

## การประเมินศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากทางเลือกการจัดการขยะมูลฝอย ชุมชน: กรณีศึกษา จังหวัดกาญจนบุรี

อนุชริดา ปัตตังทานัง<sup>1</sup>, ประหยัด แสงงาม<sup>2</sup>, และอุมาร์จัน สันตีสุเกษม<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ตำบลพระปฐมเจดีย์ อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม

<sup>2</sup>ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ตำบลพระปฐมเจดีย์ อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม

\*Corresponding author: santisukkasaem\_u@su.ac.th

### บทคัดย่อ

การจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรีส่วนใหญ่ไม่ปฏิบัติตามหลักวิชาการ ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษและเป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ในช่วงปี พ.ศ. 2568 – 2573 โดยใช้การวิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกับแนวทางการประเมินขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ภายใต้ 3 ทางเลือก ได้แก่ (1) การจัดการขยะตามแนวทางปัจจุบัน (2) การคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิลและการทำปุ๋ยหมัก และ (3) การผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (RDF) พบว่าสถานการณ์ปัจจุบันมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 163 กิโลตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ( $\text{ktCO}_2\text{eq y}^{-1}$ ) ขณะที่การคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิลและการทำปุ๋ยหมักสามารถลดการปล่อยได้ทั้งหมด (ร้อยละ 100) ส่งผลให้การปล่อยสุทธิเป็นศูนย์ ส่วนการผลิต RDF สามารถลดการปล่อยได้ร้อยละ 98 เมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน เหลือประมาณ  $3.7 \text{ ktCO}_2\text{eq y}^{-1}$  เมื่อเปรียบเทียบกับแต่ละทางเลือกพบว่าทางเลือกที่ 2 มีศักยภาพสูงสุด รองลงมาคือทางเลือกที่ 3 ดังนั้น การจัดการขยะแบบผสมผสานโดยส่งเสริมการคัดแยกและใช้ประโยชน์จากขยะ ควบคู่กับการนำขยะที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ไปผลิตเป็น RDF จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะ ลดปริมาณขยะฝังกลบ ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสร้างมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรในพื้นที่ ทั้งนี้ ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการกำหนดนโยบายและการวางแผนการจัดการขยะในระดับจังหวัด ให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เป้าหมายที่ 13 และการบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในระยะยาว

**คำสำคัญ:** การปล่อยก๊าซเรือนกระจก / การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน / การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน / การพัฒนาที่ยั่งยืน

## Assessment of greenhouse gas mitigation potential from municipal solid waste management alternatives: A case study of Kanchanaburi Province

Anuttida Padtangthanang<sup>1</sup>, Prayad Sangngam<sup>2</sup>, and Umarat Santisukkasaem<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University, Thailand.

<sup>2</sup>Department of Statistics, Faculty of Science, Silpakorn University, Thailand.

\*Corresponding author: [santisukkasaem\\_u@su.ac.th](mailto:santisukkasaem_u@su.ac.th)

### Abstract

Municipal solid waste management in Kanchanaburi Province currently lacks adherence to technical standards, resulting in environmental pollution and significant greenhouse gas (GHG) emissions. This study aims to evaluate the GHG mitigation potential of waste management practices in Kanchanaburi Province from 2025 to 2030 (B.E. 2568 - 2573). The assessment was conducted using scenario analysis based on the methodologies established by the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). Three scenarios were evaluated: (1) the baseline scenario (current practices), (2) recycling and composting, and (3) Refuse-Derived Fuel (RDF) production. The findings reveal that the baseline scenario generates an average GHG emission of 163 ktCO<sub>2</sub>eq y<sup>-1</sup>. In contrast, the implementation of recycling and composting (Scenario 2) demonstrates the highest mitigation potential, effectively eliminating net emissions (100% reduction). RDF production (Scenario 3) reduces emissions by 98% compared to the baseline, resulting in approximately 3.7 ktCO<sub>2</sub>eq y<sup>-1</sup>. A comparative analysis indicates that Scenario 2 offers the most significant environmental benefits, followed by Scenario 3. Consequently, an integrated waste management approach which prioritizes at-source segregation and resource recovery alongside the conversion of non-recyclable fractions into Refuse-Derived Fuel (RDF) will significantly enhance operational efficiency, minimize landfill reliance, and mitigate greenhouse gas emissions while fostering local resource value addition. Furthermore, these findings provide a critical empirical foundation for provincial policymakers to formulate strategic waste management frameworks aligned with Sustainable Development Goal 13 (Climate Action) and the long-term achievement of Net-Zero Emissions.

