัง พลาสติก โลหะ แก้ว ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของเสียอันตรายและขยะอื่น ๆ จากนั้นชั่งน้ำหนักขยะมูลฝอยแต่ละประเภทเพื่อหาองค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย จัดบันทึกข้อมูลน้ำหนักขยะมูลฝอยเพื่อหาร้อยละองค์ประกอบของขยะแต่ละประเภท สัดส่วนขององค์ประกอบขยะคำนวณตามสมการที่ (1)

$$C_X = \frac{W_X}{W_T} \times 100 \quad (1)$$

โดย C_X คือ สัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบตัวอย่าง X

W_X คือ น้ำหนักตัวอย่าง X

W_T คือ น้ำหนักของตัวอย่างรวม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1) การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณ องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย ค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณน้ำหนักทั้งหมดของขยะมูลฝอย

2) การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของขยะมูลฝอย อ้างอิงจากระเบียบวิธีการประมาณการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหลักเกณฑ์ของ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) และตามแนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยชนิด อายุในชั้นบรรยากาศ และศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก แสดงดังตารางที่ 1 และการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แสดงดังสมการที่ 2

ตารางที่ 1 ชนิดและศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก	อายุในชั้น บรรยากาศ (ปี)	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์)
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	5 - 200	1
มีเทน (CH ₄)	12	25
ไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O)	114	298
ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs)	1.4 - 270	124 - 14,800
เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)	1,000 - 50,000	7,390 - 12,200
ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF ₆)	3,200	22,800
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF ₃)	740	17,200

ที่มา: IPCC Fourth Assessment Report – Climate Change 2007

สูตรการคำนวณ

$$\text{CO}_2 \text{ Emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission factor} \quad (2)$$

โดย Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอย ดังสมการที่ (3)

$$\text{Emission} = \frac{\text{Fuel (units)} \times \text{EF (kgCO}_2\text{)}}{\text{Solid Waste (tones)}} \quad (3)$$

โดย

Emission คือ การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากข้อมูลน้ำมันรถฝังกลบขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)

Solid Waste คือ ปริมาณขยะมูลฝอยที่นำไปฝังกลบต่อเดือน (ตันขยะมูลฝอยต่อเดือน)

Fuel คือ ปริมาณน้ำมันที่ใช้รถฝังกลบขยะมูลฝอย (ลิตรต่อเดือน)

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้น้ำมันรถฝังกลบขยะมูลฝอย (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์)

ตารางที่ 2 ค่าแฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

องค์ประกอบมูลฝอย	ค่าแฟกเตอร์ (kg CO ₂ /หน่วย)	หน่วย
เศษไม้	3.3300*	กิโลกรัม
กระดาษ	2.9300*	กิโลกรัม
เศษอาหาร	2.5300*	กิโลกรัม
ยางและหนัง	3.1300*	กิโลกรัม
ผ้าอนามัย	4.000**	กิโลกรัม
พลาสติก	1.8814***	กิโลกรัม
โฟม	2.2971***	กิโลกรัม
กระป๋องอลูมิเนียม	0.6470****	กิโลกรัม
ขวดแก้วใส	0.8061****	กิโลกรัม
น้ำมันดีเซล	2.7446*****	ลิตร
รถบรรทุก 10 ล้อวิ่งปกติ 0% Loading	0.5747*****	กิโลเมตร
รถบรรทุก 10 ล้อวิ่งปกติ 50% Loading	0.0852*****	ตันต่อกิโลเมตร

ที่มา: *IPCC 2006 Vol.5 Waste, ** Green office manual by Department of Environmental Quality Promotion, Mahidol University, ***Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018), ****Thai National LCI Database, *****IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT, *****TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ลักษณะทั่วไปและกิจกรรมของศูนย์วิทยาศาสตร์อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ตั้งอยู่ที่จังหวัดปทุมธานี เป็นอาคาร 4 ชั้น ให้บริการการเรียนการสอน งานวิจัย ห้องประชุมสัมมนา ประกอบไปด้วยหน่วยงาน สำนักงานศูนย์วิทยาศาสตร์ ปฏิบัติการทางฟิสิกส์ ปฏิบัติการทางเคมี และปฏิบัติการทางชีววิทยา จำนวนผู้ใช้บริการศูนย์วิทยาศาสตร์ระหว่างเดือนสิงหาคม - ธันวาคม 2566 และเดือนมกราคม - กรกฎาคม 2567 มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 6,776 คน

