การประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง ของเทศบาลเมืองพะเยา

อำนาจ วิชัย

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
พฤศจิกายน 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง ของเทศบาลเมืองพะเยา

อำนาจ วิชัย

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
พฤศจิกายน 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

ASSESSMENT AND REDUCTION APPROACH FOR COMMUNITY-SCALE GREENHOUSE GAS EMISSION OF PHAYAO MUNICIPALITY

AMNAJ VICHAI

A Dissertation Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Doctor of Philosophy Degree in Energy Management and Smart Grid Technology

November 2022

Copyright 2022 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง

ของเทศบาลเมืองพะเยา

ของ อำนาจ วิชัย

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ณภัทร จักรวัฒนา)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. สุรัตน์ เศษโพธิ์)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. ฉัตรแก้ว ชัยลือชา)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. ปรเมษฐ์ สิทธิสันติ์)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา

(ดร. บุญวัฒน์ วิจารณ์พล)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุลักษณ์ สุมิตสวรรค์)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)

เรื่อง: การประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง ของเทศบาลเมืองพะเยา

ผู้วิจัย: อำนาจ วิชัย, วิทยานิพนธ์: ปร.ด. (การจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา: ดร. สุรัตน์ เศษโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ฉัตรแก้ว ชัยลือชา ดร.ปรเมษฐ์ สิทธิสันติ์

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง, การลดก๊าซเรือนกระจก, เทศบาลเมืองพะเยา, มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก

บทคัดย่อ

การจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองเป็นกระบวนการสำคัญที่สนับสนุนนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยกระบวนการดังกล่าวทำให้ทราบถึงสาเหตุการเกิดก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมที่มีการดำเนินการอยู่ภายในขอบเขตเมือง เพื่อจัดอันดับความสำคัญของปัญหา และนำไปสู่กระบวนการจัดทำมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองในอนาคต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเสนอแนวทางการจัดการก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง โดยการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา มีกรอบการดำเนินงานตามอาณาเขตการปกครอง และแบ่งกิจกรรมที่เกิดขึ้นทั้งหมดออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Emission) และกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect Emissions) โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น จะกำหนดให้เป็นกรณีฐานสำหรับการเสนอมาตรการและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันและนโยบายการสนับสนุนส่งเสริมจากภาครัฐ เมื่อจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยาพบว่า ในปี พ.ศ. 2561 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 31,408.01 tCO_2_eq โดยกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึงร้อยละ 49.97 ส่วนลำดับที่สองเป็นกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง คิดเป็นร้อยละ 33.76 และกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดเป็นกิจกรรมการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ที่ดินคิดเป็นร้อยละ 0.95 ทั้งนี้ หากไม่มีการดำเนินการใด ๆ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลพะเยาจะเพิ่มขึ้น 50,807.37 tCO_2_eq ภายในปี พ.ศ. 2573 ผลการศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกตามความเหมาะสมของบริบทเมืองประกอบด้วยมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง มาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ และมาตรการจัดการขยะมูลฝอยด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 11,606.29 tCO_2-eq ภายในปี พ.ศ. 2573 แสดงให้เห็นว่า ในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยาควรมีการดำเนินการตามแผนจึงจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองเพื่อหาแนวทางการจัดการที่เหมาะสมตามบริบทของเทศบาลเมืองพะเยาต่อไป

Title: ASSESSMENT AND REDUCTION APPROACH FOR COMMUNITY-SCALE GREENHOUSE GAS EMISSION OF PHAYAO MUNICIPALITY

Author: Amnaj Vichai, Dissertation: Ph.D. (Energy Management and Smart Grid Technology), University of Phayao, 2022

Advisor: Dr. Surat Sedpho Co-advisor Dr.Chatkaew Chailuecha Dr.Poramate Sittisun

Keywords: city carbon footprint, greenhouse gas reduction, Muang Phayao municipality, greenhouse reduction measures

ABSTRACT

City carbon footprint evaluation is a process to determine associated activities that emit significant Greenhouse Gases (GHG) within a city's boundary. Identification of these activities is important in understanding the root causes in order to recommend suitable GHG reduction measures. This research aims to study and provide recommendations on city GHG reduction measures based on existing technology and government policies. City carbon footprint is evaluated using activity data in Muang Phayao Municipality area. Activity data is categorized into three boundaries; Scope 1 Direct Emission, Scope 2 Indirect Emission, and Scope 3 Other Indirect Emissions; using 2018 as the base year. GHG emission in Muang Phayao Municipality in 2018 was 31,408.01 tCO_{2-eq}. Results show that electricity consumption is the most prominent emission source at 49.97%, followed by fuel energy consumption at 33.76%, while agriculture, forestry and other land use was the smallest source at 0.95%. Without intervention, the city's GHG emission will increase to 50,807.37 tCO_{2-eq} by 2030. From studying GHG emissions mitigation capacity, the city can reduce 11,606.29 tCO_{2-eq} within the year 2030 when compared with the base year. To achieve that number, the city has to follow appropriate GHG emission mitigation measures.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงตามความตั้งใจของผู้เขียนได้ด้วยความอนุเคราะห์ ความกรุณาชี้แนะ และการให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. สุรัตน์ เศษโพธิ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นที่ปรึกษา โดยได้ให้ข้อเสนอแนะในการหาหัวข้อวิทยานิพนธ์ ตลอดจนแนวทางการเขียนวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังคอยกำกับดูแลติดตามการดำเนินการวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ รวมทั้งอาจารย์ ดร. ฉัตรแก้ว ชัยลือชา และอาจารย์ ดร. ปรเมษฐ์ สิทธิสันติ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาสละเวลาถ่ายทอดความรู้ ให้คำชี้แนะในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ณภัทร จักรวัฒนา ที่กรุณาสละเวลาให้ข้อเสนอแนะในการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ และการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียนสาขาวิชาการจัดการพลังงานและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี ที่คอยร่วมทุกข์ร่วมสุข คอยดูแลให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พันโท รศ.ดร.การุณย์ ชัยวณิชย์ และ ดร.พุทธดี อุบลศุข ที่ร่วมช่วยแก้ไขปัญหา ให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการเรียนและการเขียนบทความวิจัย และขอกราบขอบพระคุณ ท่านวรวิทย์ บุรณศิริ ที่ได้ให้โอกาสในทุก ๆ ด้านของชีวิต รวมทั้งด้านการศึกษา และคอยให้กำลังใจ สั่งสอนถ่ายทอดประสบการณ์อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปปรับใช้ในการดำเนินชีวิต ขอกราบขอบพระคุณผู้ให้กำเนิด คุณพ่อสมบูรณ์–คุณแม่เพ็ญ วิชัย และทุกคนในครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งที่คอยให้การสนับสนุนทั้งทุนการศึกษาและกำลังใจ โดยเฉพาะน้องเชอ พลอยไพลิน รูปะวิเชตร์ ภรรยาอันเป็นที่รักที่คอยช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาตลอดการเขียนงานวิจัยและคอยเป็นกำลังใจ รวมทั้ง รศ.ดร.เพ็ชรี รูปะวิเชตร์ คุณแม่ยายที่ได้การสนับสนุนในทุกด้าน ซึ่งความช่วยเหลือที่ทุกคนได้มอบให้นั้น ทำให้ผู้เขียนมีความมุ่งมั่นพยายามจนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วง คุณค่าและประโยน์อันพึงมีจากงานวิจัยนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่บุพการี ครอบครัว และบูรพาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้ ให้ความเมตตา และเป็นกำลังใจสำคัญแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด จนสามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ มาได้ด้วยดี

อำนาจ วิชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 6

นิยามคำศัพท์เฉพาะ 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

แนวคิดและทฤษฎี 8

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 48

แนวคิดงานวิจัย 48

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 49

บทที่ 4 ผลการวิจัย 59

ข้อมูลทั่วไปของเทศบาลเมืองพะเยา 59

ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองกรณีเทศบาลเมืองพะเยา 61

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก....76
อภิปรายผล....108
บทที่ 5 บทสรุป....114
สรุปผลการวิจัย....114
ข้อเสนอแนะ....116
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้....117
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป....118
บรรณานุกรม....119
ภาคผนวก....126
ภาคผนวก ก บทความวิจัย....127
ภาคผนวก ข รายการก๊าซเรือนกระจกและค่าศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน....155
ภาคผนวก ค ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงและไฟฟ้า....157
ภาคผนวก ง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากภาคการขนส่งทางบก....158
ภาคผนวก จ ตัวแปรที่ใช้ในการคิดหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย ตามระบบที่ใช้ในการบำบัด....160
ภาคผนวก ฉ สถิติการใช้พลังงานของครัวเรือนปี พ.ศ. 2561 (จังหวัดพะเยา)....161
ภาคผนวก ช ข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองพะเยา พ.ศ. 2561....162
ภาคผนวก ซ ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2555–2562....163
ประวัติผู้วิจัย....164

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 รายละเอียดกิจกรรมที่แบ่งตามขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 17

ตาราง 2 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER Methodology) ตามมาตรฐานประเทศไทย 37

ตาราง 3 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงภาคครัวเรือน และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงภาคครัวเรือน ปี พ.ศ. 2561 62

ตาราง 4 ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิง (กลุ่มกิจกรรมการขนส่ง) ปี พ.ศ. 2561 63

ตาราง 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561.....64

ตาราง 6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งทั่วไปภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561.....65

ตาราง 7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการปลูกข้าวภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561.....66

ตาราง 8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเลี้ยงโคเนื้อในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561 67

ตาราง 9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561.....68

ตาราง 10 องค์ประกอบขยะเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561 69

ตาราง 11 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2561 ด้วยวิธีการการเทกอง (Open Dump).....70

ตาราง 12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2561 ด้วยวิธีการขนส่งไปกำจัดที่ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ 71

ตาราง 13 แสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดของเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2561 71

ตาราง 14 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ 76

ตาราง 15 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจังหวัดพะเยา 77

ตาราง 16 แนวโน้มจำนวนประชากรจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2561–2573 77

ตาราง 17 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมด้านการเกษตรจังหวัดพะเยา 78

ตาราง 18 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณี BAU (Business as usual) ของเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2562–2573 79

ตาราง 19 เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยา 83

ตาราง 20 ข้อมูลปริมาณผลิตไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา 89

ตาราง 21 ข้อมูลสำหรับศึกษาการใช้รถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมัน (Electric Car) 90

ตาราง 22 องค์ประกอบของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ 92

ตาราง 23 ข้อมูลการดำเนินงานของศูนย์บริหารจัดการชีวมวล 93

ตาราง 24 ข้อมูลการดำเนินงานของการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (RDF) 94

ตาราง 25 แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยรถยนต์ไฟฟ้า 95

ตาราง 26 แผนการดำเนินงานมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมันเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยา 98

ตาราง 27 แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการติดตั้งโซล่าเซลล์ 99

ตาราง 28 แผนการดำเนินงานมาตรการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยา 100

ตาราง 29 แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยมาตรการสร้างศูนย์กำจัดขยะ มูลฝอยรวม (Cluster) 101

ตาราง 30 แสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2561 โดยแยกตามองค์ประกอบของขยะ 102

ตาราง 31 แผนการดำเนินงานมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) 104
ตาราง 32 ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจาการดำเนินการตามแผน 105
ตาราง 33 ค่า GWP ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า..... 155
ตาราง 34 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงและไฟฟ้า..... 157
ตาราง 35 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถประเภทต่าง ๆ..... 158
ตาราง 36 ความสามารถที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนของการบำบัดน้ำเสีย..... 160
ตาราง 37 แฟคเตอร์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียหรือตะกอนจุลินทรีย์ในแต่ละระบบ 160
ตาราง 38 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประเภทต่าง ๆ ต่อครัวเรือนปี พ.ศ. 2561 (ต่อเดือน) 161
ตาราง 39 ข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองพะเยา พ.ศ. 2561 162
ตาราง 40 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2555–2562..... 163

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยปี พ.ศ. 2543-2559 11
ภาพ 2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในประเทศไทยปี พ.ศ. 2559 12
ภาพ 3 องค์ประกอบเมืองอัจฉริยะ (Smart City) 14
ภาพ 4 กิจกรรมและขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง 17
ภาพ 5 การกำหนดขอบเขตการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการ 25
ภาพ 6 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ 30
ภาพ 7 การตั้งเป้าหมายสำหรับลดก๊าซเรือนกระจกแบบ Single-year goal 36
ภาพ 8 ประเภทโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐาน 37
ภาพ 9 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนส่วนเพิ่มของการลดก๊าซเรือนกระจก 44
ภาพ 10 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพรินท์ระดับเมืองแบบไฮบริด 45
ภาพ 11 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองเซียะเหมิน ประเทศสาธารณรัฐ 46
ภาพ 12 กรอบแนวคิดงานวิจัย 49
ภาพ 13 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 50
ภาพ 14 ขอบเขตการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก 51
ภาพ 15 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า 51
ภาพ 16 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในส่วนที่พักอาศัย 52
ภาพ 17 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในภาคธุรกิจร้านค้า บริการ การผลิต 52
ภาพ 18 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน 53
ภาพ 19 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะส่วนบุคคล 53
ภาพ 20 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะที่ให้บริการสาธารณะ 54
ภาพ 21 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการจัดการขยะ 54

ภาพ 22 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการจัดการน้ำเสีย 55
ภาพ 23 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกข้าว 55
ภาพ 24 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการเลี้ยงและการจัดการปศุสัตว์ 56
ภาพ 25 ขั้นตอนการหาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก 57
ภาพ 26 พื้นที่ความรับผิดชอบเทศบาลเมืองพะเยา 60
ภาพ 27 ลำดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามลักษณะกิจกรรม 73
ภาพ 28 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า 74
ภาพ 29 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง 74
ภาพ 30 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการจัดการน้ำเสียและขยะ.....75
ภาพ 31 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการการเกษตรป่าไม้.....75
ภาพ 32 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีปกติ (Business as usual: BAU) ของ..... 81
ภาพ 33 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรของเทศบาลเมืองพะเยา 82
ภาพ 34 แหล่งพลังงานทดแทนที่ใช้ผลิตไฟฟ้า.....84
ภาพ 35 ระบบสมาร์ตกริด (Smart Grid System).....85
ภาพ 36 ประเภทยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้า.....87
ภาพ 37 การจัดการขยะมูลฝอย 88
ภาพ 38 การเพิ่มขึ้นของรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา 96
ภาพ 39 ตัวอย่างสถานีบริการชาร์จไฟสำหรับรถไฟฟ้า.....97
ภาพ 40 แผนการดำเนินการจัดการขยะด้วยศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) 103
ภาพ 41 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินมาตรการ..... 106
ภาพ 42 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นหลังดำเนินการตามแผน..... 107
ภาพ 43 แนวโน้มการลดลงของก๊าซเรือนกระจก (ต่อหัวประชากร) 108

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาประเทศให้มีความทันสมัยเจริญก้าวหน้า และการสร้างความสะดวกสบายให้กับชีวิตมนุษย์มากยิ่งขึ้นนั้น ทำให้มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเป็นปริมาณมาก เพื่อตอบสนองต่อการพัฒนาและการสร้างความเจริญเติบโตดังกล่าว และกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ได้ส่งผลกระทบอย่างยิ่งต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้ตระหนักถึงปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ที่เกิดขึ้นจากความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลก จนทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งไม่เพียงแต่จะสร้างผลกระทบต่อมนุษย์ แต่ยังมีผลไปถึงสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เป็นผลมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ที่มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อสนองต่อความต้องการในการดำรงชีวิตที่เพิ่มมากขึ้น ตามความอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลก และการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจโลกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งในทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นนั้นล้วนมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแทบทั้งสิ้นไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม จากข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของรายงานของศูนย์วิจัย The Mauna Loa Observatory (MLO) ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลกพบว่า ในปี พ.ศ. 2562 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลกสูงถึง 415.25 ppm หากความเข้มข้นนี้ยังเพิ่มขึ้นจนอยู่ในระดับ 550 ppm อุณหภูมิของโลกอาจสูงได้ถึง 2 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีความเป็นไปได้สูงว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงกว่าที่เคยเกิดขึ้นเป็นอย่างมาก (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2562)

สำหรับประเทศไทยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ผ่านมาได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาประเทศที่ยังต้องพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก รวมทั้งการเติบโตและการขยายตัวอย่างรวดเร็วของชุมชนเมือง ที่ทำให้มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ไม่รวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้) คิดเป็น 226.09 $MtCO_2$-eq และเพิ่มเป็น 318.66 $MtCO_2$-eq ในป พ.ศ. 2556 (สำนักงานนโยบายและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562)

จากสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศที่เกิดขึ้น ทำให้ประเทศไทยได้ตระหนักถึงปัญหาและต้องการให้ความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาระดับโลกนี้ จึงได้ประกาศเจตนารมณ์ในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ COP21 ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เมื่อปี พ.ศ. 2558 ที่ต้องการยกระดับความพยายามในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและรับการส่งเสริมเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุมทุกภาคเศรษฐกิจ (Economy-wide Emission Reduction or Limitation Target) โดยมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 และร้อยละ 25 หากมีการสนับสนุนงบประมาณจากนานาชาติ ภายในปี พ.ศ. 2573 จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในกรณีปกติ (Business As Usual: BAU) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559) และในปี พ.ศ. 2564 จากการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ COP26 ณ เมืองกลาสโกว์ สหราชอาณาจักร ประเทศไทยได้แสดงเจตจำนงค์ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกับประชาคมโลกตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ภายใต้แผนยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ (Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategies : LT-LEDS) ของประเทศไทยรวมถึงประกาศเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี พ.ศ. 2608 และภายใต้ความพยายามนี้ ประเทศไทยได้จัดทำแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศขึ้น โดยมอบหมายให้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นผู้รับผิดชอบ ภายใต้แผนนำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2564 – 2573 หรือ Thailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation (NDC Roadmap on Mitigation 2021 – 2030) (สำนักงานนโยบายและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562) สำหรับใช้เป็นแนวทางและการจัดทำมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยแผน NDC Roadmap ให้ความสำคัญกับการลดก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า และการเผาไหม้เชื้อเพลิงภาคคมนาคมขนส่ง การใช้พลังงานเชื้อเพลิงภาคอุตสาหกรรม และการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคครัวเรือน เนื่องจากเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนมากที่สุดของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี

สำหรับการนำแผนการลดก๊าซเรือนกระจก NDC Roadmap ไปสู่แนวทางการปฏิบัตินั้น ชุมชนเมืองถือเป็นหน่วยสำคัญที่สามารถช่วยผลักดันให้การลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศเป็นไปตามเป้าหมาย โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแผน NDC Roadmap ที่ได้ให้ความสำคัญนั้น กว่าร้อยละ 70 พบว่า เป็นการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมภายในชุมชนเมือง นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นอีก 2-3 เท่า ตามจำนวนประชากร และการขยายตัว

ของชุมชนเมืองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ทรัพยากรเพื่อตอบสนองต่อความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันของประชากรในเขตเมือง ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นสูงตามไปด้วย ซึ่งทางภาครัฐได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวและกำลังหาแนวทางแก้ไขโดยตั้งคณะกรรมการดำเนินงานเพื่อศึกษาการพัฒนาเมืองในรูปแบบเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ที่ต้องการพิจารณารูปแบบการพัฒนาเมืองมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยเข้ามาสร้างระบบการบริหารจัดการเมืองให้มีความชาญฉลาดและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง มีการศึกษาและพัฒนาระบบการจัดการพลังงานแบบสมาร์ตกริด (Smart Grid System) ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าของเมืองให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (คณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ, 2561)

ระบบสมาร์ตกริด เป็นระบบที่พัฒนาให้ไฟฟ้าจากสายส่งของการผลิตไฟฟ้าแบบรวมศูนย์สามารถทำงานร่วมกับพลังงานทดแทนแบบกระจายศูนย์และมีการไหลของไฟฟ้าแบบสองทิศทาง (Bayindir et al., 2016) มีการบริหารจัดการข้อมูลระหว่างกันด้วยระบบสื่อสารสารสนเทศ (Information Communication Technology: ICT) เพื่อให้ระบบการผลิตสอดคล้องกับการใช้ไฟฟ้าอย่างอัตโนมัติตลอดเวลา กระบวนการเหล่านี้จะต้องเกิดขึ้นทั่วทั้งระบบไฟฟ้า และระบบสมาร์ตกริด เป็นระบบที่สนับสนุนให้ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชนที่มีงบประมาณในการพัฒนาเมือง สามารถกำหนดทิศทางการพัฒนาและการลงทุนเพื่อพัฒนาโครงข่ายของตนเองได้ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ด้วยแผงโซลาร์เซลล์ การผลิตไฟฟ้าจากขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF) และการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ เป็นต้น (กระทรวงพลังงาน, 2558) ด้วยระบบการจัดการแบบสมาร์ตกริดนี้ สามารถช่วยลดภาระการผลิตไฟฟ้าและการขยายกำลังการผลิตจากโครงข่ายหลักที่ต้องรองรับความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต และลดการสูญเสียพลังงานในระบบอันเกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าแบบรวมศูนย์ ซึ่งระบบสมาร์ตกริดเป็นระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าของเมืองให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยลง ระบบสมาร์ตกริดจึงเป็นหนึ่งในระบบที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบสมาร์ตกริดจะมีความเชื่อมโยงกับองค์ประกอบด้านต่าง ๆ ของเมือง ดังนั้นการพัฒนาระบบชุมชนเมืองจำเป็นจะต้องมีการวางแผนพัฒนาเพื่อเตรียมความพร้อมและรองรับกับระบบที่จะเกิดขึ้น เช่น การส่งเสริมและพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน การส่งเสริมการใช้ยานพาหนะไฟฟ้า การสร้างความรู้ความเข้าใจด้านพลังงานและผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมที่มีกับชุมชน เป็นต้น

ประเด็นที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดนี้ ล้วนมีความเชื่อมโยงกับการปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเมืองแทบทั้งสิ้น ซึ่งทางหน่วยงานภาครัฐ โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกหรือ อบก. ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวในประเทศไทย จึงได้มีการศึกษาและพัฒนารูปแบบการจัดการก๊าซเรือนกระจกของชุมชนเมืองขึ้น เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับนำไปวิเคราะห์ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง อันจะนำไปสู่กระบวนการจัดทำมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีความเหมาะสมกับบริบท และจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ต้องการประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นและหาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา โดยการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง พยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเมืองที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การจัดทำมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีความเหมาะสมกับบริบทของเมือง รวมทั้งการจัดทำแผนการลดก๊าซเรือนกระจก ตามหลักการในคู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ (Low Carbon City) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562) สำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา
2. เพื่อเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทเทศบาลเมืองพะเยา

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านพื้นที่การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเฉพาะภายในเขตพื้นที่การปกครองของเทศบาลเมืองพะเยาที่แบ่งตามอาณาเขตภูมิศาสตร์ทางการเมือง (Geopolitical boundary)

2. ขอบเขตด้านเนื้อหาการวิจัย

2.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง ประเมินจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในอาณาเขตปกครองของเทศบาลเมืองพะเยา และกิจกรรมที่เกิดขึ้นนอกขอบเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยา แต่เป็นผลมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาณาเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยา (ขอบเขตที่ 1 ขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 3)

2.2 ข้อมูลกิจกรรมสำหรับการประเมิน เป็นข้อมูลย้อนหลังที่เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2561

2.3 กลุ่มกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มกิจกรรม คือ 1) กลุ่มกิจกรรมการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Energy) แบ่งออกเป็น กิจกรรมการใช้ก๊าซ LPGและถ่านไม้/ฟืน และกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง 2) กลุ่มกิจกรรมการขนส่ง (Transportation) 3) กลุ่มกิจกรรมการจัดการของเสีย (Waste Management) และ 4) กลุ่มกิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน (Agriculture, Forestry, and Other Land Use: AFOLU)

2.4 ก๊าซเรือนกระจกที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย หมายถึง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC_s) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC_s) ซันเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3)

2.5 ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้จากการคำนวณ ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่ปล่อยออกมาและแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดเทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Global Warming Potential 100 (GWP100) ดังแสดงในภาคผนวก ข

2.6 หน่วยแสดงข้อมูลที่แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจะอยู่ในหน่วยตัน (หรือกิโลกรัม) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2–eq / $kgCO_2$–eq)

2.7 การรายงานข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกเป็นไปตามระเบียบวิธีการรายงานคู่มือ GPC แบบ Basic ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตและกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้

2.7.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 จากกลุ่มเผาไหม้อยู่กับที่ (ยกเว้นการผลิตไฟฟ้าและส่งเข้าสายส่ง)

2.7.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 1 จากกลุ่มขนส่ง

2.7.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 1 จากกลุ่มการจัดการของเสีย (ยกเว้นของเสียที่ถูกนำเข้าจากนอกเขตเมืองมาจัดการภายในเขตเมือง)

2.7.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 จากกลุ่มเผาไหม้อยู่กับที่และกลุ่มขนส่ง

2.7.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 จากกลุ่มการจัดการของเสีย (ของเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในเขตเมืองแต่ถูกนำไปจัดการภายนอกเขตเมือง)

2.8 การพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาในกรณีปกติ (Business as usual: BAU)

2.9 การกำหนดเป้าหมายและแผนการดำเนินงาน กำหนดจากศักยภาพของเมืองที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเทคโนโลยีหรือมาตรการที่กำหนด โดยมีเป้าหมายและแผนการดำเนินงานภายในปี พ.ศ. 2573

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ภายในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา

2. ได้ทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดภายในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา และรายละเอียดของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม

3. ได้ทราบถึงแนวโน้มของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหากไม่มีมาตรการดำเนินการใด ๆ

4. ได้แนวทาง มาตรการและแผนการดำเนินงานสำหรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาลเมืองพะเยา

นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission) ภายในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา หมายถึง มวลสารทั้งหมดของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย ณ ช่วงเวลาหนึ่งของภายในพื้นที่เทศบาลเมืองพะเยา

2. เมือง (City) หมายถึง พื้นที่ศึกษาข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยกำหนดเป็นพื้นที่ตามรูปแบบการปกครอง เช่น จังหวัด เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล เป็นต้น

3. ขอบเขตเมือง (City Boundary) หมายถึง อาณาเขตตามภูมิศาสตร์ของเมือง

4. การรายงานข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก หมายถึง การรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 2 ภาคพลังงานและภาคขนส่ง และขอบเขตที่ 3 ภาคการจัดการของเสีย

5. ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) หมายถึง ข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

6. ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก หมายถึง การแสดงแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

7. ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก หมายถึง ค่าที่ใช้ในการแปลงค่าข้อมูลเบื้องต้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อคิดเป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมนั้น ๆ

8. แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Source) หมายถึง แหล่งหรือกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศ

9. ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) หมายถึง ค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกในการทำให้โลกร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้น ๆ ในชั้นบรรยากาศโดยคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

10. รายงานก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Report) หมายถึง เอกสารรายงานผลข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพื่อใช้สื่อสารกับกลุ่มเป้าหมายที่นำข้อมูลไปใช้งาน

11. ปีฐาน (Base Year) หมายถึง ระยะเวลาที่ถูกกำหนดเพื่อจุดประสงค์ในการเปรียบเทียบสถานภาพการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดให้เป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งปี

12. แนวทางลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยา หมายถึง หลักการ มาตรการ วิธีการ รูปแบบ ที่ดำเนินการเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มีการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดและทฤษฎี
    1.1 นโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับสากล
    1.2 สถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย
    1.3 การพัฒนาเมืองอัจฉริยะด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย
    1.4 โครงข่ายพลังงานอัจฉริยะ (Smart grid)
    1.5 การจัดทำข้อมูลลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก
    1.6 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก
    1.7 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในสภาวะปกติ
    1.8 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

1. นโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับสากล

การพัฒนาประเทศให้มีความทันสมัย และการสร้างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ทำให้มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเป็นปริมาณมาก รวมถึงมีการดำเนินกิจกรรมที่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโลก จนทำให้มีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกสูงขึ้น และส่งผลให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ภาวะโลกร้อน (Global Warming) หลายประเทศทั่วโลกได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว นับตั้งแต่ทศวรรษที่ 1980 โดยโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programmed: UNEP) ร่วมกับองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization: WMO) จึงได้จัดตั้งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1988 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเพื่อเตรียมมาตรการและกลยุทธ์ที่เป็นไปได้ในการบริหารจัดการที่

เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยในปี ค.ศ. 1990 IPCC ได้จัดทำรายงานที่มีข้อสรุปยืนยันว่ากิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศจริง

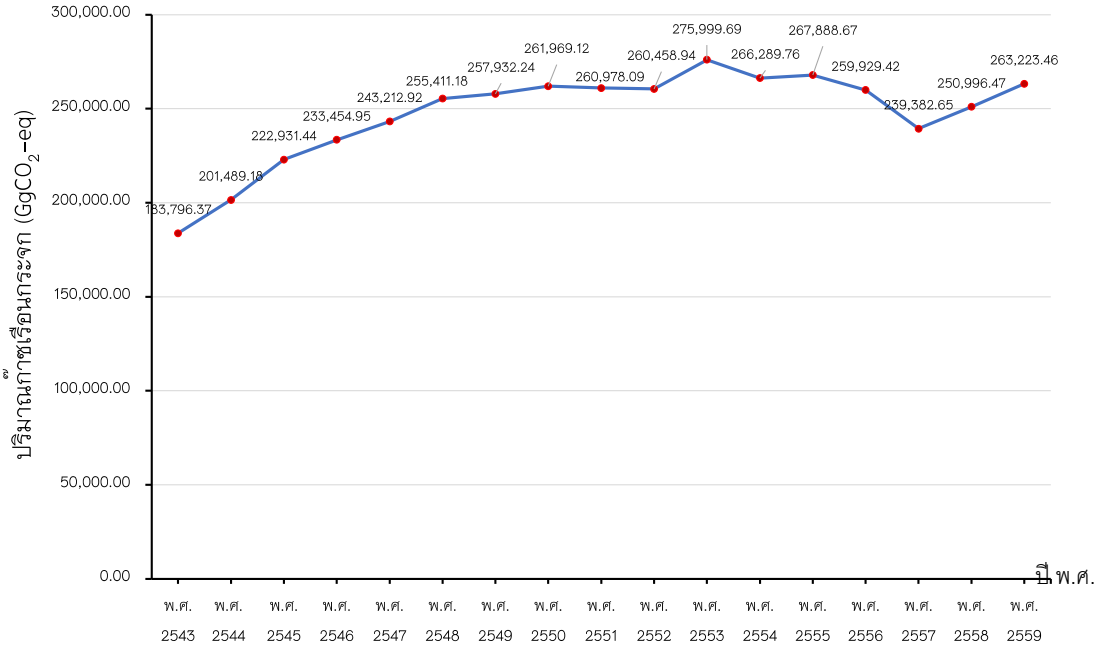
จากจุดเริ่มต้นดังกล่าวจึงเกิดการประชุมระดับนานาชาติขึ้นเพื่อหาแนวทางยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับมนุษย์ โดยได้มีการลงนามรับรองอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) เมื่อ ค.ศ. 1992 ต่อมาประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก จำนวนมากกว่า 150 ประเทศ ได้ลงนามให้สัตยาบันในระหว่างการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (United Nations Conference on Environment and Development: UNCED) หรือการประชุมสุดยอดโลก (Earth Summit) เมื่อเดือนมิถุนายน ค.ศ. 1992 ต่อมา UNFCCC ได้จัดการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Conference of the Parties: COP) ครั้งแรกขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1995 (COP1) และดำเนินการประชุมต่อเนื่องจนมีหมุดหมายที่สำคัญในการประชุม COP21 เมื่อปี ค.ศ. 2015 ณ กรุงปารีส (Paris Agreement) โดยเป็นการประชุมที่ครบกำหนดที่ภาคีจะต้องตกลงกันให้ได้มาซึ่งข้อตกลงใหม่ที่จะมาแทนที่พิธีสารเกียวโต ซึ่งข้อตกลงดังกล่าวจะมีผลผูกพันกับทุกภาคีและมีผลบังคับใช้และสามารถเริ่มดำเนินการได้ภายในปี ค.ศ. 2020 ประเด็นความร่วมมือที่มีการหารือกันในการกำหนดข้อตกลงใหม่ ได้แก่ เรื่องการลดก๊าซเรือนกระจก เรื่องการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เรื่องการสนับสนุนทางการเงินแก่ประเทศกำลังพัฒนาในการดำเนินงาน เรื่องการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องสู่ประเทศกำลังพัฒนา เป็นต้น โดยมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 และร้อยละ 25 หากมีการสนับสนุนงบประมาณจากนานาชาติ ภายในปี พ.ศ. 2573 จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในกรณีปกติ (Business As Usual: BAU) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559) ความพยายามสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อแก้ไขปัญหาสภาพภูมิอากาศโลกของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาล ได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง โดยครั้งล่าสุดได้จัดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ 2564 ณ เมืองกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์ เป็นการประชุม ครั้งที่ 26 หรือ COP26 ประเทศภาคีสมาชิกจำนวน 197 ประเทศมีมติเห็นชอบใน ข้อตกลง Glasgow Climate Pact ซึ่งเป็นข้อตกลงนานาชาติ ที่จะช่วยเร่งการดำเนินการด้านสภาพภูมิอากาศในทศวรรษนี้ เพื่อสนับสนุนเป้าหมายในการควบคุมอุณหภูมิโลกไม่ให้เพิ่มขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียสได้ ตามที่ระบุไว้ในข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) จากการประชุม COP26 หลายประเทศประกาศแผนการลดการปล่อยมลพิษภายในปี 2030 และยังมีข้อตกลงเฉพาะเกี่ยวกับ

การเลิกใช้ถ่านหิน การเปลี่ยนไปใช้ยานพาหนะไฟฟ้า และจะมีการดำเนินการเพื่อปกป้องธรรมชาติมากขึ้น

2. สถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

สถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในปัจจุบัน กำลังประสบปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศทางธรรมชาติโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องระดับน้ำทะเลที่เพิ่มระดับสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ความรุนแรงของภัยธรรมชาติที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น เช่น กรณีความรุนแรงของหมอกควันไฟป่าในฤดูแล้งของบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM 2.5) จำนวนมาก และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในวงกว้าง อีกทั้งในฤดูฝนก็เกิดปัญหาน้ำป่าไหลหลากทำลายพื้นที่การเกษตรและที่อยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก สาเหตุสำคัญของปัญหาเหล่านี้ที่ยังนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยนั้นมาจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นจำนวนมากที่ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และกิจกรรมด้านการเกษตรและปศุสัตว์ที่มีการปล่อยก๊าซมีเทน เป็นต้น โดยกิจกรรมที่เกิดขึ้นทั้งหมดล้วนส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในชั้นบรรยากาศโลก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming)

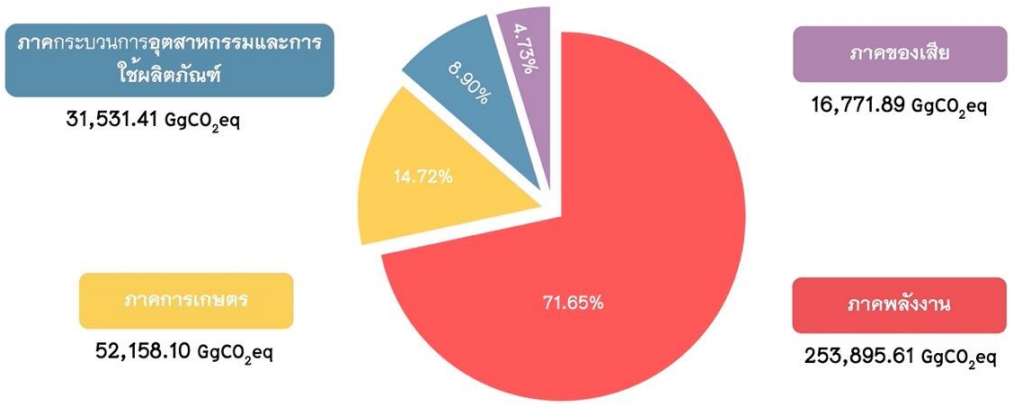
ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) นับเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้สภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อมเกิดความแปรปรวน เกิดภัยธรรมชาติต่าง ๆ ที่ทวีความรุนแรง และเกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยข้อมูลสถิติการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543–2559 พบว่ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 43.21 ดังภาพ 1



ภาพ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยปี พ.ศ. 2543-2559

ที่มา: สำนักงานแผนและนโยบายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2564

ซึ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละปี สามารถจำแนกแหล่งการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 5 ภาคส่วน ได้แก่ 1) ภาคพลังงานเชื้อเพลิง 2) ภาคกระบวนการใช้อุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์ 3) ภาคการเกษตร 4) ภาคป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ 5) ภาคของเสีย จากข้อมูลสถานการณ์ก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3 (Third Biennial Update Report: TBUR) ปี พ.ศ. 2559 ระบุว่า ประเทศไทยมีก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้น รวมทั้งสิ้น 354,357.61 $GgCO_2eq$ โดยเกิดจากภาคพลังงานมากที่สุดถึง 253,895.61 $GgCO_2eq$ อันดับที่สองเกิดจากภาคการเกษตร 52,158.10 $GgCO_2eq$ อันดับที่สามเกิดจากภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ 31,531.41 $GgCO_2eq$ และอันดับสุดท้ายมาจากภาคของเสีย 16,771.89 $GgCO_2eq$ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) ดังภาพ 2



ภาพ 2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในประเทศไทยปี พ.ศ. 2559

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563

จากภาพ 2 แสดงให้เห็นถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการพึ่งพาแหล่งพลังงานฟอสซิลเพื่อให้ได้ซึ่งพลังงาน มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นหากไม่มีการดำเนินการใด ๆ โดยแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ คือ ชุมชนเมือง ที่มีกิจกรรมก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมาก เช่น การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณขยะและน้ำเสีย เป็นต้น ล้วนส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแทบทั้งสิ้น ซึ่งประเทศไทยได้ตระหนักถึงปัญหาและต้องการให้ความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาระดับโลกนี้ จึงได้ประกาศเจตนารมณ์ในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ COP21 ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เมื่อปี พ.ศ. 2558 ที่ต้องการยกระดับความพยายามในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและรับการส่งเสริมเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุมทุกภาคเศรษฐกิจ (Economy-wide Emission Reduction or Limitation Target) โดยมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 และร้อยละ 25 หากมีการสนับสนุนงบประมาณจากนานาชาติ ภายในปี พ.ศ. 2573 จากกรณีปกติ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559) และภายใต้ความพยายามดังกล่าว ประเทศไทยได้จัดทำแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศขึ้น โดยมอบหมายให้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นผู้รับผิดชอบ ภายใต้แผนนำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2564 – 2573 หรือ Thailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation (NDC Roadmap on Mitigation 2021 – 2030) (สำนักงานนโยบายและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562) สำหรับใช้เป็นแนวทางและการจัดทำมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกของ

ประเทศ โดยแผน NDC Roadmap ให้ความสำคัญกับการลดก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า และการเผาไหม้เชื้อเพลิงภาคคมนาคมขนส่ง การใช้พลังงานเชื้อเพลิงภาคอุตสาหกรรม และการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคครัวเรือน เนื่องจากเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนมากที่สุดของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี

นอกจากนี้ ประเทศไทยได้นำแนวคิดการพัฒนาเมืองในรูปแบบเมืองอัจฉริยะมาพิจารณาขับเคลื่อนภายในประเทศ โดยคณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (2561) ได้ให้ความหมายของเมืองอัจฉริยะ (Smart city) ไว้ว่า “เป็นเมืองที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยและชาญฉลาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการและการบริหารจัดการเมือง ลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรของเมืองและประชากรเป้าหมาย โดยเน้นการออกแบบที่ดี และการมีส่วนร่วมของภาคธุรกิจและภาคประชาชนในการพัฒนาเมืองภายใต้แนวคิดการพัฒนา เมืองน่าอยู่ เมืองทันสมัย ให้ประชาชนในเมืองมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุข อย่างยั่งยืน เพื่อเป็นกรอบสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ”

3. การพัฒนาเมืองด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย

การพัฒนาเมืองด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย เป็นหนึ่งใน 6 ด้านของแผนแม่บทการพัฒนาเมืองอัจฉริยะประเทศไทยที่ทางสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (Depa) ได้เสนอต่อคณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองภายใต้หลักการ Smart Energy and Environment โดยมุ่งพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมของเมืองและระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองให้มีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและการเกษตรโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ควบคู่กับการพัฒนาด้านพลังงาน ที่มุ่งเน้นการใช้พลังงานสะอาดและพลังงานทางเลือกที่มีการควบคุมพลังงานและเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ ด้วยโครงข่ายพลังงานอัจฉริยะ (Smart Grid) อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า และลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีกรอบการพัฒนาเมืองทั้ง 6 ด้าน ดังภาพ 3

ภาพ 3 องค์ประกอบเมืองอัจฉริยะ (Smart City)

ที่มา: คณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ, 2561

จากแนวคิดการพัฒนาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ได้ถูกนำไปปรับใช้ให้มีความเหมาะสมกับบริบทพื้นที่ เช่น จังหวัดเชียงใหม่มีการจัดทำโครงการส่งเสริมความอัจฉริยะทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งประกอบไปด้วย การออกแบบแอปพลิเคชัน “CM Smog” เพื่อเป็นฐานข้อมูลกลางของจังหวัดเกี่ยวกับคุณภาพอากาศ การทำโครงการ Clean Air District ที่มีการออกแบบพื้นที่ควบคุมมลพิษและติดตั้งระบบฟอกอากาศ การจัดทำระบบจัดเก็บ และระบบซื้อขายขยะรีไซเคิลแบบ Real time สำหรับครัวเรือนเพื่อสร้างมูลค่าของขยะ เพื่อลดปริมาณการทิ้งขยะ (Smart Waste Application) และการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำรวมทั้งการออกแบบระบบจัดการน้ำเสียในแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงด้านสิ่งแวดล้อมและส่งผลต่อการปล่อยปริมาณการก๊าซเรือนกระจกของเมืองแทบทั้งสิ้น โดยพื้นฐานการดำเนินงานจะต้องมีข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์หาแนวทางการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งหน่วยงานที่มีส่วนรับผิดชอบในการพัฒนาเครื่องมือและกลไกดังกล่าว คือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดย อบก. ได้จัดทำคู่มือสำหรับจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองขึ้น เพื่อใช้เป็นเครื่องมือใน

การสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิด ในทุกกิจกรรมของเมือง ซึ่งจะนำไปสู่กระบวนการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

4. โครงข่ายพลังงานอัจฉริยะ (Smart grid)

สมาร์ตกริด (Smart grid) คือ ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะที่นำเทคโนโลยีหลากหลายประเภทเข้ามาทำงานร่วมกัน ครอบคลุมการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีเหล่านั้นตลอดทั้งห่วงโซ่ของระบบไฟฟ้าตั้งแต่การผลิตไฟฟ้า การส่งไฟฟ้า การจำหน่ายไฟฟ้า ไปถึงภาคส่วนของผู้บริโภคได้อย่างชาญฉลาด (การไฟฟ้านครหลวง, 2563) โดยในปัจจุบันระบบไฟฟ้าผลิตไฟฟ้า (Generation) ส่วนมากจะมาจากโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ บางส่วนอาจมาจากพลังงานน้ำ หรือพลังงานนิวเคลียร์ เป็นต้น หากมีการพัฒนาระบบสมาร์ตกริดจะมีการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตไฟฟ้าจากแบบรวมศูนย์ (Centralized) ที่มีกำลังการผลิตสูง และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมากทำให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (Climate Change) อันเป็นสาเหตุให้ภัยพิบัติทางธรรมชาติทวีความรุนแรงและส่งผลกระทบเป็นวงกว้างมากขึ้น ไปสู่การผลิตไฟฟ้าแบบกระจาย (Decentralized) เน้นการพัฒนาพลังงานทดแทนมีกำลังการผลิตไม่สูง แต่มีเป็นจำนวนมากกระจายกันไป (Distributed generation: DG) ดังนั้น สมาร์ตกริดเทคโนโลยี (Smart Grid Technology) จึงเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็วของชุมชนเมือง อีกทั้งยังเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

5. การจัดทำข้อมูลลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (City Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามขอบเขตการปกครองของเมือง ทั้งทางตรงหรือทางอ้อม จากกิจกรรมของผู้คนที่อาศัยอยู่ในเมืองที่มีการใช้พลังงาน การจัดการของเสีย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้านการเกษตรและปศุสัตว์ ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจะถูกคำนวณออกมาในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2-eq) การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

5.1 หลักพื้นฐานของจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (City Carbon Footprint) สำหรับการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองจะต้องตั้งอยู่บนหลักการจัดทำข้อมูล เพื่อสร้างความเชื่อมั่นต่อคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบไปด้วยหลักพื้นฐานที่สำคัญ 5 ประการดังต่อไปนี้

5.1.1 ความตรงประเด็น (Relevance) หมายถึง การจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลกิจกรรมและการรายงานผลที่สอดคล้องกับกิจกรรมของเมือง

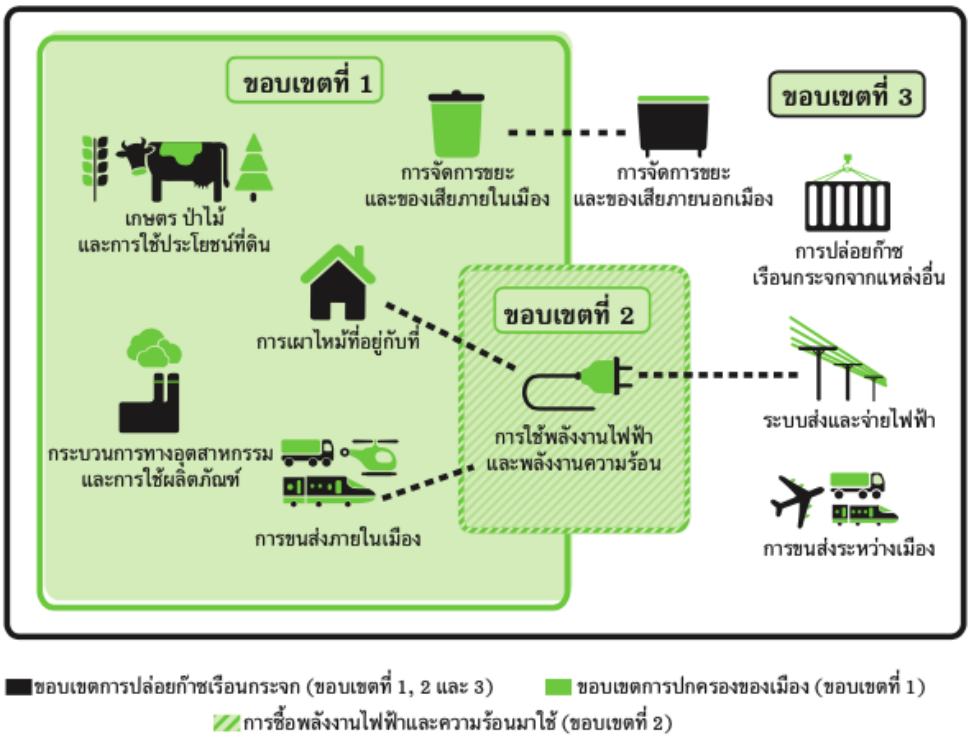
5.1.2 ความสมบูรณ์ (Completeness) หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินกิจกรรมทุกอย่างที่เกิดขึ้นภายในเขตเมืองหรือที่เกี่ยวข้องกับเมือง

5.1.3 ความต่อเนื่อง (Consistently) หมายถึง ข้อมูลที่รวบรวมและการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ควรมีความสอดคล้องเชื่อมโยง และเทียบเคียงกันได้ โดยไม่มีการขัดแย้งกัน

5.1.4 ความโปร่งใส (Transparency) หมายถึง มีการบันทึกข้อมูลที่ชัดเจนและสามารถเปิดให้เข้าถึงแหล่งที่มาของข้อมูล ข้อสันนิษฐานและวิธีการประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

5.1.5 ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง การใช้วิธีรวบรวมหรือประเมินก๊าซเรือนกระจกที่ถูกต้อง เชื่อถือได้ และเป็นที่ยอมรับ

5.2 การกำหนดขอบเขตและกิจกรรมการดำเนินงาน สำหรับเก็บข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้น แบ่งขอบเขตและประเภทข้อมูลที่นำมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางของ Guideline: Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559) โดยกำหนดขอบเขตเมืองตามอาณาเขตการปกครอง (Geopolitical boundary) และจำแนกกิจกรรมตามขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต คือ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ดังแสดงในภาพ 4



ภาพ 4 กิจกรรมและขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559

จากภาพ 4 รายละเอียดกิจกรรมที่จะต้องเก็บข้อมูล ในแต่ละขอบเขต แสดงในตาราง 1

ตาราง 1 รายละเอียดกิจกรรมที่แบ่งตามขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขต	รายการ	
ขอบเขตที่ 1	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงที่เกิดขึ้นภายในเขตเมือง	
	กิจกรรม	รายละเอียด
	1. การเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion)	เป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในส่วนที่พักอาศัย ภาคธุรกิจการค้า หน่วยงานภาครัฐและเอกชน การใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงาน ซึ่งเกิดก๊าซ

ตาราง 1 (ต่อ)

ขอบเขต	รายการ	
		เรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก
	2. การขนส่ง (Transportation)	เป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งทุกประเภท ที่เกิดขึ้นภายในเขตเมืองและระหว่างเมือง
	3. การจัดการของเสีย (Waste Management)	เป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นภายในเขตเมืองและทำการกำจัดภายในเขตเมือง
	4. การเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture, Forestry and Other Land Use: AFOLU)	เป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก กระบวนการหมักย่อยอาหารของสัตว์และการจัดการมูลสัตว์ ด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร
ขอบเขตที่ 2	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากความต้องการใช้ไฟฟ้า	
	1. การเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion)	เป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า ที่มีแหล่งผลิตภายนอกเขตเมือง
ขอบเขตที่ 3	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ นอกเหนือจากที่ระบุในขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 2	
	1. การจัดการของเสีย (Waste Management)	เป็นกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นภายในเขตแต่ทำการกำจัดนอกเขตเมือง

5.3 การวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการศึกษาข้อมูลกิจกรรมที่มีผลต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตเมืองเพื่อระบุแหล่งการเกิดก๊าซเรือนกระจก และนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาทบทวน หากข้อมูลส่วนไหนไม่ครบถ้วนจะใช้วิธีการตรวจวัดหรือสำรวจจากพื้นที่จริงหรือใช้ข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ จากนั้นระบุราบการหรือสร้างแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลทั้งข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) เพื่อความสะดวกต่อการเก็บข้อมูล ประกอบไปด้วย