**Keywords:** Greenhouse gas emissions / Municipal solid waste management / Municipal solid waste prediction / Sustainable Development

## 1. บทนำ

ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นกลายเป็นปัญหาที่ทุกประเทศกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต เนื่องจากการขยายตัวของจำนวนประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจ พฤติกรรมการซื้อและการบริโภค การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเทคโนโลยี และการท่องเที่ยว คาดว่าภายในปี พ.ศ. 2568 ปริมาณขยะทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 2,200 ล้านตัน/ปี โดยมากกว่าหนึ่งในสามของปริมาณขยะจะยังคงไม่ได้รับการจัดเก็บที่เหมาะสม [1] และพบอุปสรรคและความท้าทายในการจัดการขยะของภูมิภาคเอเชียและแอฟริกาในปัจจุบัน พบว่ามี 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1. อุปสรรคทางเศรษฐกิจและสังคม 2. ความท้าทายด้านโครงสร้างพื้นฐาน และ 3. ปัจจัยทางวัฒนธรรม [2] ซึ่งการจัดการที่ไม่เหมาะสมโดยเฉพาะการเทกองกลางแจ้ง การฝังกลบที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาล และการเผาในที่โล่ง ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide: CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (Methane: CH<sub>4</sub>) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide: N<sub>2</sub>O) ก๊าซเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อนที่นอกจากจะสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตทั่วโลก และยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นพายุที่รุนแรงขึ้น ฝนตกหนัก ความแห้งแล้งที่ยาวนาน น้ำท่วม และระดับน้ำทะเลสูงขึ้น รวมถึงดินถล่ม

ประเทศไทยในฐานะประเทศภาคีสมาชิก UNFCCC ได้กำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศหรือการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contribution: NDC) โดยฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2565 ได้ยกระดับเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกเป็นร้อยละ 30 จากระดับที่คาดการณ์ไว้ตามปกติ (Business-as-Usual: BAU) หากได้รับการสนับสนุนทางการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี การเงิน และการเสริมสร้างศักยภาพ ประเทศไทยจะสามารถเพิ่มการลดก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 40 จาก BAU เพื่อบรรลุเป้าหมายระยะยาวของประเทศสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี พ.ศ. 2593 ซึ่งภาคส่วนการจัดการของเสีย (Waste Sector) ถูกกำหนดให้เป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์หลักที่ต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ 1.48 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO<sub>2</sub>eq) ผ่านมาตรการต่างๆ เช่น การลดปริมาณขยะก่อนเข้าสู่สถานที่กำจัด และการพัฒนาวิธีการกำจัดขยะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [3] จากการศึกษาในนครเซี่ยงไฮ้ สาธารณรัฐประชาชนจีน ในช่วงปี ค.ศ. 1995 - 2025 ระบุว่า การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีจากการฝังกลบไปสู่การเผาเพื่อผลิตพลังงานและการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.02773 tCO<sub>2</sub>eq/txขยะ และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมาย Net Zero Emissions [4] เช่นเดียวกับผลการศึกษาในประเทศตุรกีที่ยืนยันว่าการเผาขยะเพื่อผลิตพลังงานมีศักยภาพลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงสุด รองลงมาคือการใช้ศูนย์คัดแยกวัสดุรีไซเคิลร่วมกับการทำปุ๋ยหมัก และการผลิตพลังงานจากการฝังกลบ เท่ากับ 652,626 287,868 และ 275,449 tCO<sub>2</sub>eq y<sup>-1</sup> ตามลำดับ [5] เมื่อพิจารณาในบริบทพื้นที่ของประเทศไทย พบว่ารูปแบบการจัดการขยะแบบผสมผสานมีประสิทธิภาพเด่นชัดในการลดผลกระทบด้านสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะการคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาครที่พบว่า การรีไซเคิลร่วมกับการหมักขยะอินทรีย์สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 74.79 [6] และมีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 82.46 ในกรณีของพื้นที่เทศบาลเมืองน่าน [7] นอกจากนี้ ผลการศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่ยังชี้ให้เห็นว่านโยบายการจัดการขยะพลาสติกเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในระยะยาว แม้ในสถานะที่ปริมาณขยะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของชุมชนก็ตาม [8]