2. ปริมาณและองค์ประกอบขยะมูลฝอยของอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ แหล่งกำเนิดมูลฝอยเกิดจากนักศึกษาและผู้ปฏิบัติงานภายในอาคารซึ่งมีการนำอาหารและเครื่องดื่มมารับประทาน แยกองค์ประกอบขยะมูลฝอยเป็น 9 ประเภทคือ เศษอาหาร กระดาษ ไม้ ยาง

และหนัง ฟ้ายอนมาย พลาสตึก กระจกอลุมเนียม ขวดแก้วใส และโพน จากการศึกษาพบ ปริมาณมูลฝอยรวมทั้งหมด 853.6 กิโลกรัม เดือนสิงหาคมถึงธันวาคม 2566 มีปริมาณขยะ มูลฝอยรวม 206.5, 153.1, 21.5, 23.6 และ 59.2 กิโลกรัมตามลำดับ เมื่อพิจารณาสัดส่วน คิดเป็นร้อยละ 24.3, 18.1, 2.53, 2.77 และ 6.94 ตามลำดับ ขณะที่ปี พ.ศ.2567 เดือน มกราคม - กรกฎาคม มีปริมาณมูลฝอยรวม 127.4, 14.1, 6.4, 6.0, 1.4 101.4 และ 132.9 กิโลกรัมตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 14.93, 1.65, 0.75, 0.70, 0.16, 11.88 และ 15.57 ตาม ลำดับ ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3 ขณะที่องค์ประกอบของขยะมูลฝอยคิดเป็นร้อยละในแต่ละ เดือนพบว่ามีส่วนคล้ายกันโดยพบว่าเศษอาหาร กระจก และพลาสตึกมีส่วนมากที่สุด 3 อันดับแรก เช่น ในปี พ.ศ. 2566 เดือนสิงหาคม พบเศษอาหารมากที่สุด ร้อยละ 49.49 รองลงมาคือ พลาสตึก ร้อยละ 21.64 และกระจก ร้อยละ 21.45 เดือนกันยายนพบเศษ อาหาร พลาสตึก และกระจกร้อยละ 52.55 19.99 และ 19.59 ตามลำดับ และเดือนธันวาคม พบสัดส่วนเศษอาหาร พลาสตึก และกระจกร้อยละ 35.14 31.59 และ 20.78 ตามลำดับ ขณะที่ปี 2567 พบว่าเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน มิถุนายน และกรกฎาคม มีสัดส่วนของเศษอาหารมากที่สุดรองลงมาคือกระจก พลาสตึกข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4 สอดคล้องกับบันทึกพร สุทธิประภา และ สุนิดา ทองโท (2563); สุชานุช ชูสุวรรณ และคณะ (2563) พบว่ามีสัดส่วนของขยะประเภทเศษอาหารมากที่สุดเนื่องจากเศษอาหารเป็นขยะที่เกิด จากการบริโภคอาหารทุกวัน มีแหล่งจำหน่ายอาหารและยังขาดระบบการคัดแยกที่ดีทำให้เศษ อาหารถูกทิ้งรวมกับขยะทั่วไปแทนที่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์