5.3.1 การสำรวจกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแบบสำรวจข้อมูลกิจกรรม การสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่เทศบาล และการลงพื้นที่สำรวจ เพื่อให้ทราบถึงบริบทของเมืองและข้อมูลที่สอดคล้องกับความเป็นจริงรวมทั้งวิธีการปัญหาในกรณีที่ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเขตเมือง

5.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล เลือกใช้ข้อมูลปฐมภูมิเป็นอันดับแรก กรณีที่ไม่มีข้อมูลปฐมภูมิจึงเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิ โดยทำการเก็บข้อมูลทั้งทางตรงและข้อมูลที่เผยแพร่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็นกลุ่มกิจกรรมและข้อมูลที่ต้องทำการเก็บรวบรวมดังนี้

กิจกรรมที่แบ่งตามขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1. กลุ่มการเผาไหม้อยู่กับที่

1.1 ข้อมูลการใช้พลังในที่พักอาศัย เป็นการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในบ้านเรือนที่พักอาศัย เช่น ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน การใช้ก๊าซหุงต้ม เป็นต้น ข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ เพื่อการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรภายในครัวเรือนที่อยู่ในเขตเมืองข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อการหุงต้มภายในครัวเรือน ที่พักอาศัยอยู่ในเขตเมืองข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนที่อยู่ในเขตเมือง ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลที่เป็นปฐมภูมิได้ สามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิโดยหาข้อมูลได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเขตพื้นที่เมืองจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือตารางค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน โดยจำแนกตามประเภทของพลังงานรายภาคและขอบเขตการปกครองของสำนักงานสถิติแห่งชาติ หรือข้อมูลแหล่งอื่นที่มีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือ

1.2 ข้อมูลการใช้พลังงานในกลุ่มธุรกิจการค้าและบริการ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในอาคารร้านค้าหรืออาคารที่ประกอบธุรกิจการบริการ เช่น ห้างสรรพสินค้า ร้านขายของชำ โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรภายในร้านค้าหรืออาคารที่มีการประกอบธุรกิจที่ตั้งอยู่ภายในเขตเมือง (ไม่รวมการเผาไหม้เพื่อการผลิตการใช้ไฟฟ้า และความร้อน) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ เพื่อการหุงต้มภายในร้านค้าหรืออาคารที่มีการประกอบธุรกิจที่ตั้งอยู่ในเขตเมืองข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของร้านค้าหรืออาคารที่มีการประกอบธุรกิจ

1.3 การใช้ไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของพื้นที่สาธารณะ ที่อยู่ในส่วนความรับผิดชอบของเมือง เช่น ถนนสาธารณะและสวนสาธารณะ

ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลที่เป็นปฐมภูมิได้ สามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิแทน โดยหาข้อมูลได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าสาธารณะของเขตพื้นที่เมืองจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือคำนวณจากระยะเวลาการเปิดใช้งานของหลอดไฟสาธารณะ โดยอาศัยข้อมูล ดังนี้ ประเภทของหลอดไฟ จำนวนหลอดไฟที่ติดตั้ง ระยะทางของถนนสาธารณะที่มีการใช้ไฟฟ้า ระยะเวลาการเปิดใช้งาน

1.4 การใช้พลังงานในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน รูปแบบต่าง ๆ ในหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่อยู่นอกเหนือจากกลุ่มธุรกิจการค้าและการบริการ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล หรือสถานีตำรวจ ที่ตั้งอยู่ในเขตความรับผิดชอบของเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรภายในอาคารพาณิชย์และอาคารของรัฐ ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงาน ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการเผาไหม้เพื่อการหุงต้ม

1.5 การใช้พลังงานสำหรับการผลิตพลังงาน เป็นการรวบรวมข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิตพลังงาน เช่น การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวมได้แก่ ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าและความร้อน ข้อมูลปริมาณการเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อการผลิตไฟฟ้าและเครื่องกำเนินไฟฟ้าสำรองภายในสถานที่ที่อยู่ในเมือง ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของสถานที่ผลิตไฟฟ้าและความร้อนที่อยู่ในเขตเมือง

1.6 การใช้พลังงานของอุตสาหกรรมการผลิต เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน รวมถึง ปริมาณวัตถุดิบที่ทำปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการผลิตแล้วก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น วัตถุดิบของอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก ซึ่งกลุ่มนี้ไม่รวมการเผาไหม้ในอุตสาหกรรมการผลิต ไฟฟ้าและความร้อนโดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดการงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในเขตเมือง (ไม่รวมการเผาไหม้เพื่อการผลิต ไฟฟ้าและความร้อน) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงเพื่อการเผาไหม้เพื่อการหุงต้มภายในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในเขตเมือง ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในเขตเมือง ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและปริมาณผลผลิตของอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในเขตการปกครองที่เมืองรับผิดชอบ

2. กลุ่มขนส่ง

2.1 การขนส่งทางถนน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ในการขนส่งทางถนน ทั้งยานพาหนะส่วนบุคคลและยานพาหนะที่ให้บริการสาธารณะ

ที่มีการขนส่งในเขตเมืองและขนส่งระหว่างเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ในกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะทางถนนที่อยู่ในเขตเมือง เช่น รถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล และรถจักรยายยนต์ ข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะทางถนนระหว่างเมือง แต่มีจุดเริ่มต้นของการเดินทางอยู่ภายในเขตเมือง เช่นรถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพื่อกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะทางถนนที่อยู่ในเขตเมืองเช่น รถรางที่ใช้ไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้า

3. กลุ่มการจัดการของเสีย

3.1 การจัดการของเสียด้วยวิธีฝังกลบ เป็นการรวบรวมข้อมูลขยะที่เกิดขึ้น และวิธีการจัดการขยะในเขตเมือง โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณขยะที่ฝังกลบในพื้นที่ของเมือง โดยแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste: MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge: SS) ขยะอุตสาหกรรม(Industrial Solid Waste: ISW) ขยะอันตราย (Hazardous Waste: HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste: CW) ข้อมูลปริมาณขยะในเขตเมืองที่นำไปฝังกลบนอกเขตเมือง โดยแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน Municipal Solid Waste: MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge: SS) ขยะอุตสาหกรรม (Industrial Solid Waste: ISW)ขยะอันตราย (Hazardous Waste: HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste: CW) ข้อมูลปริมาณขยะนอกเขตเมืองที่นำไปฝังกลบในพื้นที่ของเมือง โดยแยกขยะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Solid Waste: MSW) กากตะกอนน้ำเสีย (Solid Sludge: SS) ขยะอุตสาหกรรม(Industrial Solid Waste: ISW) ขยะอันตราย (Hazardous Waste: HW) และขยะติดเชื้อ (Clinical Waste: CW) ข้อมูลองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนในเขตเมืองและนอกเขตเมือง โดยแยกองค์ประกอบ ออกเป็น 10 ส่วน ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ ไม้ กิ่งไม้และใบไม้ ยาง และหนัง ผ้า และอื่น ๆ ข้อมูลองค์ประกอบขยะอุตสาหกรรมในเขตเมืองและนอกเขตเมือง โดยแยกองค์ประกอบ ออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ อาหารและเครื่องดื่ม ยา สบู่ ผ้า และเศษไม้ กระดาษและเยื่อ กระดาษ ปิโตรเลียมและตัวทำละลาย พลาสติกและเศษยาง เศษซากการก่อสร้างและการรื้อถอน และอื่น ๆ ข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการขยะและถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ ข้อมูลรายละเอียดประเภทของสถานที่การจัดการขยะ

3.2 การจัดการน้ำเสีย ข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่ต้องเก็บรวบรวมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ น้ำเสีย จากบ้านเรือน และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม โดยน้ำเสียจากอุตสาหกรรมจะพิจารณาเฉพาะน้ำเสียและน้ำทิ้งที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น ไม่รวม

น้ำเสียและน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่ระบบบำบัดของการนิคมอุตสาหกรรม นอกจากนี้ การเก็บข้อมูลควรทำการแยกน้ำเสียในแต่ละประเภทอุตสาหกรรมออกจากกัน เช่น การกลั่นแอลกอฮอล์ เบียร์ กาแฟ เป็นต้น ข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำเสียในเขตเมืองที่ผ่านกระบวนการบำบัดและปล่อยทิ้งภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยแยกน้ำเสียออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านเรือนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ข้อมูลปริมาณน้ำเสียภายนอกเขตเมืองที่ผ่านกระบวนการบำบัดและปล่อยทิ้งภายในสถานที่ที่อยู่ในเขตเมือง โดยแยกน้ำเสียออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านเรือนและน้ำเสียจากอุตสาหกรรม จำนวนประชากรหรือครัวเรือนที่อาศัยอยู่ภายในเขตเมือง ข้อมูลรายละเอียดประเภทของการจัดการน้ำเสียจากครัวเรือน เช่น ปล่อยน้ำทิ้งลงแหล่งน้ำสาธารณะ ท่อระบายน้ำทิ้งที่น้ำไหลเร็ว การบำบัดรวมแบบใช้ออกซิเจนสำหรับตะกอนโคลน ถังหมักไร้ออกซิเจน บ่อบำบัดไร้ออกซิเจนแบบตื้น/ลึก ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงจากอุตสาหกรรมได้ให้ใช้ข้อมูลปริมาณสินค้าที่ผลิตได้ (ตัน/ปี) จากอุตสาหกรรมสาขาต่าง ๆ ข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการจัดการน้ำเสียและถูกน้ำกลับมาใช้ประโยชน์

4. กลุ่มการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (AFOLU)

4.1 ข้อมูลปศุสัตว์ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรปศุสัตว์ที่มีการเลี้ยงบนพื้นที่ที่ตั้งอยู่ในเขตเมือง เช่น ข้อมูลจำนวนประชากรสุกรหรือโคกระบือ ข้อมูลจำนวนประชากรไก่ เป็นต้น โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลประชากรปศุสัตว์ รูปแบบการเลี้ยง เช่น ที่โล่งแจ้ง ภายในโรงเรือน

4.2 ข้อมูลการเพาะปลูก เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกข้าวรูปแบบต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ในเขตเมือง เช่น ข้อมูลเพาะปลูกข้าวนาปีในเขตชลประทาน ที่ขังน้ำตลอดปี ข้อมูลการเพาะปลูกข้าวนาปรังในเขตพื้นที่ชลประทาน ขังน้ำ หรือปล่อยน้ำออกมากกว่า 1 ครั้ง เป็นต้น โดยข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกที่อยู่ภายในเขตเมืองรูปแบบในการเพาะปลูก เช่น นาปี นาปรัง เป็นต้น

4.3 ข้อมูลการใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ปูนในพื้นที่การเกษตร เป็นการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี และปริมาณการใช้ปูนเพื่อปรับสภาพดินในพื้นที่การเกษตรที่อยู่ในเขตเมือง

4.4 ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว เป็นการรวบรวมพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่สีเขียวที่มีพื้นที่อยู่ในเขตเมือง

6. การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเมืองสามารถประเมินได้จากการตรวจวัดโดยตรง การคำนวณข้อมูลที่มีอยู่ และการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ ซึ่งวิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกทั่วไป สามารถคำนวณได้จากสมการ 1

$$GHG\ Emission = Activity\ Data(AD) \times Emission\ Factor(EF) \quad (1)$$

โดยที่

GHG Emission คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย $kgCO_2$-eq/yr

AD คือ ปริมาณการใช้พลังงานหรือกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย ลิตร/กิโลกรัม/kW/yr

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วย $kgCO_2$

การเลือกใช้ข้อมูลในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีที่มีข้อมูลปฐมภูมิจะทำการรวบรวมข้อมูลโดยตรงจากกิจกรรมภายในเมือง เช่น การใช้พลังงานภายในครัวเรือน การใช้เชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งในเมืองและระหว่างเมือง ปริมาณขยะที่ถูกนำไปกำจัด จำนวนสัตว์จากการทำปศุสัตว์ สำหรับข้อมูลกิจกรรมที่ไม่มีข้อมูลที่เป็นปฐมภูมิให้เลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือตามลำดับ ดังต่อไปนี้ ปริมาณการใช้พลังงานจากการสำรวจกลุ่มประชากรตัวอย่างภายในเมือง เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่างเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปแทนประชากรทั้งหมด เช่น การลงพื้นที่สำรวจการใช้พลังงานในชุมชน การสำรวจการใช้พลังงานเชื้อเพลิง เป็นต้น การสร้างแบบจำลองข้อมูลการใช้พลังงานภายในเมือง เช่น การใช้ข้อมูลจากแหล่งอื่นที่มีการเก็บรวบรวมไว้แล้วมาสร้างเป็นแนวทางการใช้พลังงานภายในเมือง เป็นต้น สัดส่วนการใช้พลังงานของประเทศในสาขาหรือกิจกรรมต่าง ๆ

สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ มีแนวทางและวิธีการประเมินดังต่อไปนี้

6.1 การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่มีการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion)

เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นสำหรับกิจกรรมที่ใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ในกลุ่มที่พักอาศัย กลุ่มภาคธุรกิจการค้า อุตสาหกรรมการผลิต หน่วยงานภาครัฐและเอกชน รวมถึงการใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยประเภทเชื้อเพลิงประกอบไปด้วย ก๊าซหุงต้ม (LPG) น้ำมันเชื้อเพลิงทุกประเภท ฟืนและถ่านไม้ ถ่านหิน เป็นต้น การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานแบบเผาไหม้อยู่กับที่สามารถคำนวนได้จากการนำปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละประเภทคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสมการ 1

6.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่มีการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่ง (Transportation) ทั้งหมดโดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

6.2.1 การเผาไหม้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางบก (Road Transportation)

6.2.2 การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางราง (Railways)

6.2.3 การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางอากาศ (Civil Aviation)

6.2.4 การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางน้ำ (Waterborne Navigation)

6.2.5 การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งด้านอื่น ๆ (Other Transportation)

ข้อมูลกิจกรรมที่ใช้สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ปริมาณในการใช้ไฟฟ้า โดยแบ่งเชื้อเพลิงออกเป็นรายประเภท เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ ไบโอดีเซล เอทานอล และน้ำมันสำหรับเครื่องบิน เป็นต้น การประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง จะประเมินโดยแบ่งตามประเภทการจัดการก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคขนส่งภายในเมือง

ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าสำหรับการขนส่งภายในเมือง

ประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งระหว่างเมืองการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่งสามารถคำนวนได้จากการนำปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละประเภทคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสมการ 1

กรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสามารถประมาณได้จากระยะทางต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ดังนี้

ค่าประมาณการใช้น้ำมัน (ลิตร) = ระยะทาง (กิโลเมตร) / ((อัตราการสิ้นเปลืองในเมือง x ร้อยละของการใช้งาน) + (อัตราสิ้นเปลืองระหว่างเมือง x ร้อยละของการใช้งาน)) (ลิตรต่อกิโลเมตร)

หมายเหตุ: อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอ้างถึง ภาคผนวก ง

6.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะและของเสีย

เป็นการประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการจัดการขยะและของเสียภายในเมือง (Solid Waste) โดยของเสียอาจอยู่ในรูปแบบของขยะมูลฝอยหรือน้ำเสียที่มี

สารอินทรีย์เป็นตัวประกอบหลัก เมื่อของเสียเหล่านี้ผ่านกระบวนการจัดการหรือทิ้งไว้ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานานมากพอที่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะเกิดการย่อยสลาย ก็จะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกประเภทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) นอกจากนี้กิจกรรมหมักเพื่อทำปุ๋ย (Composting) หรือการผลิตก๊าซชีวภาพ (Digestion) ล้วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวเคมีที่มีจุลินทรีย์เป็นตัวขับเคลื่อนการย่อยสลายสารอินทรีย์ และนำไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะและของเสีย แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ประเภท ดังแสดงในภาพที่ 5 ดังนี้

ประเภทที่ 1 (A) พิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขยะและของเสียที่เกิดขึ้นนอกขอบเขตเมืองแต่เป็นการนำมาบำบัดหรือกำจัดในเขตเมือง

ประเภทที่ 2 (B) พิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขยะและของเสียที่เกิดขึ้นในเขตเมืองและทำการบำบัดหรือกำจัดในเขตเมือง

ประเภทที่ 3 (C) พิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขยะและของเสียที่เกิดขึ้นในเขตเมืองและถูกนำไปบำบัดหรือกำจัดที่ตั้งอยู่นอกเขตเมืองโดยกำหนดให้

ขอบเขตที่ 1 เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก A+B

ขอบเขตที่ 2 เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก C

ภาพ 5 การกำหนดขอบเขตการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะของเสีย

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562

สำหรับแนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะและของเสียอ้างอิงตามคู่มือ 2006 IPCC Guidelines แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. การประเมินจากการจัดการขยะมูลฝอย (Solid Waste Disposal: SWD)

การจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่ก่อให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) โดยอาศัยหลักการปฏิกิริยาการย่อยสลายอันดับหนึ่ง (First Order Decay: FOD) ของขยะซึ่งหลักการนี้ใช้ในการคำนวณการหาการปล่อยก๊าซดังกล่าวพิจารณาจากขยะที่ถูกนำมาฝังกลบ (Landfill) หรือเทกอง (Open Dump) ในพื้นที่ต่อปี โดยกองขยะจะเริ่มมีการย่อยสลายและปล่อยก๊าซมีเทนในปีที่ 2 ของการจัดการ สมการที่ใช้ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการจัดการขยะสามารถคำนวณได้ในสมการ 2

$$CH_4 Emissions = \left[\sum_x CH_4 generated_{x,T} - R_T\right] \times \left(1 - R_T\right) \quad (2)$$

โดยที่

$CH_4 Emission$ คือ ปริมาณการปล่อย CH_4 ในปีที่จัดทำบัญชีรายการหน่วยกิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$CH_4 generated$ คือ ปริมาณการปล่อย CH_4 ปีที่จัดทำบัญชีรายการ (คำนวณได้จาก สมการ 3) หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

R_T คือ ปริมาณ CH_4 ที่นำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำ CH_4 ไปทำเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน หน่วยกิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

T คือ ปีที่จัดทำบัญชีรายการ

x คือ ประเภทของขยะในพื้นที่ที่นำไปจัดการ

การหาปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) จากการย่อยสลายของขยะในปีที่พิจารณาสามารถคำนวณได้จากสมการ 3

$$CH_4 generated_T = DDOCmdecomp_T \times F \times {}^{16}/_{12} \quad (3)$$

โดยที่

$CH_4 generated_T$ คือ ปริมาณการปล่อย CH_4 จากการย่อยสลายของขยะหน่วยกิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$DDOCmdecomp_T$ คือ ปริมาณสารอินทรีย์ในขยะที่สามารถย่อยสลายได้หน่วยกิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

F คือ สัดส่วนการปล่อย CH_4 จากบ่อฝังกลบ (ค่าแนะนำของ IPCC เท่ากับ 0.5)

16/ 12 คือ ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจาก CO_2 ไปเป็น CH_4

สำหรับปริมาณสารอินทรีย์ในขยะที่สามารถย่อยสลายได้ (DDOCmdecomp$_T$) ในปีที่เริ่มฝังกลบและในปีที่พิจารณาการปล่อยก๊าซมีเทน สามารถคำนวณได้จากสมการ 4 และ 5

$$DDOCmdecomp_T = DDOCma_{T-1} \times \left(1 - e^{-k}\right) \quad (4)$$

$$DDOCma_T = DDOCmd_T \times \left(DDOCma_{T-1} \times e^{-K}\right) \quad (5)$$

โดยที่

$DDOCma_{T-1}$ คือ ปริมาณสะสมของขยะมูลฝอย ณ สิ้นปีที่พิจารณาหน่วยกิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$DDOCma_T$ คือ ปริมาณการสะสมของขยะมูลฝอย ณ สิ้นปีของปีที่เริ่มมีการจัดการขยะ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$DDOCmd_T$ คือ ปริมาณสะสมของอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ในปีที่พิจารณา หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

k คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาโดย $k=\ln(2)/t_{1/2}(y^{-1})$

$t_{1/2}$ คือ Half–lime (ปี)

2. การประเมินจากการจัดการน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง (Wastewater Treatment and Discharge)

การบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้งก่อให้เกิดการปล่อยมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยมีวิธีการประเมินการปล่อยก๊าซ ดังนี้

การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน

ก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition) สำหรับพื้นที่ในเขตเมือง น้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยทิ้งจากอาคารบ้านเรือนของประชาชน ซึ่งสามารถคำนวณการปล่อยมีเทน (CH_4) จากการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้จากสมการ 6

$$CH_4\ Emissions = \sum_i \left[\left(TOW_i - S\right) EF_i - R\right] \times 10^{-3} \quad (6)$$

โดยที่

CH_4 Emissions คือ ปริมาณการปล่อย CH_4 (ตันต่อปี)

TOW_i คือ ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสีย (กิโลกรัมบีโอดีต่อปี) (คำนวณได้จากสมการ 8)

S คือ ปริมาณกากตะกอนในน้ำเสีย (กิโลกรัมบีโอดีต่อปี)

i คือ ประเภทของน้ำเสีย

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย CH_4 (กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี) (คำนวณได้จากสมการ 7)

R คือ ปริมาณก๊าซ CH_4 ที่ถูกกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำ CH_4 ไปทำเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อก๊าซเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน (กิโลกรัมมีเทนต่อปี)

10^{-3} คือ ค่าคงที่สำหรับการแปลงหน่วยจากกิโลกรัมเป็นตัน

การหาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสีย สามารถคำนวณได้จากสมการ 7

$$EF_i = B_o \times MCF_j \times U_i \times T_{i,j} \quad (7)$$

โดยที่

EF_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย CH_4 สำหรับที่ใช้ระบบการจัดการน้ำเสียแบบ j (กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี)

B_o คือ ปริมาณ CH_4 สูงสุดในน้ำเสียหรือตะกอนจุลินทรีย์ (ค่าแนะนำตาม IPCC เท่ากับ 0.6) (กิโลกรัมมีเทนต่อกิโลกรัมบีโอดี)

MCF_j คือ สัดส่วนการแปลงค่าก๊าซ CH_4 ตามชนิดระบบบำบัด j

U_i คือ สัดส่วนของจำนวนประชากรจำแนกตามกลุ่มรายได้ i

$T_{i,j}$ คือ สัดส่วนของการใช้ระบบบำบัด j สำหรับประชากรในกลุ่ม i (สัดส่วน)

การหาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย สามารถคำนวณได้จากสมการ 8

$$TOW = P \times BOD \times I \times 365 \quad (8)$$

โดยที่

TOW คือ ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (กิโลกรัมบีโอดีต่อปี)

P คือ จำนวนประชากรในปีที่พิจารณา (คนต่อปี)

BOD คือ อัตราการปล่อยน้ำเสีย (กรัมต่อคนต่อวัน)

I คือ ตัวแปรที่ใช้แก้ความคลาดเคลื่อนกรณีรวมค่า BOD จากอุตสาหกรรมไหลลงท่อระบายน้ำ

การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

โดยการหาปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ที่เกิดจากการย่อยสลายของ

สารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในสิ่งปฏิกูลของมนุษย์ในน้ำเสียชุมชน สามารถคำนวณได้จากสมการ 9

$$N_2O\ Emissions = N_{EFFLUENT} \times EF_{EFFLUENT} \times {}^{44}/_{28} \quad (9)$$

โดยที่

$N_2O\ Emissions$ คือ ปริมาณการปล่อย N_2O หน่วย กิโลกรัมไนตันไนตรัสออกไซด์ต่อปี; g N_2O/yr

P คือ ประชากรในพื้นที่ (คนต่อปี)

$Protein$ คือ ปริมาณการบริโภคโปรตีนของประชากรในพื้นที่ (กิโลกรัมโปรตีนต่อคนต่อปี)

$F_{NON-CON}$ คือ สัดส่วนของน้ำเสียที่ไม่มีโปรตีนปะปนอยู่ (ค่าแนะนำ 1.4)

F_{NPR} คือ สัดส่วนของไนโตรเจนในโปรตีน (ค่าแนะนำ 0.16) (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมโปรตีน)

$F_{IND-CON}$ คือ สัดส่วนของร้านค้าอาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยโปรตีนลงสู่ท่อระบายน้ำ (ค่าแนะนำ 1.25)

N_{SLUDGE} คือ ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกกำจัดออกมาให้อยู่ในรูปแบบของกากตะกอน (ค่าแนะนำ 0) (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อปี)

$EF_{EFFLUENT}$ คือ ค่าการปล่อย N_2O จากการบำบัดน้ำเสียและการปล่อยทิ้ง ค่าแนะนำ 0.005) (กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ในรูปของไนโตรเจนต่อกิโลกรัมไนโตรเจน)

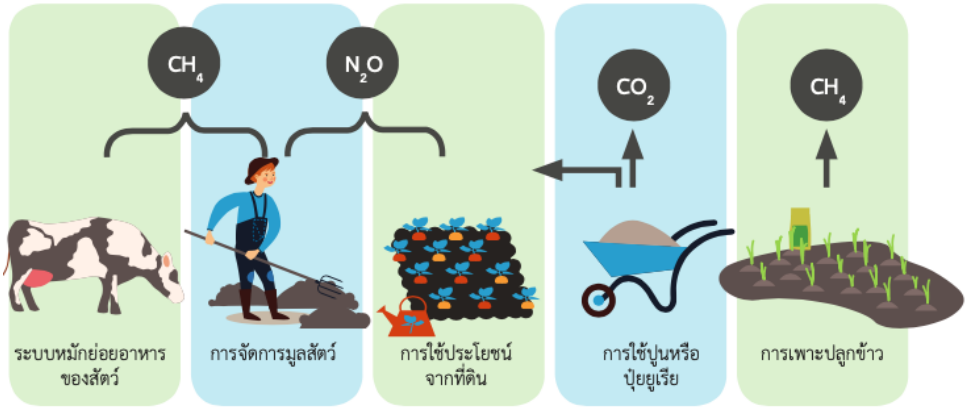
$44/28$ คือ ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจากกิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ในรูปของไนโตรเจน (kgN_2O-N) ไปเป็นกิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ (kgN_2O)

10^{-3} คือ ค่าคงที่สำหรับการแปลงหน่วยจากกิโลกรัมเป็นต้น

หมายเหตุ: ตัวแปรที่ใช้ในการคิดหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียตามระบบแสดงใน ภาคผนวก จ ในกรณีที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ให้ใช้ปริมาณน้ำเสียรวมเท่ากับร้อยละ 80 ของน้ำใช้ หรือปริมาณน้ำเสียรวม 150 ลิตร ต่อคนต่อวัน และใช้ค่า BOD เท่ากับ 220 มิลลิกรัมต่อลิตรในการคำนวณ

4. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภาคการเกษตร ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture, Forestry and Other Land Use: AFOLU)

เป็นการประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ดังภาพแสดง 6 ซึ่งประกอบด้วย 2 กิจกรรม ดังนี้



ภาพ 6 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562

4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมภาคปศุสัตว์

การปศุสัตว์เป็นส่วนหนึ่งของภาคการเกษตรที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยก๊าซมีเทนจะถูกปล่อยจากการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation) ส่วนการจัดการมูลสัตว์ (Manure Management) จะมีการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยส่วนมากก๊าซเหล่านี้จะถูกปล่อยมาจากสัตว์จำพวกโคและกระบือที่มีการเลี้ยงเป็นจำนวนมากเพื่อใช้บริโภค และเป็นการค้า วิธีการประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากปศุสัตว์ ได้มีการจัดหมวดหมู่สัตว์ ตามวิธีการประเมินของคู่มือ IPCC และการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์และการ

จัดการมูลสัตว์แต่ละชนิดซึ่งสามารถจัดหมวดหมู่ของปศุสัตว์ในประเทศไทยออกเป็นโคนม (Dairy Cows) โคเนื้อ (Other Cattle) กระบือ (Buffalo) สุกร (Swine) แกะ (Sheep) แพะ (Goat) อูฐ (Camel) ม้า (Horse) กวาง (Deer) ช้าง (Elephant) และสัตว์ปีก (Poultry) ได้แก่ เป็ด ไก่ นกกระจอกเทศ นกกระทา และห่าน การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปศุสัตว์ (Livestock) ดังกล่าวแบ่งการประเมินได้ ดังนี้

4.1.1 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารสัตว์ และการจัดการมูลสัตว์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องบางชนิด ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นภายในตัวสัตว์จะถูกปล่อยออกมาโดยการขับถ่ายและการเรอ ปริมาณของก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ และปริมาณของอาหารที่สัตว์กิน อายุและน้ำหนักของสัตว์ พลังงานของสัตว์ต้องใช้ และชนิดของระบบย่อยอาหาร เป็นต้น สำหรับประเทศไทยยังขาดข้อมูลบางส่วนจึงยังไม่สามารถหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของสัตว์แต่ละชนิดได้ ดังนั้นในการประเมินจึงใช้ค่ากลางของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Default Emission Factor) จากคู่มือ IPCC การประเมินการปล่อย CH_4 ที่เกิดจากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ สามารถคำนวณได้ดังสมการ 10

$$CH_{4\,Enteric} = EF_{(T)} \times \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right) \qquad (10)$$

โดยที่

$CH_{4\,Enteric}$ คือ ปริมาณ CH_4 จากกระบวนการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ หน่วย กิกะกรัมมีเทนต่อปี; Gg CH_4/yr

$EF_{(T)}$ คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับสัตว์แต่ละชนิดของปศุสัตว์ หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อตัวต่อปี; kg CH_4/head/yr

$N_{(T)}$ คือ จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิดของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง หน่วย ตัวต่อปี; Head/yr

T คือ ชนิดสัตว์ของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง

4.1.2 การประเมินการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากระบบการจัดการมูลสัตว์ ก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากการจัดการมูลสัตว์เกิดขึ้นจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุภายใต้การขาดก๊าซออกซิเจน โดยปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดและปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการของเสียจากสัตว์ ประสิทธิภาพในการบำบัด ชนิดของสัตว์ที่ปล่อยของเสีย ปริมาณและประเภทของอาหารที่สัตว์บริโภค อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษา การประเมินปริมาณปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาจากมูลสัตว์ สามารถคำนวณได้จากสมการ 11

$$Total\ CH_{4\ Manure} = \sum_{(T)} \frac{\left(EF_{(T)} \times N_{(T)}\right)}{10^6} \quad (11)$$

โดยที่

$Total\ CH_{4\ Manure}$ คือ ปริมาณมีเทนจากกระบวนการจัดการมูลสัตว์ (tonCH_4/yr)

$EF_{(T)}$ คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับสัตว์แต่ละชนิดของปศุสัตว์ หน่วย กิโลกรัมมีเทนต่อตัวต่อปี; kg CH_4/head/yr

$N_{(T)}$ คือ จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิดของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง หน่วย ตัวต่อปี; Head/yr

T คือ ชนิดสัตว์ของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง

4.1.3 การประเมินการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ที่เกิดจากระบบการจัดการมูลสัตว์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นในการจัดการมูลสัตว์ในแต่ละระบบการจัดการอาทิ การจัดการมูลสัตว์ปล่อยทุ่ง (Pasture/Range/Paddock) การเกลี่ยตากรายวัน (Daily Spread) การแยกเก็บแบบของแข็ง (Solid Storage) การเก็บในรูปของเหลว (Liquid/Slurry) มีผลก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในปริมาณที่แตกต่างกันไป สามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่ากลางของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Default Emission Factor) จากคู่มือ IPCC ในการประเมินการปล่อยก๊าซ N_2O โดยตรงที่เกิดจากระบบการจัดการมูลสัตว์ สามารถคำนวณได้จากสมการ 12

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_{S}\left[\sum_{T}\left(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}\right)\right] \times EF_{3(s)}\right] \times \frac{44}{28} \quad (12)$$

โดยที่

$N_2O_{D(mm)}$ คือ ปริมาณไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยตรงจากระบบการจัดการมูลสัตว์ หน่วย กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ต่อปี; kg N_2O/yr

$N_{(T)}$ คือ จำนวนสัตว์ในแต่ละชนิด ของปศุสัตว์ในขอบเขตพื้นที่เมือง หน่วย ตัวต่อปี; Head/yr

$Nex_{(T)}$ คือ ค่าเฉลี่ยประจำปีของไนโตรเจนในมูลสัตว์ต่อตัวสัตว์แต่ละชนิด หน่วย กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตัวต่อปี; kgN_2O/animal/yr

$MS_{(T,S)}$ คือ สัดส่วนไนโตรเจนในมูลสัตว์ทั้งหมดรายปีในสัตว์แต่ละชนิด T ที่ถูกจัดการในระบบการจัดการมูลสัตว์ S

$EF_{3(s)}$ คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการปล่อยไนตรัสออกไซด์ออกมาโดยตรง จากระบบการจัดการมูลสัตว์ (S), kg N_2O–N/kg N ในระบบการจัดการมูลสัตว์ (S)

S คือ ระบบการจัดการมูลสัตว์

T คือ ชนิดสัตว์ของปศุสัตว์ในพื้นที่

$44/28$ คือ ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนจาก kg N_2O–N เป็น kg N

4.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการปลูกข้าว

การเพาะปลูกข้าวเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมภาคการเกษตรที่มีปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยปัจจัยหลักที่คู่มือ IPCC ให้ความสำคัญ คือ ระบบการจัดการน้ำในนาข้าว โดยแบ่งพื้นที่นาข้าวออกเป็นนาข้าวในเขตชลประทาน (Irrigated) และนาอาศัยน้ำฝน (Rainfed) ซึ่งคำนึงถึงระยะเวลาการขังน้ำในนาข้าวและระดับความลึกของน้ำ สามารถแบ่งพื้นที่นาข้าวออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