จังหวัดกาญจนบุรีเป็นอีกหนึ่งพื้นที่ที่กำลังเผชิญปัญหาการจัดการขยะ เนื่องจากไม่มีการจัดการตามหลักวิชาการและมีขยะตกค้างจำนวนมาก ส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2568 - 2573 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยสูงถึง 163 ktCO<sub>2</sub>eq y<sup>-1</sup> นอกจากนี้ บริบทเฉพาะของพื้นที่ ทั้งด้านลักษณะทางกายภาพและกิจกรรมทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะภาคการท่องเที่ยวยังส่งผลต่อความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบขยะ ทำให้การประยุกต์ใช้แนวทางจากพื้นที่อื่นอาจไม่สอดคล้องกับสภาพการณ์จริงของจังหวัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงดำเนินการประเมินศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ ในช่วงปี

พ.ศ. 2568 - 2573 ภายใต้ 3 ทางเลือก ได้แก่ (1) การจัดการขยะตามแนวทางปัจจุบัน (2) การคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิลร่วมกับการทำปุ๋ยหมัก และ (3) การผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (RDF) เพื่อกำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับจังหวัดกาญจนบุรี และสนับสนุนเป้าหมายของประเทศในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2573 จากระดับที่ปล่อยในปัจจุบัน

## 2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2568 - 2573 ภายใต้สถานการณ์จำลองในการจัดการขยะ 3 รูปแบบ
2. เพื่อกำหนดแนวทางในการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรีที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปี พ.ศ. 2573 จากระดับที่ปล่อยในปัจจุบันลงร้อยละ 30

## 3. ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2568 - 2573 ภายใต้สถานการณ์จำลองในการจัดการขยะ 3 รูปแบบ

- สถานการณ์ที่ 1 การจัดการขยะในปัจจุบัน ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลฐาน (baseline)
- สถานการณ์ที่ 2 การคัดแยกขยะรีไซเคิลและการทำปุ๋ยหมัก
- สถานการณ์ที่ 3 การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF)

## 4. วิธีการศึกษา

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ใช้แนวทางการประเมินขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาดังนี้

### 4.1 รวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องกับการประเมินก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

1. ข้อมูลปริมาณขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2567 [9]
2. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจังหวัดต่อหัว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2567 [10]
3. จำนวนประชากรของจังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2567 [11]
4. ข้อมูลองค์ประกอบขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2567 [12]
5. ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ (น้ำมันดีเซล) ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ของโครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียน ตรวจสอบความใช้ได้ และทวนสอบโครงการ T-VER ประเภทการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (RDF) [13]

### 4.2 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ใช้สถิติ Pearson's Correlation เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร วิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เพื่อพยากรณ์ปริมาณขยะของจังหวัดกาญจนบุรี และสร้างแบบจำลองอนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ด้วยวิธี ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

#### 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 การประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในจังหวัดกาญจนบุรี ในช่วงปี พ.ศ. 2558 - 2567

คำนวณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในจังหวัดกาญจนบุรี โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิประกอบด้วย จำนวนประชากร จากกรมการปกครองและอัตราการเกิดขยะตามเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ 1) เขตเทศบาลเมือง อัตราการเกิดขยะ 1.15 กิโลกรัม/คน/วัน 2) เขตเทศบาลตำบล อัตราการเกิดขยะ 1.02 กิโลกรัม/คน/วัน และ 3) เขตองค์การบริหารส่วนตำบล อัตราการเกิดขยะ 0.91 กิโลกรัม/คน/วัน

4.3.2 การพยากรณ์ประชากรและปริมาณขยะในอนาคตของจังหวัดกาญจนบุรี ในช่วงปี พ.ศ. 2568 - 2573

ดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ : ใช้สถิติ Pearson's Correlation เพื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ผลิตภัณฑ์มวลรวม ข้อมูลจำนวนประชากร และตัวแปรตาม (ปริมาณขยะของจังหวัดกาญจนบุรี)

2) การพยากรณ์จำนวนประชากร : ใช้แบบจำลองอนุกรมเวลา ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

3) การพยากรณ์ปริมาณขยะ : นำจำนวนประชากรที่พยากรณ์ได้มาคำนวณหาปริมาณขยะในอนาคตด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

4.3.3 การคำนวณก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์จำลอง ในช่วงปี พ.ศ. 2568 - 2573

คำนวณปริมาณการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) โดยแบ่งตามเทคโนโลยีการจัดการขยะ ดังนี้

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ

ใช้เครื่องมือ T-VER-S-TOOL-02-02 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites) เพื่อคำนวณการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น

$$\text{CH}_4 \text{ Emission} = W \times (p_{\text{ไม้}} \times 4.02 + p_{\text{กระดาษ}} \times 3.72 + p_{\text{อาหาร}} \times 1.00 + p_{\text{สิ่งทอ}} \times 2.23 + p_{\text{กิ่งไม้และใบไม้}} \times 1.68) \times \text{CF} \times 0.1$$

W = ปริมาณขยะที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบ (t น้ำหนักเปียก)

p = สัดส่วนขยะแต่ละประเภท (ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้และใบไม้)

CF = 5.71 และ 7.14 คือ ค่าที่ IPCC แนะนำสำหรับหลุมฝังกลบไม่มีระบบจัดการและหลุมฝังกลบที่มีระบบจัดการ)

2) การเผาขยะด้วยเตาเผาและการเผาขยะในที่โล่ง

ใช้เครื่องมือ T-VER-S-METH-09-01 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ สำหรับการเผาขยะมูลฝอยชุมชนด้วยเตาเผา (Municipal Solid Waste Incineration) และคู่มือคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัด สำหรับการกำจัดขยะโดยการเผาและการเผาขยะในที่โล่ง

$$\text{CO}_2 \text{ Emission} = [\text{EFF} \times (44/12) \times \sum(W \times p_j \times \text{dm}_j \times \text{FCC}_j \times \text{FFC}_j)] \text{ ----- เตาเผา}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emission} = [\text{OF} \times (44/12) \times \sum(W \times p_j \times \text{dm}_j \times \text{FCC}_j \times \text{FFC}_j)] \text{ ----- เตาในที่โล่ง}$$

EFF = ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผา (ค่าแนะนำของ IPCC คือ 1.0)

OF = สัดส่วนของก๊าซคาร์บอนที่ถูกออกไซด์ (ค่าแนะนำของ IPCC คือ 0.71)

- 44/12 = ปรับค่าคาร์บอนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>/C)  
 W = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน (t น้ำหนักเปียก)  
 P<sub>j</sub> = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะ  
 dm<sub>j</sub> = สัดส่วนของมวลแห้งในขยะ  
 FCC<sub>j</sub> = สัดส่วนของคาร์บอนทั้งหมดในขยะ  
 FFC<sub>j</sub> = สัดส่วนของคาร์บอนจากฟอสซิลเมื่อเทียบกับคาร์บอนทั้งหมด  
 3) การคัดแยกขยะเพื่อการรีไซเคิล

ใช้เครื่องมือ LESS-WM-01 version 6 การคัดแยกขยะเพื่อการรีไซเคิล

$$GHG_{Reduction} = -(W_{pp} \times (EF_{swd,pp} + EF_{re,pp}) + \sum(W_j \times EF_{re,j})) / 1,000$$

- W<sub>pp</sub> = ปริมาณกระดาษ (กิโลกรัม)  
 EF<sub>swd,pp</sub> = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการจัดการขยะประเภทกระดาษด้วยวิธีการฝังกลบ  
 EF<sub>re,pp</sub> = ค่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ สำหรับการนำกระดาษไปรีไซเคิลเพื่อทดแทนวัตถุดิบตั้งต้น (KgCO<sub>2</sub>e/Kgขยะ)  
 W<sub>j</sub> = ปริมาณวัสดุรีไซเคิลแต่ละประเภท (กิโลกรัม)  
 EF<sub>swdj</sub> = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ สำหรับการนำวัสดุรีไซเคิลแต่ละประเภท เพื่อทดแทนวัตถุดิบตั้งต้น (KgCO<sub>2</sub>e/Kgขยะ)