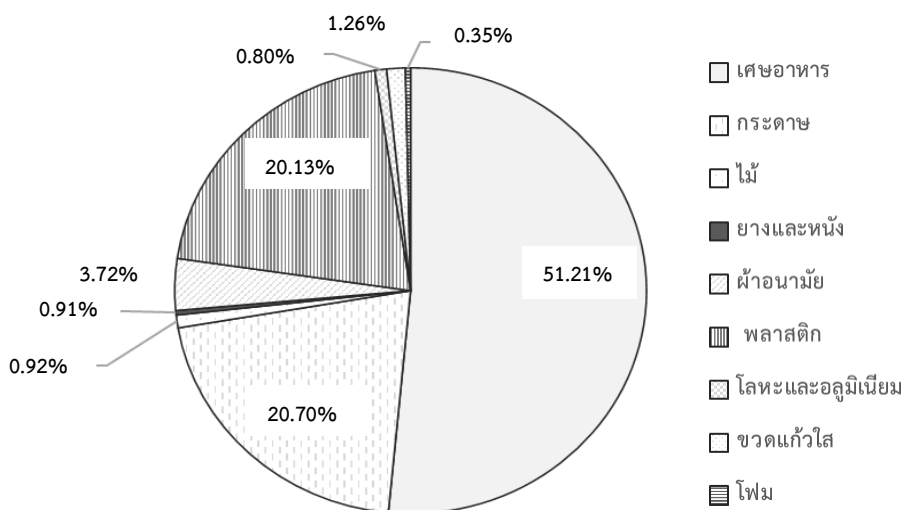
ตารางที่ 3 ปริมาณขยะมูลฝอยระหว่างเดือน ส.ค. 2566 ถึงเดือน ก.ค 2567

องค์ประกอบ ขยะมูลฝอย	ปริมาณขยะ (กิโลกรัม)											
	ส.ค.66	ก.ย.66	ต.ค.66	พ.ย.66	ธ.ค.66	ม.ค.67	ก.พ.67	มี.ค.67	เม.ย.67	พ.ค.67	มิ.ย.67	ก.ค.67
เศษอาหาร	102.2	80.5	8.5	15.5	20.8	64.2	9.2	3.6	2.9	1.0	56.3	72.5
กระจก	44.3	30.0	6.9	5.3	12.3	30.8	2.2	0.9	1.6	0.2	18.4	23.8
ไม้	3.2	0.3	0.1	0.1	1.5	2.1	0.1	0.1	-	-	0.1	0.2
ยางและหนัง	0.4	0.4	5.5	0.4	0.2	0.3	-	-	-	-	0.3	0.3
ฟ้ายอนมาย	8.1	7.3	0.1	0.1	3.5	4.9	0.1	-	0.1	-	2	5.5
พลาสตึก	44.7	30.6	0.4	2.0	18.7	21.7	1.9	1.0	1.0	0.2	22.3	27.3
กระจก-อลุมเนียม	1.0	1.2	-	0.1	0.8	1.0	0.3	0.5	0.3	-	0.7	1.0
ขวดแก้วใส	1.6	2.5	-	-	1.2	1.8	0.3	0.3	0.1	-	1.0	2.0
โพน	1.0	0.4	-	0.1	0.2	0.6	0.1	3.6	-	-	0.3	0.3
รวม	206.5	153.1	21.5	23.6	59.2	127.4	14.1	6.41	6.0	1.4	101.4	132.9

ตารางที่ 4 องค์ประกอบมูลฝอยศูนย์วิทยาศาสตร์ระหว่างเดือน ส.ค. 2566 ถึงเดือน ก.ค. 2567

องค์ประกอบ ขยะมูลฝอย	องค์ประกอบมูลฝอย (ร้อยละ)											
	ส.ค.66	ก.ย.66	ต.ค.66	พ.ย.66	ธ.ค.66	ม.ค.67	ก.พ.67	มี.ค.67	เม.ษ.67	พ.ค.67	มิ.ย.67	ก.ค.67
เศษอาหาร	49.49	52.55	39.3	65.68	35.14	50.39	65.22	56.14	48.74	71.43	55.52	54.55
กระดาษ	21.45	19.59	31.9	22.46	20.78	24.18	15.60	14.24	26.89	14.29	18.15	17.91
ไม้	1.55	0.21	0.6	0.42	2.53	1.65	0.71	-	-	-	0.10	0.15
ยางและหนัง	0.19	0.24	25.6	1.69	0.34	0.24	-	-	-	-	0.30	0.23
ผ้าออนามัย	3.92	4.73	0.6	0.42	5.91	3.85	0.36	0.00	1.68	-	1.97	4.14
พลาสติก	21.64	19.99	2.0	8.47	31.59	17.03	13.47	15.59	16.81	14.29	21.99	20.54
กระป๋อง-	0.48	0.78	-	0.42	1.35	0.78	2.16	7.80	4.20	-	0.69	0.75
อลูมิเนียม												
ขวดแก้วใส	0.79	1.64	-	-	2.03	1.41	1.78	4.68	1.68	-	0.99	1.50
โฟม	0.48	0.26	-	0.42	0.34	0.47	0.71	56.14	-	-	0.30	0.23

ปริมาณขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารมีค่ารวม 437.12 กระดาษ 176.66 ไม้ 7.86 ยางและหนัง 7.77 ผ้าออนามัย 31.73 พลาสติก 171.82 โลหะและอลูมิเนียม 6.86 แก้ว 10.79 และขวดแก้วใส 3.00 กิโลกรัมต่อปี เมื่อนำปริมาณขยะมูลฝอยมาคิดเป็นสัดส่วน พบเศษอาหาร ร้อยละ 51.21 กระดาษร้อยละ 20.70 ไม้ร้อยละ 0.92 ยางและหนังร้อยละ 0.91 ผ้าออนามัย ร้อยละ 3.72 พลาสติกร้อยละ 20.13 โลหะและอลูมิเนียม ร้อยละ 0.80 ขวดแก้วใสร้อยละ 1.26 และโฟมร้อยละ 0.35 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 1

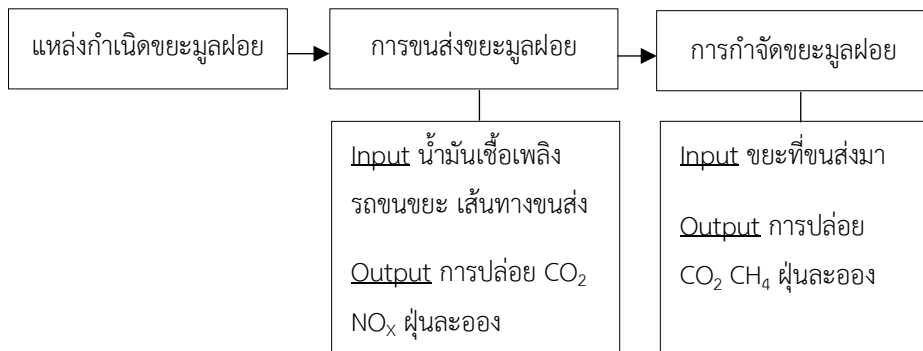


รูปที่ 1 สัดส่วนองค์ประกอบมูลฝอยอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์

3. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอย การกำจัดขยะของศูนย์วิทยาศาสตร์เริ่มจากการเก็บขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัยทุกวันด้วยรถบรรทุกเพื่อนำไปพักบริเวณหลังมหาวิทยาลัยเพื่อรอรถขนขยะจากเทศบาลเข้ามาเก็บขยะอาทิตย์ละ 3 วันเพื่อนำขยะไปกำจัดแบบฝังกลบ ณ บ่อกำจัดขยะของเทศบาลท่าโขลง จังหวัดปทุมธานี การคำนวณจากการกำจัดขยะมูลฝอย คำนวณจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยแต่ละชนิด และจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอยที่ใช้น้ำมันดีเซลปริมาณ 1,290 ลิตรต่อปี แผนผังกระบวนการจัดการขยะมูลฝอยของศูนย์วิทยาศาสตร์แสดงดังรูปที่ 2 และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยแต่ละชนิด

องค์ประกอบมูลฝอย	ปริมาณ (ตัน/ปี)	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂)	ปริมาณการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kgCO _{2eq} /ปี)
เศษอาหาร	0.437	2.5300	1.106
กระดาษ	0.177	2.9300	0.518
ไม้	0.008	2.0000	0.016
ยางและหนัง	0.003	3.1300	0.009
ผ้าอนามัย	0.032	4.000	0.127
พลาสติก	0.172	1.8814	0.323
โลหะและอลูมิเนียม	0.007	0.6470	0.004
ขวดแก้วใส	0.011	0.8061	0.009
โฟม	0.003	2.2971	0.007
รวม	0.849		2.118



รูปที่ 2 การจัดการขยะมูลฝอยของศูนย์วิทยาศาสตร์

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยรวมทุกประเภทของศูนย์วิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 2.118 kgCO_{2eq} ต่อปี โดยมีการปลดปล่อยจากขยะประเภทเศษอาหารมากที่สุด 1.106 รองลงมาคือกระดาษ 0.518 และพลาสติก 0.323 kgCO_{2eq} ต่อปี ขณะที่ขยะประเภทโลหะและอลูมิเนียมมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดเท่ากับ 0.004 kgCO_{2eq} ต่อปี รองลงมาคือโฟม 0.007 kgCO_{2eq} ต่อปี ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 4.148 kgCO_{2eq} ต่อปี และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการขนส่งเข้าไปและขากลับรวม 2728.0424 kgCO_{2eq} ต่อปี