4.2.1 นาข้าวในเขตชลประทานมีน้ำท่วมขังตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (Irrigated, Continuously Flooded)

4.2.2 นาข้าวในเขตชลประทานมีการผันน้ำออก 1 ครั้ง ระหว่างช่วงการเพาะปลูก (Irrigated, Intermittently Flooded)

4.2.3 นาข้าวในเขตชลประทานมีการผันน้ำออกมากกว่า 1 ครั้ง ระหว่างช่วงการเพาะปลูก (Irrigated, Intermittently Flooded–Multiple Aeration)

4.2.4 นาข้าวในเขตน้ำฝนมีน้ำขังระดับ 0–50 เซนติเมตร (Rainfed, Regular Rainfed)

4.2.5 นาข้าวในเขตน้ำฝนมีน้ำขังลึกระดับมากกว่า 0–50 เซนติเมตร (Rainfed, Deep Water)

4.2.6 นาดอนในเขตน้ำฝนมีโอกาสแล้ง (Rainfed, Drought Prone) ข้าวไร่ (Upland)

ปัจจัยข้างต้นมีผลต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องอาศัยตัวปรับค่า (Scaling Factors) ที่กำหนดให้นาข้าวแต่ละประเภทเพื่อประกอบการคำนวณก๊าซมีเทน ดังแสดงด้วยสมการ 13

$$CH_{4Rice}Emissions = \sum_{i,j,k}\left(EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-3}\right) \quad (13)$$

โดยที่

$CH_{4Rice}Emissions$ คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากข้าว (Gg CH_4 yr^{-1})

$EF_{i,j,k}$ คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาพ i,j และ k (กิโลกรัมเฮกตาร์ต่อวัน) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 18

$t_{i,j,k}$ คือ ระยะเวลาการเพาะปลูกข้าวภายใต้สภาพ i,j และ k (วัน)

$A_{i,j,k}$ คือ พื้นที่เก็บเกี่ยวภายใต้สภาพ i,j และ k (เฮกตาร์ต่อปี)

i, j, k คือ ระบบนิเวศการเพาะปลูกต่าง ๆ ระบบการจัดการนาชนิดและปริมาณของวัสดุอินทรีย์และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ตามลำดับ

10^{-3} คือ ค่าคงที่สำหรับการแปลงหน่วยจากกิโลกรัมเป็นตัน

7. การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในสภาวะปกติ (Business as usual: BAU)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสภาวะปกติ คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบริบทของเมือง ซึ่งจะถูกนำมาใช้เป็นกรณีอ้างอิงในการวิเคราะห์การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการต่าง ๆ ในการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกสาขาจะใช้ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจและสังคมตามการคาดการณ์ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้แก่ การเติบโตผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) อัตราการเพิ่มของประชากรเฉลี่ย การเติบโตทางเศรษฐกิจ เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการใช้ข้อมูลย้อนหลังที่มีอยู่แล้ว จากนั้นทำการหาค่าแนวโน้มไปข้างหน้า โดยมักจะใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Regression Analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแปรอิสระ 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัว โดยตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันอาจจะเป็นความสัมพันธ์ตามกันหรือผกผันก็ได้ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ 14

$$Y_i = \beta_o + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (14)$$

โดยที่

Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เนื่องจากค่าของ Y ขึ้นอยู่กับค่าของ X

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

β_o คือ ส่วนตัดแกน Y หรือ คือค่าของ Y เมื่อ X มีค่าเป็นศูนย์

ε_i คือ ค่าความเคลื่อนที่

$\beta\text{-}1$ คือ ค่าความชัน (slope) ของเส้นถดถอย

เมื่อ X เปลี่ยนไป 1 หน่วย และเรียก $\beta\text{-}1$ว่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (Regression Coefficient) ค่าของ $\beta\text{-}1$อาจจะเป็น

1. $\beta\text{-}1 > 0$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันคือถ้า X เพิ่ม Y จะเพิ่มด้วย แต่ถ้า X ลดลง Y จะลดลงด้วย

2. $\beta\text{-}1 < 0$ แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามคือถ้า X เพิ่มขึ้น Y ลดลง แต่ถ้า X ลดลง Y จะเพิ่มขึ้น

3. $\beta\text{-}1$มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าค่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันน้อย

4. $\beta - 1 = 0$ แสดงว่า X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน

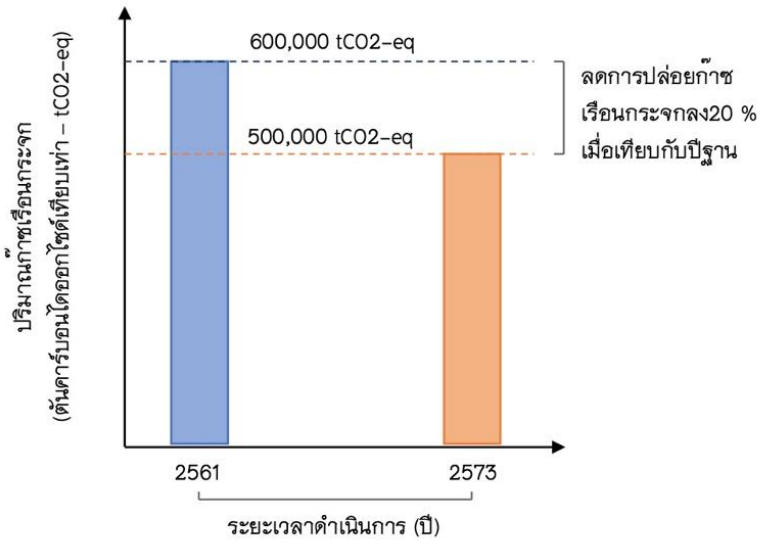
จากนั้นนำค่าความชันของเส้นตรงไปคูณกับข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อแสดงแนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณี BAU เทียบกับในกรณีที่มีการดำเนินกิจกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง

8. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือกระบวนการปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยการใช้เทคโนโลยีหรือการกำหนดมาตรการภายในเมืองให้มีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยลง โดยหลังจากจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเมืองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงนำข้อมูลดังกล่าวใช้เป็นปีฐาน สำหรับวิเคราะห์หาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง โดยเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของเมืองสามารถกำหนดให้มีความสอดคล้องกับศักยภาพของเมืองที่จะสามารถดำเนินการได้จากการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีความเหมาะสมกับบริบทของเมือง โดยระยะเวลาการดำเนินงานกำหนดตามกรอบการดำเนินงานของประเทศที่ระบุในเจตจำนงการลดก๊าซเรือนกระจก โดยต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20–25 ภายในปี พ.ศ. 2573 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) รายละเอียดการดำเนินงานการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองประกอบไปด้วยขั้นตอน ดังต่อไปนี้

8.1 การกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การกำหนดเป้าหมาย เป็นการสร้างพันธกรณีที่จะลดก๊าซเรือนกระจกหรือควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคต วิธีการกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการกำหนดปีเป้าหมาย (Base year emissions goal) เป็นการกำหนดปีเป้าหมายและเป้าหมายสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐาน แบบ Single-year goal เป็นการตั้งเป้าหมายสำหรับลดก๊าซเรือนกระจกโดยกำหนดปีเป้าหมายเพียงปีเดียว เช่น เมืองที่มีการตั้งเป้าหมายสำหรับลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 20% ในปี พ.ศ. 2573 เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยของปี พ.ศ. 2556 (ปีฐาน) ดังภาพแสดง 7



ภาพ 7 การตั้งเป้าหมายสำหรับลดก๊าซเรือนกระจกแบบ Single-year goal

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562

8.2 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก

เป็นกลไกการลดก๊าซเรือนกระจกที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกจัดทำขึ้นสำหรับใช้ในการบริหารจัดการภายในประเทศ และถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 โดยมีเป้าหมายในการส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ผลิตและใช้พลังงานหมุนเวียน ภาคอุตสาหกรรมที่มีกิจกรรมการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน การจัดการของเสีย ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักที่มีศักยภาพลดก๊าซเรือนกระจก การจัดการในภาคขนส่ง รวมถึงการปลูกต้นไม้และการอนุรักษ์ฟื้นฟูป่า ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 7 ประเภทตามภาพแสดง 8

ภาพ 8 ประเภทโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย

จากประเภทโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทยทั้ง 7 ประเภทในภาพแสดง 9 มีระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทดังตาราง 2

ตาราง 2 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER Methodology) ตามมาตรฐานประเทศไทย

รหัส	ชื่อวิธีการคำนวณ
การพัฒนาพลังงานทดแทน (AE)	
T-VER-METH-AE-01	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน
T-VER-METH-AE-02	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เองหรือใช้ในชุมชนและไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่ง

ตาราง 2 (ต่อ)

รหัส	ชื่อวิธีการคำนวณ
	การพัฒนาพลังงานทดแทน (AE)
T-VER-METH-AE-03	การปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนสำหรับการผลิตพลังงานความร้อน
T-VER-METH-AE-04	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานความร้อนใหม่ทั้งระบบโดยใช้พลังงานหมุนเวียน
T-VER-METH-AE-05	การผลิตไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะหรือเครื่องจักรกล
T-VER-METH-AE-06	การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงฟอสซิลของระบบผลิตพลังงานร่วม
T-VER-METH-AE-07	การผลิตก๊าซไบโอมีเทนอัดเพื่อนำไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล
T-VER-METH-AE-08	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมใหม่โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล
รหัส	**ชื่อวิธีการคำนวณ**
	การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (EE)
T-VER-METH-EE-01	การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน
T-VER-METH-EE-02	การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงภายในอาคาร
T-VER-METH-EE-03	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมเพื่อทดแทนระบบผลิตพลังงานแบบแยกส่วน
T-VER-METH-EE-04	การติดตั้งระบบผลิตพลังงานร่วมใหม่ทั้งระบบ
T-VER-METH-EE-05	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน
T-VER-METH-EE-06	การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้า
T-VER-METH-EE-07	การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตปูนซีเมนต์
T-VER-METH-EE-08	การปรับเปลี่ยนหรือการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง
T-VER-METH-EE-09	การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงไฟฟ้าโดยการปรับปรุงกังหัน
T-VER-METH-EE-10	การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์
T-VER-METH-EE-11	การผลิตไฟฟ้าและน้ำเย็นจากระบบผลิตพลังงานร่วม
T-VER-METH-EE-12	การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

ตาราง 2 (ต่อ)

รหัส	ชื่อวิธีการคำนวณ
T-VER-METH-EE-13	การติดตั้งระบบทำน้ำเย็นแบบใช้ความร้อนเพื่อทดแทนระบบทำน้ำเย็นแบบเชิงกล
T-VER-METH-EE-14	การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง
T-VER-METH-EE-15	การปรับเปลี่ยนเครื่องสำรองไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน
T-VER-METH-EE-16	การนำพลังงานความเย็นเหลือทิ้งจากกระบวนการเปลี่ยนสถานะของแอลเอ็นจี (LNG) จากของเหลวไปเป็นก๊าซเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำเย็น
T-VER-METH-EE-17	การใช้ปั๊มความร้อนเพื่อการผลิตความร้อน
T-VER-METH-EE-18	การนำพลังงานความเย็นจากกระบวนการเปลี่ยนสถานะของแอลเอ็นจี (LNG) จากของเหลวไปเป็นก๊าซกลับมาใช้ใหม่สำหรับกระบวนการผลิตก๊าซอุตสาหกรรม
T-VER-METH-EE-19	การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร
รหัส	**ชื่อวิธีการคำนวณ**
	การจัดการของเสีย (WM)
T-VER-METH-WM-01	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย
T-VER-METH-WM-02	การเผาขยะมูลฝอยชุมชนด้วยเตาเผา
T-VER-METH-WM-03	การผลิตปุ๋ยหรือสารปรับปรุงดินจากขยะอินทรีย์
T-VER-METH-WM-04	การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน
T-VER-METH-WM-05	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการหมักของเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์
T-VER-METH-WM-06	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศขนาดเล็กเพื่อนำไปใช้ประโยชน์
T-VER-METH-WM-07	การรวบรวมก๊าซมีเทนจากการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย
T-VER-METH-WM-08	การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกร
T-VER-METH-WM-09	การคัดแยกและนำกลับคืนพลาสติกจากขยะ

ตาราง 2 (ต่อ)

รหัส	ชื่อวิธีการคำนวณ
	การจัดการในภาคขนส่ง (TM)
T-VER-METH-TM-01	การเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้า
T-VER-METH-TM-02	การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพทดแทนน้ำมันดีเซล/เบนซินชนิดพื้นฐานในการคมนาคมขนส่งทางบก
T-VER-METH-TM-03	การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางโดยใช้รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแบบราง
T-VER-METH-TM-04	การใช้ยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้าใหม่
T-VER-METH-TM-05	การใช้ยานพาหนะไฟฟ้าเพื่อทดแทนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายในในระบบขนส่งสาธารณะ
T-VER-METH-TM-06	การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางจากยานพาหนะส่วนตัวมาใช้ระบบขนส่งผู้โดยสารสาธารณะที่ใช้ยานพาหนะไฟฟ้า
รหัส	**ชื่อวิธีการคำนวณ**
	ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (FOR)
T-VER-METH-FOR-01	การปลูกป่าอย่างยั่งยืน
T-VER-METH-FOR-02	การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าและการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าในระดับโครงการ
T-VER-METH-FOR-03	การปลูกป่าอย่างยั่งยืน โครงการขนาดใหญ่
T-VER-METH-FOR-04	สวนไม้เศรษฐกิจโตเร็ว
รหัส	**ชื่อวิธีการคำนวณ**
	การเกษตร (AGE)
T-VER-METH-AGE-01	การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีในพื้นที่การเกษตร
T-VER-METH-AGE-01	การกักเก็บคาร์บอนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการปลูกพืชเกษตรยืนต้น

ตาราง 2 (ต่อ)

รหัส	ชื่อวิธีการคำนวณ
	อื่น ๆ (OTH)
T-VER-METH-OTH-01	การนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยทิ้งมาใช้ประโยชน์
T-VER-METH-OTH-02	การตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซมีเทนและการซ่อมแซมอุปกรณ์ในการผลิตและขนส่งปิโตรเลียม
T-VER-METH-OTH-03	การใช้วัสดุทดแทนหรือลดสัดส่วนปูนเม็ดในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์
T-VER-METH-OTH-04	การลดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการผลิตกรดไนตริก

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัศมี (2557) ได้ทำการศึกษาการจัดทำคาร์บอนฟุตพรินท์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตามรูปแบบการคำนวนหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย โดยพบว่า มีรูปแบบการคำนวณ 3 รูปแบบ ได้แก่ การปล่อยคาร์บอนฟุตพรินท์ในรูปแบบของคาร์บอนฟุตพรินท์ผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product) คาร์บอนฟุตพรินท์องค์กร (Carbon Footprint of Organization) และฉลากลดคาร์บอน (Carbon Reduction Label) ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกคาร์บอนฟุตพรินท์องค์กร (Carbon Footprint of Organization) มาเป็นเครื่องมือในการประเมินในครั้งนี้ โดยที่คาร์บอนฟุตพรินท์องค์กร หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยหรือดูดกลับจากกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร ประกอบด้วย การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง โดยวัดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาในรูปแบบปริมาณหน่วยน้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ขั้นตอนในการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เป็นไปตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (Carbon Footprint Organization) โดยแบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ (1) ขอบเขตที่ 1 Direct Emission ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง เช่น การเดินทางของบุคลากรโดยใช้เชื้อเพลิงที่ทางองค์กรรับผิดชอบ การเผาไหม้โดยตรงจากหม้อไอน้ำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมี (2) ขอบเขตที่ 2 Energy Indirect Emission เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อมาจากภายนอกองค์กร เช่น การใช้ไฟฟ้า

และ (3) ขอบเขตที่ 3 Indirect Emission เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่นอกเหนือจากขอบเขตที่ 1 และที่ 2 เช่น การฝังกลบขยะ การเดินทางของบุคลากรโดยไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงจากองค์กร การใช้งานกระดาษ โดย ISO 14064 ระบุไว้ว่าขอบเขตที่ 3 เป็นทางเลือกจะทำหรือไม่ทำก็ได้

โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตขององค์กร
2. กำหนดขอบเขตของการศึกษา
3. ระบุแหล่งที่มาและการคำนวณปริมาณของก๊าซเรือนกระจก
4. จัดทำรายงาน
5. การประเมินและจัดการความไม่แน่นอน (Uncertainty)

การคำนวณหาปริมาณค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ ใช้สมการ 15

$$GHG\ Emission = Activity\ Data(AD) \times Emission\ Factor(EF) \quad (15)$$

โดยสรุปจากการวิจัยดังกล่าวพบว่า มีปริมาณคาร์บอนฟุตพรินท์ทั้งหมด 34,355 tCO_2-eq/yr ตามขอบเขตที่ได้ระบุไว้ โดยที่กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพรินท์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 91 ของค่าคาร์บอนฟุตพรินท์ ดังนั้น จึงควรมีการรณรงค์และมีมาตรการในการประหยัดพลังงานในส่วนดังกล่าว