4) การทำปุ๋ยหมัก

ใช้เครื่องมือ T-VER-S-METH-09-02 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ สำหรับการผลิตปุ๋ยหรือสารปรับปรุงดินจากขยะอินทรีย์ (Production of compost or soil amendments from organic waste)

$$EMISSION_{COMP} = W \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O})$$

- W = ปริมาณขยะอินทรีย์ (t น้ำหนักเปียก)  
 EF<sub>CH<sub>4</sub></sub> = ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักขยะอินทรีย์ (ค่าแนะนำของ IPCC คือ 0.002) (tCH<sub>4</sub>/t น้ำหนักเปียก)  
 GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน เท่ากับ 28  
 EF<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = ค่าการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการหมักขยะอินทรีย์ (ค่าแนะนำของ IPCC คือ 0.002) (tN<sub>2</sub>O/t น้ำหนักเปียก)  
 GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซไนตรัสออกไซด์ เท่ากับ 265

5) การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF)

ใช้เครื่องมือ T-VER-S-METH-09-03 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refuse Derived Fuel: RDF Production from Municipal Solid Waste)

$$EMISSION_{RDF} = \sum(FC \times (NCV \times 10^{-6}) \times EF_{CO_2}) \times 10^{-3} + (EC \times 10^{-3}) \times EF_{EC}$$

- FC = ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการดำเนินงาน (unit/year)  
 NCV = ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ (MJ/unit)

- $EF_{CO_2}$  = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้
- EC = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงาน (kWh/year)
- EFEC = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้ไฟฟ้า ( $tCO_2/MWh$ )

#### 4.3.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ

นำผลการคำนวณจากสถานการณ์จำลองทั้ง 3 รูปแบบ มาทำการเปรียบเทียบในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ( $tCO_2eq\ y^{-1}$ ) เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบใดเป็นแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจังหวัดกาญจนบุรีในการลดผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ

### 5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

#### 5.1 ผลการศึกษา

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ภายใต้แบบจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ในช่วงปี พ.ศ. 2568 - 2573 สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

##### 1. สถานการณ์ที่ 1 (baseline) : การจัดการขยะในปัจจุบัน

ผลการประเมินพบว่าการจัดการขยะในรูปแบบเดิมที่มีการฝังกลบเป็นหลัก ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยสูงถึง  $162,787.51\ tCO_2eq\ y^{-1}$  หรือ  $0.464\ tCO_2eq/t$ ขยะ เมื่อจำแนกตามสัดส่วนกิจกรรมพบว่าแหล่งกำเนิดหลักมาจากการฝังกลบขยะ คิดเป็นร้อยละ 86 และจากการเผาขยะในที่โล่งหรือเตาเผาที่ไม่มีระบบควบคุม คิดเป็นร้อยละ 14

##### 2. สถานการณ์ที่ 2 : การคัดแยกขยะรีไซเคิลและการทำปุ๋ยหมัก

เป็นการจำลองแนวทางการจัดการขยะในลักษณะที่เน้นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากร โดยกำหนดให้มีสัดส่วนการรีไซเคิล ร้อยละ 35 และการทำปุ๋ยหมัก ร้อยละ 65 ผลการประเมินพบว่ามียุทธศาสตร์ในการลดก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด โดยให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นลบเฉลี่ยอยู่ที่  $-90,829.82\ tCO_2eq\ y^{-1}$  ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพจากการคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิล เนื่องจากช่วยลดความต้องการใช้วัตถุดิบใหม่และพลังงานในกระบวนการผลิตวัสดุ