สอดคล้องกับงานวิจัยของมุกดาวรรณ ชนะวงศ์ และคณะ (2566) ทำการศึกษาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลชานวรรณ อำเภอพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ดมีปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอยรวมตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับ 1837.89 kgCO_{2eq} ต่อปี และมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากขยะประเภทอาหารมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 739.57 kgCO_{2eq} ต่อปี รองลงมาคือถุงพลาสติกมีค่าเท่ากับ 226.74 kgCO_{2eq} ต่อปี และกระดาษ 185.15kgCO_{2eq} ต่อปี ขณะที่โฟมมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด 17.24 kgCO_{2eq} ต่อปี เนื่องจากมีลักษณะแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยเป็นชุมชนซึ่งมักพบว่าขยะประเภทเศษอาหารและพลาสติกมากกว่าขยะประเภทอื่น อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของมุกดาวรรณ สว่างอารมณ์ และคณะ (2566) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดขยะที่เกิดขึ้นของเทศบาลตำบลศาลาด่าน จังหวัดกระบี่ พบว่ามีการ

ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอยรวมมีค่าเท่ากับ 12,124.68 kgCO_{2eq} ต่อปี การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการฝังกลบขยะมูลฝอยมากที่สุด 3 อันดับแรกคือ เศษอาหารมีค่าเท่ากับ 5,801.49 kgCO_{2eq} ต่อปี พลาสติกมีค่าเท่ากับ 3,167.14 kgCO_{2eq} ต่อปี และกล่องโฟมมีค่าเท่ากับ 1,459.47 kgCO_{2eq} ต่อปี และมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรถสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอยเท่ากับ 16.71 kgCO_{2eq} ต่อปี เนื่องจากเทศบาลตำบลศาลาด่าน จังหวัดกระบี่ มีแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลและเป็นที่ยอมรับของนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างประเทศดังนั้นจึงขยะประเภทเศษอาหาร พลาสติกและโฟมเป็นจำนวนมาก ขณะที่การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของศูนย์วิทยาศาสตร์ที่พบน้อยที่สุดมาจากโลหะและอลูมิเนียมมีค่าเท่ากับ 0.004 kgCO_{2eq} ต่อปี

จากการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะมูลฝอยของศูนย์วิทยาศาสตร์ให้ทราบถึงสัดส่วนของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งพบขยะประเภทเศษอาหารมากที่สุด รองลงมาคือ กระดาษและพลาสติก ดังนั้นควรมีการลดการเกิดขยะประเภทอาหารด้วยการคัดแยกและนำมาทำปุ๋ยหมักและน้ำหมักชีวภาพควบคู่กับการลดการเกิดขยะอินทรีย์ รวมถึงเพิ่มการนำขยะมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ เช่น การคัดแยกขยะที่ต้นทางนำกลับไปใช้ใหม่ (recycle) และนำขยะอินทรีย์ที่ต้นทางมาใช้ประโยชน์ เพื่อที่สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆภายในศูนย์วิทยาศาสตร์และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับหน่วยงานอื่นภายในมหาวิทยาลัยต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาองค์ประกอบและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะมูลฝอยของศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2566 ถึงเดือนกรกฎาคม 2567 มีขยะมูลฝอยรวม 853.61 กิโลกรัม มีองค์ประกอบหลัก 9 ประเภทได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ ไม้ ยางและหนัง ผ้าอนามัย พลาสติก โลหะและอลูมิเนียม ขวดแก้วใส และโฟม โดยพบขยะประเภทเศษอาหารมีสัดส่วนมากที่สุด 51.21 รองลงมาคือ กระดาษร้อยละ 20.70 และพลาสติก ร้อยละ 20.13 รวมถึงพบขยะประเภทโฟมน้อยที่สุดร้อยละ 0.35 ขณะที่ไม้ ยางและหนัง และโลหะและอลูมิเนียมมีค่าใกล้เคียงกันคือร้อยละ 0.92, 0.91 และ 0.80 ตามลำดับ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบพบว่าเศษอาหารมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด

คือ 1.106 kgCO_{2eq} ต่อปี รองลงมาคือกระดาษมีค่าเท่ากับ 0.518 kgCO_{2eq} ต่อปี และพลาสติก 0.323 kgCO_{2eq} ต่อปี ดังนั้นในการลดปริมาณขยะมูลฝอยและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากศูนย์วิทยาศาสตร์ควรมีการจัดการเศษอาหาร โดยส่งเสริมการแยกเศษอาหารเพื่อนำไปทำปุ๋ยหมักหรือรณรงค์ให้ลดขยะอาหารโดยการปรับพฤติกรรมผู้บริโภค และการลดขยะพลาสติกโดยสนับสนุนการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ถุงผ้า แก้วน้ำพกพาและคัดแยกขยะพลาสติกเพื่อนำไปรีไซเคิล หรือนำมามาตรการลดขยะมาเป็นนโยบายภายในศูนย์วิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และผู้มีความเกี่ยวข้องทุกท่าน และทุนสนับสนุนงานวิจัยปีงบประมาณ 2566 ทุนส่งเสริมนักวิจัยรุ่นใหม่ จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี สำหรับโครงการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). *การศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยปี 2564*. กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2566). *รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2566*. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2568, จาก https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2024/05/pcdnew-2024-05-09_07-53-50_682275.pdf.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2561). *แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2563-2573 สาขาการจัดการของเสียชุมชน*. กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2564). *นโยบายการลดและคัดแยกขยะมูลฝอยในหน่วยงานภาครัฐ (การประชุมเชิงปฏิบัติการชี้แจงแนวทางการดำเนินงานตาม มาตรการลด และคัดแยกขยะมูลฝอยในหน่วยงานภาครัฐ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ในวันที่ 26 พฤศจิกายน*

- 2564). สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2568, จาก <https://www.pcd.go.th/garbage/> นโยบายการลดและคัดแยก-ขยะมูลฝอยในหน่วยงานภาครัฐ/.
- นันทพร สุทธิประภา และ สุนิดา ทองโท. (2563). การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชน กรณีศึกษา ชุมชนในเขตเทศบาลตำบลกระเทียม จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 14(3), 161-174.
- ปวีณา พาณิขยพิชญ์. (2560). *การลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย*. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2568, จาก http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2017/Waste_GHGs.pdf.
- มุกตาวรรณ ชนะวงศ์, โสภณ เปื้องบน, ภัทลัญญ์ พินิจมนตรี, ศึกษา อุ่นเจริญ, สุวัฒน์พงษ์ ศรีบุตตา, และ สุวิมล ตอบุตร (2566). องค์ประกอบของขยะมูลฝอยและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการกำจัดขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลขามวรรณ อำเภอนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย*, 13(2), 80-87.
- ลดาพรรณ สว่างอารมณ์, ปัญธิพัชรกร บุญพร้อม, สดาญ์ สุทธิมาศ, และ ประภัสสร เพ็ชรพันธ์. (2566). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการกำจัดขยะที่เกิดขึ้นของเทศบาลตำบลศาลาด่านจังหวัดกระบี่. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม*, 10(1), 57-65.
- สุชานุช ชูสุวรรณ, ศิริอุมา เจาะจิตต์, และ วาริท เจาะจิตต์. (2563). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม กรณีศึกษา วัดพระมหาธาตุวรมหาวิหาร. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา*, 15(2), 1-12.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006. Retrieved January 14, 2025, from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). IPCC Fourth Assessment Report – Climate Change 2007. Retrieved January 14, 2025, from <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>.

SDG Move. (2567). รายงาน UNEP เตือน ภายในปี 2593 ขยะมูลฝอยชุมชน' จะเพิ่มขึ้นเป็น 3.8 พันล้านตันหากไม่มีการจัดการอย่างเร่งด่วน. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2568, จาก <https://www.sdgmovement.com/2024/02/29/unep-report-beyond-an-age-of-waste/>.