##### 3. สถานการณ์ที่ 3 การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF)

เป็นการจำลองแนวทางการจัดการขยะที่มุ่งเน้นการนำขยะทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ผลการประเมินพบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 98 เมื่อเทียบกับกรณีฐาน โดยปล่อยเพียง  $3,741.21\ tCO_2eq\ y^{-1}$  หรือ  $0.011\ tCO_2eq/t$ ขยะ ซึ่งให้เห็นว่าการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) เป็นหนึ่งในแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการปรับเปลี่ยนการจัดการขยะจากแบบดั้งเดิมไปสู่ระบบที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ

#### 5.2 อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์สถานการณ์การจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเห็นว่าการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีจากการฝังกลบไปสู่การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรขยะเป็นอีกแนวทางหนึ่งช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการศึกษาในสถานการณ์ที่ 2 การรีไซเคิลและการทำปุ๋ยหมัก มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นลบสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศตุรกี ที่ยืนยันการคัดแยกวัสดุรีไซเคิลร่วมกับการทำปุ๋ยหมักมีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าการฝังกลบขยะแบบเดิมอย่างชัดเจน [4] และเมื่อพิจารณาในบริบทของประเทศไทยสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่พบว่าการจัดการขยะที่ต้นทางผ่านการคัดแยกและการหมักขยะอินทรีย์สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงถึงร้อยละ 74.79 [6] และ 82.46 [7]

ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นว่าศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกในจังหวัดกาญจนบุรีอาจสูงกว่ากรณีศึกษาดังกล่าว หากมีการดำเนินการเต็มรูปแบบ เนื่องจากปริมาณขยะรีไซเคิลที่เพิ่มขึ้นจะไปช่วยลดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิผ่านการชดเชยการใช้วัตถุดิบใหม่ สำหรับสถานการณ์ที่ 3 การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) แม้จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตแต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐานพบว่าสามารถลดการปล่อยได้ถึงร้อยละ 98 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่าการเปลี่ยนผ่านจากการฝังกลบสู่เทคโนโลยีการเผาขยะเพื่อผลิตพลังงานเป็นกลไกที่สามารถบรรลุเป้าหมาย Net Zero Emissions [4] [5] ซึ่งทั้งสองสถานการณ์สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่าร้อยละ 30 จากระดับที่ปล่อยในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจังหวัดกาญจนบุรี คือ การประยุกต์ใช้แนวทางผสมผสานระหว่างสถานการณ์ที่ 2 และสถานการณ์ที่ 3 โดยนำขยะที่สามารถใช้ประโยชน์ได้เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลหรือการทำปุ๋ยหมัก ขณะที่ขยะที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ควรถูกส่งเข้าสู่กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) การบูรณาการดังกล่าวจะช่วยยกระดับประสิทธิภาพระบบการจัดการขยะ ทั้งด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การลดปริมาณขยะที่ต้องฝังกลบ และการสร้างมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรในพื้นที่ ถือเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับนโยบายด้านการพัฒนาที่ยั่งยืน เป้าหมายที่ 13 และการก้าวสู่เป้าหมาย Net Zero อย่างยั่งยืนในอนาคต

จากการศึกษาสภาพแวดล้อมและศักยภาพของจังหวัดกาญจนบุรี เพื่อการวิเคราะห์แนวทางในการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรีที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2573 จากระดับที่ปล่อยในปัจจุบันลงร้อยละ 30 และพิจารณาถึงปัจจัยความสำเร็จ ทั้งนี้ ผู้ศึกษาได้แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ในตาราง SWOT Analysis ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การวิเคราะห์ SWOT (SWOT Analysis)

จากการวิเคราะห์ SWOT (SWOT Analysis) ต่อแนวทางในการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรีเพื่อมุ่งสู่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2573 เมื่อเทียบกับระดับการปล่อยในปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่มีศักยภาพในเชิงโครงสร้างและเชิงนโยบายที่เอื้อต่อการพัฒนาระบบจัดการขยะอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะการมีทรัพยากรธรรมชาติในสัดส่วนสูง การมีกรอบนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจน ตลอดจนโอกาสในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่และความร่วมมือจากหลายภาคส่วน ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสนับสนุนสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานยังเผชิญข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศและขนาดพื้นที่ที่กว้างซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการรวบรวมและขนส่งขยะ ความไม่เพียงพอของโครงสร้างพื้นฐานและระบบคัดแยกขยะ รวมถึงความแตกต่างด้านพฤติกรรมและการมีส่วนร่วมของประชาชนในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยภายนอกที่เพิ่มแรงกดดันต่อระบบจัดการขยะ เช่น การขยายตัวทางเศรษฐกิจและการท่องเที่ยว ความไม่แน่นอนด้านงบประมาณ และความซับซ้อนของกระบวนการอนุญาตโครงการด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2573 จำเป็นต้องอาศัยการใช้ประโยชน์จากจุดแข็งและโอกาสที่มีอยู่ ควบคู่กับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การยกระดับประสิทธิภาพการจัดการขยะอย่างเป็นระบบ และการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างบูรณาการทั้งในมิติด้านเทคนิค นโยบาย และสังคม

### 5.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. การยกระดับโครงสร้างพื้นฐาน : จังหวัดควรสนับสนุนงบประมาณจัดตั้งศูนย์จัดการขยะรวมกลุ่ม (Cluster) เพื่อเพิ่มความคุ้มค่าทางการเงิน ในการสร้างโรงงานผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) แทนการกำจัดแบบกระจายในแต่ละองค์ประกอบของส่วนท้องถิ่น
2. มาตรการทางภาษีและสิทธิประโยชน์ : ออกข้อกำหนดลดค่าธรรมเนียมนิคมขยะสำหรับครัวเรือนที่มีการคัดแยกขยะรีไซเคิลและขยะอินทรีย์อย่างชัดเจน เพื่อลดภาระต้นทุนปลายทางในสถานการณ์ที่ 2
3. การจัดการเชิงพื้นที่ : จากข้อจำกัดเรื่องภูมิประเทศที่กว้างขวางของกาญจนบุรี ควรนำระบบสถานีขนถ่ายขยะมาใช้เพื่อบีบอัดขยะก่อนขนส่ง ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคขนส่ง (ซึ่งยังไม่ถูกรวมในการศึกษานี้)
4. ความร่วมมือภาครัฐและเอกชน : ส่งเสริมให้ภาคเอกชนเข้ามาลงทุนในเทคโนโลยี RDF โดยรัฐสนับสนุนด้านการรับซื้อเชื้อเพลิงหรือให้สิทธิประโยชน์ทางภาษี เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดด้านงบประมาณที่พบใน SWOT Analysis
5. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างต่อเนื่อง : การฝึกอบรมทักษะด้านการคัดแยกและการใช้ประโยชน์จากขยะการส่งเสริมอาชีพในภาคเศรษฐกิจหมุนเวียน

### 6. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ในช่วงปี พ.ศ. 2568 - 2573 ภายใต้ 3 สถานการณ์ ได้แก่ (1) การจัดการขยะในปัจจุบัน (2) การคัดแยกขยะรีไซเคิลและการทำปุ๋ยหมัก และ (3) การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับกรณีฐาน ผลการประเมินพบว่า สถานการณ์ที่ 1 ซึ่งยังคงพึ่งพาการฝังกลบและการเผาเป็นหลัก ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง โดยเฉพาะจากกระบวนการฝังกลบที่เป็นแหล่งปล่อยหลักของระบบ ขณะที่สถานการณ์ที่ 2 ซึ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรผ่านการรีไซเคิลและการทำปุ๋ยหมักสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด โดยมีค่าการปล่อยสุทธิเป็นลบตลอดช่วงการศึกษา สะท้อนศักยภาพในการลดความต้องการใช้วัตถุดิบและพลังงานในกระบวนการผลิตใหม่

ส่วนสถานการณ์ที่ 3 ซึ่งนำขยะเข้าสู่กระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 98 ทั้งสองแนวทางสามารถบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2573 ได้

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า แนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี คือ การดำเนินงานแบบบูรณาการ โดยคัดแยกขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลหรือการทำปุ๋ยหมัก และนำขยะส่วนที่เหลือไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF เพื่อลดปริมาณการฝังกลบ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว อย่างไรก็ตาม การดำเนินการดังกล่าวจำเป็นต้องควบคู่กับการลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่รองรับการคัดแยกตั้งแต่แหล่งกำเนิดอย่างครบวงจร ทั้งระบบรวบรวมและขนส่งแบบแยกประเภท ศูนย์คัดแยกและแปรรูปที่เหมาะสมกับบริบทพื้นที่ ตลอดจนระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการติดตาม วิเคราะห์ และบริหารจัดการข้อมูลการไหลของทรัพยากร (material flow) อย่างมีประสิทธิภาพ และภาครัฐจำเป็นต้องกำหนดนโยบายเพื่อพัฒนาศักยภาพบุคลากรและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างต่อเนื่อง เช่น การฝึกอบรมทักษะด้านการคัดแยกและการใช้ประโยชน์จากของเสีย การส่งเสริมอาชีพในภาคเศรษฐกิจหมุนเวียน และการสร้างระบบแรงจูงใจทางเศรษฐศาสตร์ที่เอื้อต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจัดการขยะของครัวเรือนและภาคธุรกิจ การดำเนินมาตรการดังกล่าวควรตั้งอยู่บนหลักการบูรณาการระหว่างภาคสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม เพื่อยกระดับระบบการจัดการของเสีย และเพื่อให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน เป้าหมายที่ 13 ว่าด้วยการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างเป็นรูปธรรมในระยะยาว นอกจากนี้ยังเชื่อมโยงกับเป้าหมายที่ 11 ด้านเมืองและชุมชนยั่งยืน เป้าหมายที่ 12 ด้านการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน เป้าหมายที่ 8 ด้านการจ้างงานที่มีคุณค่าและการเติบโตทางเศรษฐกิจ เป้าหมายที่ 9 ด้านโครงสร้างพื้นฐานและนวัตกรรม และเป้าหมายที่ 17 ด้านความร่วมมือเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Mor, S., & Ravindra, K. (2023). Municipal solid waste landfills in lower- and middle-income countries: Environmental impacts, challenges and sustainable management practices. *Process Safety and Environmental Protection*, 174, 510-530. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.04.014>
- [2] Zhang, Z., Chen, Z., Zhang, J., Liu, Y., Chen, L., Yang, M., Osman, A. I., Farghali, M., Liu, E., Hassan, D., Ihara, I., Lu, K., Rooney, D. W., & Yap, P.-S. (2024). Municipal solid waste management challenges in developing regions: A comprehensive review and future perspectives for Asia and Africa. *Science of the Total Environment*, 930. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172794>
- [3] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2561). แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี พ.ศ. 2564 – 2573 สาขาการจัดการของเสียชุมชน. <https://isdnre.mnre.go.th/th/news/detail/137195>
- [4] Li, X., Lü, F., Liao, N., Zhang, H., Yang, N., & He, P. (2024). Greenhouse gas emissions of municipal solid waste in Shanghai over the past 30 years: Dependent on the dynamic waste characteristics and treatment technologies. *Resources, Conservation & Recycling*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107321>
- [5] Yaman, C. (2020). Investigation of greenhouse gas emissions and energy recovery potential from municipal solid waste management practices. *Environmental Development*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2019.100484>
- [6] สุพรรณิ ศรีคำ. (2566). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนขององค์การบริหารส่วนตำบลบ้านบ่อ จังหวัดสมุทรสาคร. นครปฐม: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [7] ประภัสสร กาวิน. (2565). การประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองน่าน. ปทุมธานี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [8] ศิวศักดิ์ ไจมา. (2567). การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ปทุมธานี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

- [9] ส่วนสิ่งแวดล้อม สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดกาญจนบุรี. (2568). ข้อมูลภาพรวมการจัดการขยะของจังหวัดกาญจนบุรี ปีปฏิทิน พ.ศ. 2558 – 2567.
- [10] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎมตรี. (2568). GPP Dashboard. <https://nesdc.gdcatalog.go.th/dataset/gpp-dashboard>
- [11] สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. (2568). ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารสถิติประชากร รายจังหวัด. <https://stat.bora.dopa.go.th/StatMIS/#/ReportStat/1>
- [12] ส่วนสิ่งแวดล้อม สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดกาญจนบุรี. (2567). องค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนของจังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2567.
- [13] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2568). โครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียน (ทั่วไป). <https://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project.html>