ชนินกานต์ คำยันต์ (2559) ได้วิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง ใน 3 เทศบาลต้นแบบ ได้แก่ เทศบาลนครลำปาง เทศบาลนครเชียงราย และเทศบาลตำบลหนองสำโรง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐาน 2555 โดยใช้การพิจารณาตามแนวทางของ Global Protocol For Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC) แบ่งขอบเขตการศึกษาออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ (1) ขอบเขตที่ 1 Direct emission ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (2) ขอบเขตที่ 2 Energy indirect emission เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจาก การใช้ไฟฟ้า และ (3) ขอบเขตที่ 3 Indirect emission เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ

การประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่ดำเนินการภายในเมืองใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้อง ทำการคำนวณโดยใช้สมการ 16

$$GHG\ Emission = Activity\ Data(AD) \times Emission\ Factor(EF) \quad (16)$$

นอกจากนี้ ทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุนสุดท้าย (Marginal Abatement Cost) มาช่วยการตัดสินใจ

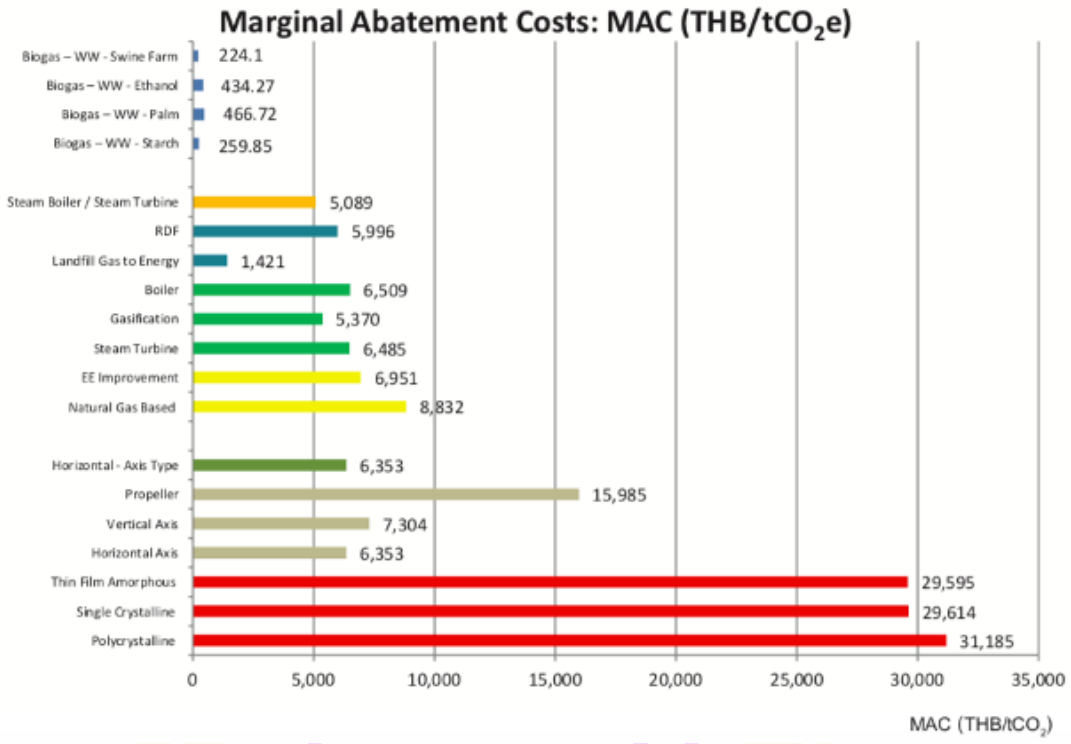
โครงการหรือเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมต่อความคุ้มค่าในการลงทุนและสามารถที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การเก็บข้อมูลและคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 3 เทศบาล พบว่า เทศบาลนครลำปางมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากการฝังกลบขยะ เทศบาลนครเชียงรายมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากการใช้ไฟฟ้าในภาคธุรกิจการค้า และเทศบาลตำบลหนองสำโรงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากการขนส่งทางบก และผลการประเมินแนวทางเลือกเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีวิเคราะห์ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของข้อเสนอ 3 ทางเลือก ได้แก่ การเพิ่มจำนวนติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป การเพิ่มการใช้หลอดไฟ LED ในครัวเรือน และการปรับรูปแบบการจัดการขยะด้วยเทคโนโลยี RDF ซึ่งพบว่า ต้นทุนต่อหน่วยสุดท้ายจะมีค่าเท่ากับ –118.72, –87.53,–61.72 Baht/kgCO_2 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนี้ ทำให้สามารถทราบถึงแหล่งหรือกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมากได้ เพื่อจัดการหรือหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในจุดนั้น ๆ และการวิเคราะห์หาต้นทุนหน่วยสุดท้าย สามารถบ่งบอกถึงเทคโนโลยีหรือโครงการใด ๆ ที่จะสามารถสร้างผลกำไรและสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง

เหมือนจิต แจ่มศิลป์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าเพื่อการลดก๊าซเรือนกระจก โดยมีวิธีการศึกษา ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนตามลำดับ คือ (1) การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope Definition) (2) การจัดประเภทของเทคโนโลยีที่ทำการวิเคราะห์ (Technology Classification) (3) การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) และการพัฒนาข้อมูลทางการเงิน (Cash Flow Worksheet) และ (4) การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics Analysis)

การวิเคราะห์เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าเพื่อการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของเทคโนโลยีแต่ละประเภท พบว่า เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar PV) มีต้นทุนต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงที่สุด โดยมีค่าระหว่าง 2.96 – 3.27 บาท/กิโลวัตต์–ชั่วโมง (คิดจากปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ โดยโครงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีอายุโครงการตามที่รายงานใน PDD ระหว่าง 20–30 ปี) และมีระยะเวลาคืนทุนระหว่าง 7.35 – 8.97 ปี สำหรับเทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่ำที่สุด คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานโดยใช้ระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration) ซึ่งมีต้นทุน 0.34 บาท/กิโลวัตต์–ชั่วโมง มีระยะเวลาคืนทุน 2.27 ปี โดยผลการเปรียบเทียบต้นทุนส่วนเพิ่มของการลดก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ พบว่า เทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

(Biogas) มีต้นทุนต่ำที่สุด โดยมีค่าระหว่าง 224.10 – 466.72 บาทต่อตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เนื่องจากโครงการประเภทก๊าซชีวภาพสามารถลดก๊าซเรือนกระจกประเภทก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งมีค่าศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า ส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีต้นทุนส่วนเพิ่มของการลดก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ระหว่าง 29,595 – 31,185 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เนื่องจากโครงการมีเงินลงทุนเริ่มต้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ดังภาพ 9

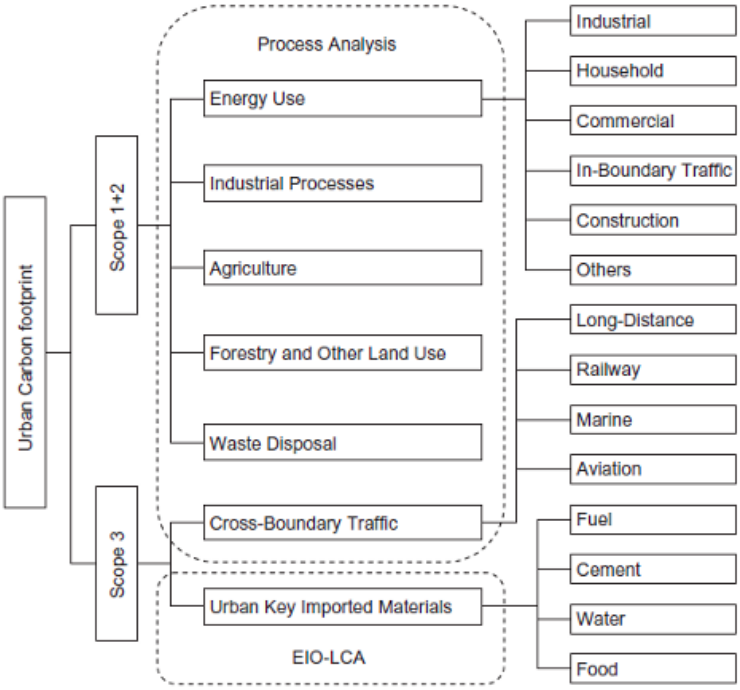


ภาพ 9 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนส่วนเพิ่มของการลดก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ

ที่มา: เหมือนจิต แจ่มศิลป์ และคณะ, 2558

Lin et al. (2013) ได้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองเซียะเหมินในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยแบ่งขอบเขตของการศึกษาเป็น 2 ขอบเขต ได้แก่ (1) ขอบเขตที่ 1 ร่วมกับ ขอบเขตที่ 2 (การใช้พลังงานในภาคส่วนต่าง ๆ การใช้เชื้อเพลิงใน

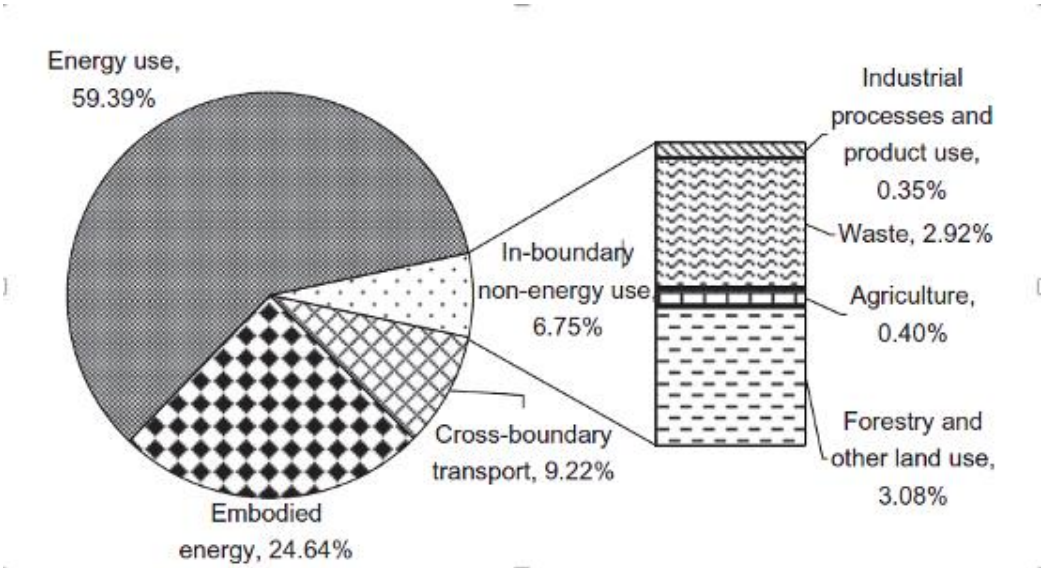
ภาคอุตสาหกรรม การเกษตร การจัดการขยะ การขนส่งภายในเมือง และการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดินและป่าไม้) และ (2) ขอบเขตที่ 3 (การนำเข้าวัตถุดิบ/วัสดุต่าง ๆ) รายละเอียดดังภาพที่ 10 โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการประเมินจะอ้างอิงวิธีการของการประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ระดับเมืองแบบไฮบริดและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอ้างอิงจากคู่มือ IPCC 2006



ภาพ 10 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพรินท์ระดับเมืองแบบไฮบริด

ที่มา: Lin et al., 2013

ผลการวิจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองเซียะเหมิน ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนนี้ พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในภาคส่วนต่าง ๆ มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.39 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาคือ การขนส่งวัตถุดิบและวัสดุต่าง ๆ เข้ามาภายในเมือง การขนส่งระหว่างเมือง การเกษตรและการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการอุตสาหกรรม มีสัดส่วนร้อยละ 24.64, 9.22, 0.40 และ 0.35 ตามลำดับ รายละเอียดดังภาพ 11



ภาพ 11 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองเซียะเหมิน ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนในปี ค.ศ. 2013

ที่มา: Lin et al., 2013

ธารินี แสงทอง (2557) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยเน้นที่การใช้หลักการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ด้วยหลักการทางเศรษฐมิติ โดยการนำวิธีการประเมินต้นทุนของการดำเนินโครงการด้านพลังงานและนำผลการดำเนินโครงการดังกล่าวไปประเมินต่อถึงผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และยังศึกษาถึงศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำขนาดเล็ก พลังงานชีวมวล ก๊าซชีวภาพและพลังงานขยะ พบว่าในช่วงปีแรกของการลงทุนจะมีมูลค่าการลงทุนที่สูง แต่หากพิจารณาในระยะยาวจะทำให้ส่วนต่างของรายรับที่ได้จากการขายไฟฟ้ากับรายจ่ายมีช่วงที่แตกต่างมากขึ้น ทำให้ต้นทุนต่อหน่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง โดยปี พ.ศ. 2553 มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.69 $MtCO_2eq$ ต่อปี และค่าต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดก๊าซเรือนกระจกมีค่าระหว่าง 13,462 ถึง 479,250 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ และในปี พ.ศ. 2573 จะมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 38.88 $MtCO_2eq$ ต่อปี และค่าต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดก๊าซเรือนกระจกมีค่าระหว่าง -9,322 ถึง 4,082 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์

Selvakkumaran et al. (2557) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองภาคพลังงานในภาคอุตสาหกรรมไทยและประเมินศักยภาพในการลดผลกระทบระยะเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2593 โดยอาศัยหลักการของเมืองคาร์บอนต่ำ จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่า ศักยภาพในการลดมลภาวะในปี พ.ศ. 2593 เมื่อเทียบกับสถานการณ์พื้นฐานสามารถลดผลกระทบต่อความมั่นคงด้านพลังงานประมาณ 20% เมื่อเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐานจะอยู่ที่ประมาณ 377 $MtCO_2eq$ ในภาคอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนี้ (1) การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีใหม่ และ (2) เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากเครื่องทำความร้อนและลดการใช้ไฟฟ้าหลัก และยังได้ทำการประเมินภาษีการปล่อยคาร์บอนที่เป็นสิ่งสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับต้นทุนเพิ่มในการลดมลภาวะ (Marginal Abatement Costs: MAC)

บทที่ 3

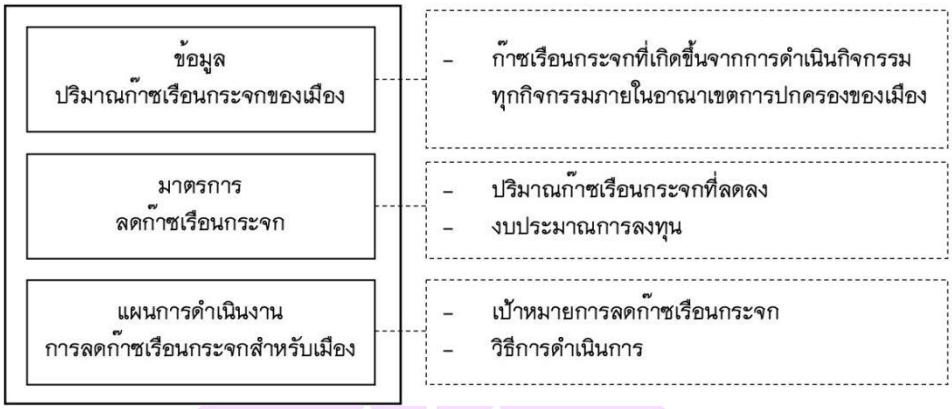
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่อง การประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา และเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทเทศบาลเมืองพะเยา มีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดงานวิจัย
2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
   2.1 การจัดเก็บข้อมูลกิจกรรม
   2.2 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก
   2.3 การรายงานข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก
   2.4 การหาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก

แนวคิดงานวิจัย

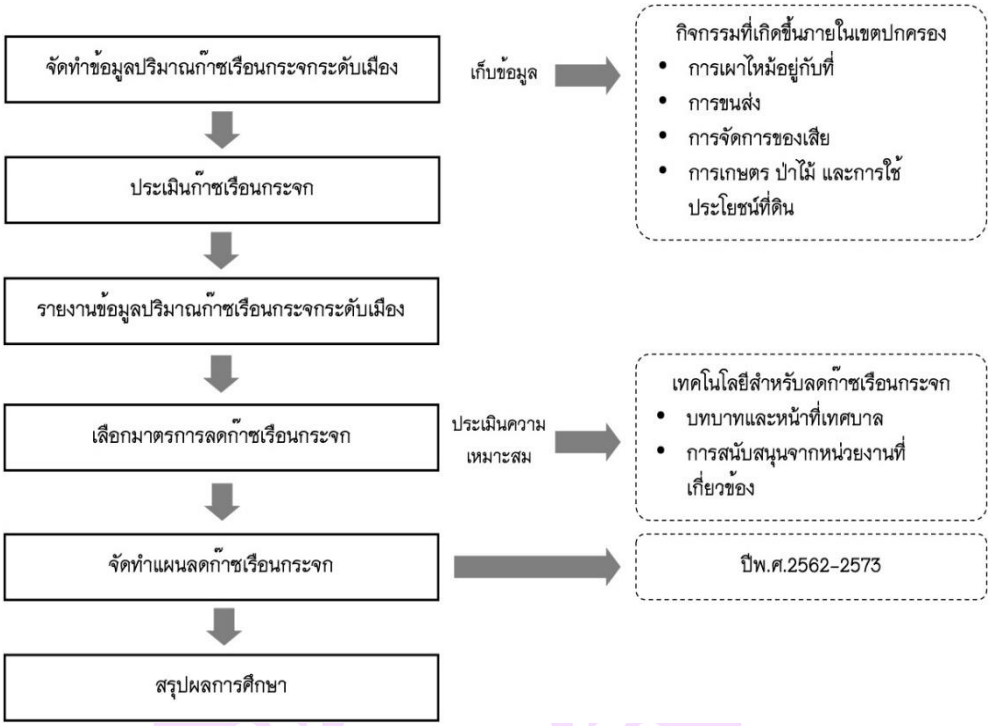
การประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองที่เหมาะสมกับบริบทมีขอบเขตการดำเนินงานตามขอบเขตการปกครองของเมือง กำหนดขึ้นจากอาณาเขตตามภูมิศาสตร์ทางการเมือง (Geopolitical boundary) ครอบคลุมกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเมืองทั้งหมด ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ทำการจำแนกตามขอบเขตและประเภทของกลุ่มกิจกรรม เพื่อนำไปสู่กระบวนการพิจารณาคัดเลือกมาตรการ สำหรับปรับประยุกต์ใช้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม การพัฒนาเมืองให้มีความชาญฉลาดด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มีกรอบแนวคิดงานวิจัย ดังภาพ 12



ภาพ 12 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อมูลการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เพื่อกำหนดกรอบการทำงานสำหรับเก็บข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเมือง โดยข้อมูลกิจกรรมทุกกิจกรรมจะถูกนำไปคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นแล้วรายงานผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองเพื่อใช้เป็นข้อมูล สำหรับเป็นปีฐาน ในการกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของเมือง และใช้พิจารณาหามาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมในแต่ละกิจกรรม ตลอดจนการจัดทำแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของเมืองตามแนวทางการพัฒนาเมืองสู่ความยั่งยืนลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานเป็นไปตามคู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2559) และคู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ (Carbon City) (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2562) ดังภาพ 13

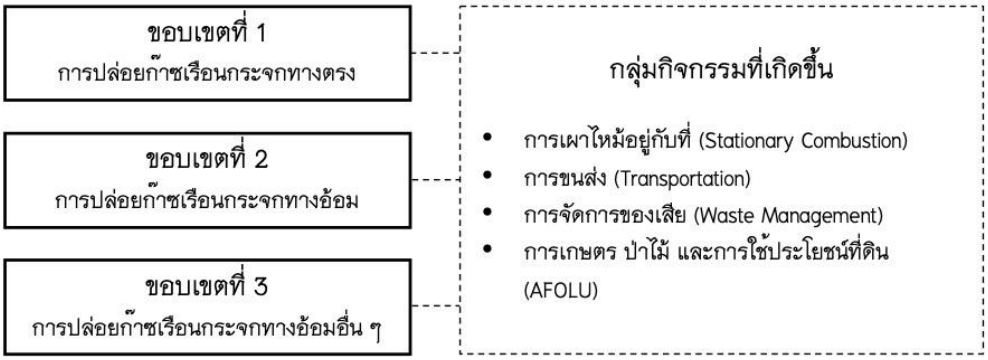


ภาพ 13 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การจัดเก็บข้อมูลกิจกรรม

1.1 กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน และกิจกรรมที่เกิดขึ้น

การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง แบ่งข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม และการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ในแต่ละขอบเขตจัดกลุ่มกิจกรรมออกเป็น 4 กลุ่มกิจกรรม คือ กิจกรรมการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) กิจกรรมการขนส่ง (Transportation) กิจกรรมการจัดการของเสีย (Waste Management) และกิจกรรมการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture, Forestry and Other Land Use: AFOLU) ดังภาพ 14

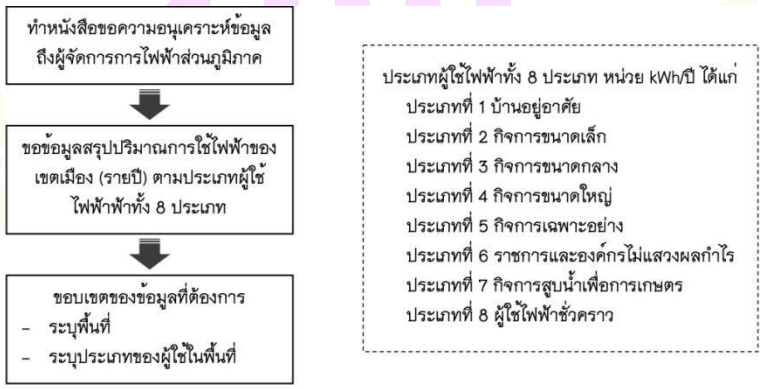


ภาพ 14 ขอบเขตการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรม เป็นการเก็บข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาณาเขตการปกครองของเมือง ซึ่งจะทำการจัดเก็บข้อมูลย้อนหลัง โดยเลือกข้อมูลปฐมภูมิเป็นอันดับแรก กรณีที่ไม่มีข้อมูลปฐมภูมิจึงเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิ โดยใช้วิธีการจัดเก็บข้อมูลในแต่ละกลุ่มกิจกรรม ดังนี้

2.1 กลุ่มกิจกรรมการเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (Stationary Cumbustion)

2.1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าทุกภาคส่วน จัดเก็บข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขั้นตอนและวิธีการตามภาพ 15



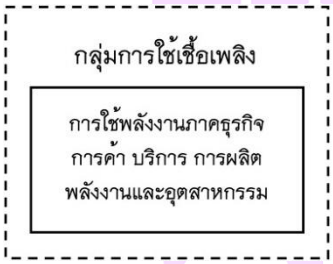
ภาพ 15 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า

2.1.2 การเชื้อเพลิงในส่วนที่พักอาศัย ไม่รวมการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ จัดเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังภาพ 16

ข้อมูลที่ต้องการ	แหล่งข้อมูล
การใช้พลังงานของประเทศต่อครัวเรือน	สถิติแห่งชาติ
จำนวนประชากรในเขตเทศบาล	เทศบาล

ภาพ 16 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในส่วนที่พักอาศัย

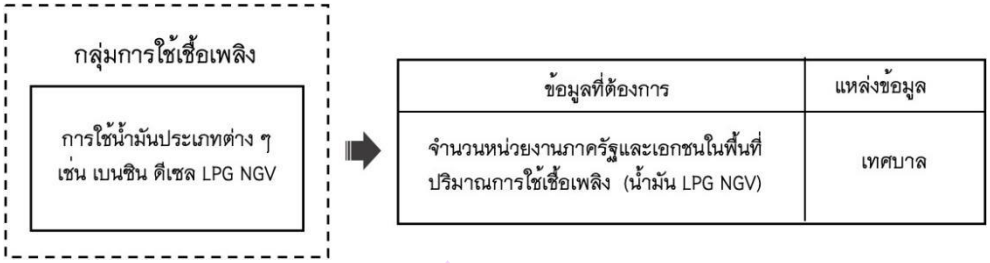
2.1.3 การใช้เชื้อเพลิงในภาคธุรกิจร้านค้า บริการ การผลิตพลังงานและอุตสาหกรรม จัดเก็บข้อมูลจากเทศบาล เป็นข้อมูลของธุรกิจการค้าที่ตั้งอยู่ภายในเขตเทศบาล ดังภาพ 17



ข้อมูลที่ต้องการ	แหล่งข้อมูล
รายงานประเภทธุรกิจ (ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ) 13 ประเภทกิจการ ตาม พรบ. สาธารณสุข	เทศบาล

ภาพ 17 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในภาคธุรกิจร้านค้า บริการ การผลิตพลังงานและอุตสาหกรรม

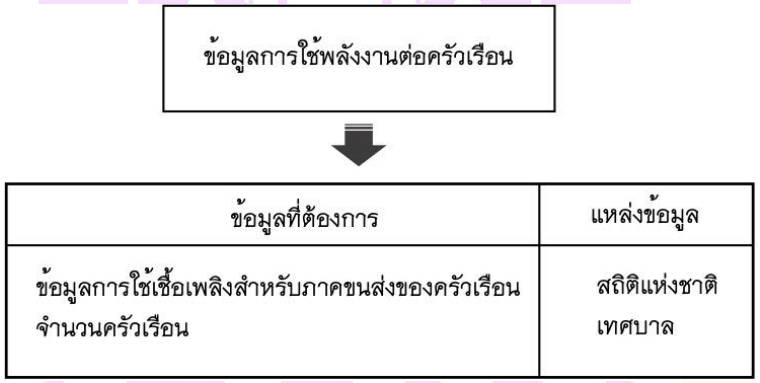
2.1.4 การเชื้อเพลิงในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ประกอบไปด้วยการใช้น้ำมันและเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ จัดเก็บข้อมูลจากเทศบาล ดังภาพแสดง 18



ภาพ 18 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน

2.2 กลุ่มกิจกรรมการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (Transportation)

2.2.1 การใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะส่วนบุคคล จัดเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังภาพแสดง 19



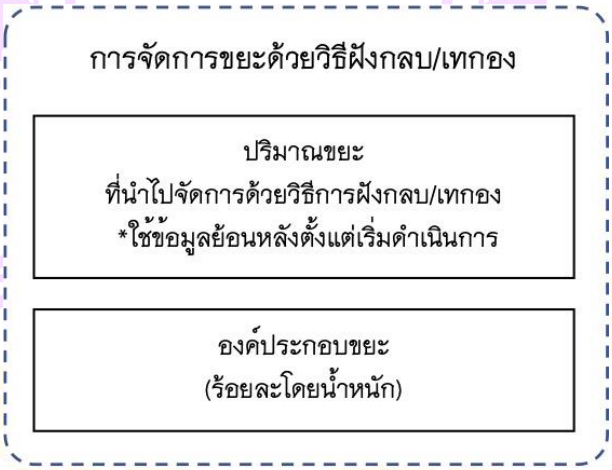
ภาพ 19 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะส่วนบุคคล

2.2.2 การใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะที่ให้บริการสาธารณะ จัดเก็บข้อมูลจากเทศบาล ดังภาพแสดง 20

ภาพ 20 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะที่ให้บริการสาธารณะ

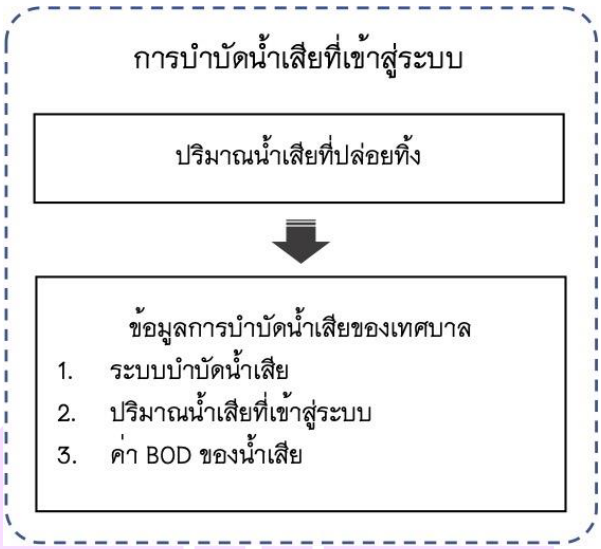
2.3 กลุ่มกิจกรรมการจัดการของเสีย (Waste Management)

2.3.1 การจัดการของเสียด้วยวิธีการฝังกลบ/เทกอง จัดเก็บข้อมูลจากเทศบาล ดังภาพ 21



ภาพ 21 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการจัดการขยะ

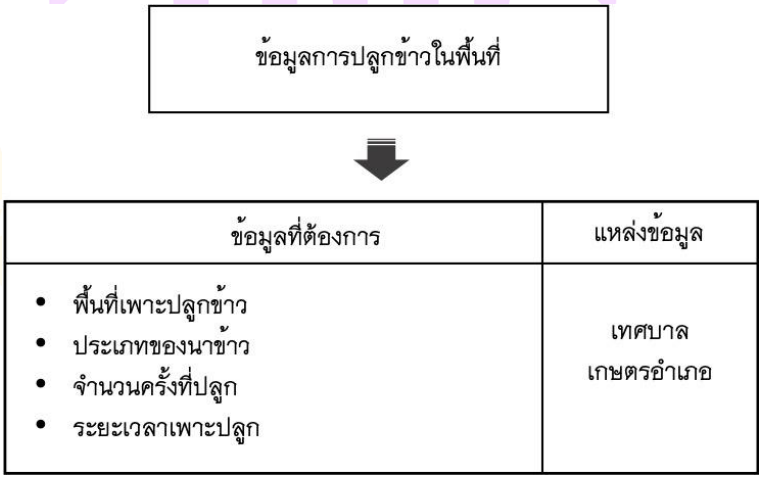
2.3.2 การจัดการน้ำเสีย จัดเก็บข้อมูลจากการบำบัดน้ำเสียของทางเทศบาล ดังภาพ 22



ภาพ 22 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการจัดการน้ำเสีย

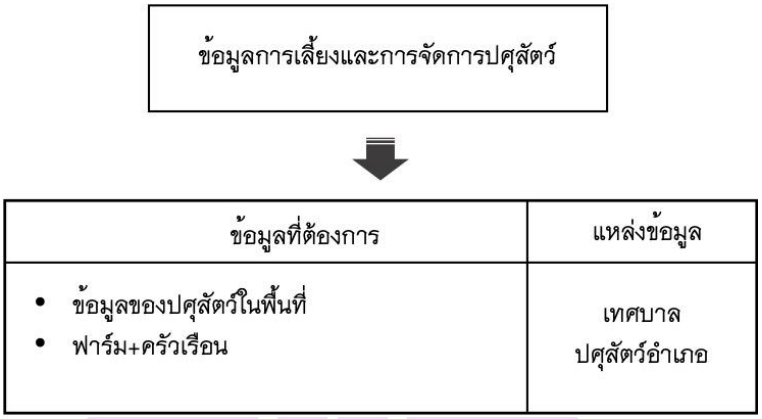
2.4 กลุ่มกิจกรรมการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (AFOLU)

2.4.1 การเพาะปลูกข้าวภายในเขตเทศบาล จัดเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังภาพ 23



ภาพ 23 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการเพาะปลูกข้าว

2.4.2 การเลี้ยงและการจัดการปศุสัตว์ จัดเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังภาพ 24



ภาพ 24 การเก็บข้อมูลกิจกรรมการเลี้ยงและการจัดการปศุสัตว์

2. การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเมืองสามารถประเมินได้ 2 วิธี คือ จากการคำนวณโดยการนำข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561) ตามสมการที่ 1 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตามภาคผนวก ค และ การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งจะใช้สมการคำนวณเฉพาะของในแต่ละกิจกรรม เช่น การจัดการขยะและของเสีย การเกษตรและปศุสัตว์ เป็นต้น

3. การรายงานข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การรายงานข้อมูลผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกเป็นไปตามระเบียบวิธีการรายงานตามคู่มือ GPC คู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ (2562ข) ใช้การรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Basic ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 1 จากกลุ่มการเผาไหม้อยู่กับที่ (ยกเว้นการผลิตไฟฟ้าและส่งเข้าสายส่ง)

3.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 1 จากกลุ่มขนส่ง

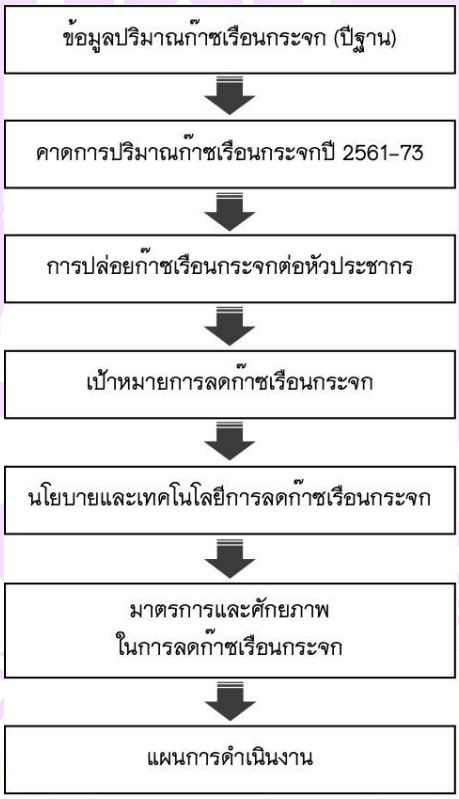
3.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 1 จากกลุ่มการจัดการของเสีย (ยกเว้นของเสียที่ถูกน้ำเข้าจากนอกเขตเมืองมาจัดการภายในเมือง)

3.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 2 จากกลุ่มการเผาไหม้อยู่กับที่และกลุ่มขนส่ง

3.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 3 จากกลุ่มการจัดการของเสีย (ของเสียที่เกิดขึ้นภายในเขตเมืองแต่ถูกนำไปจัดการนอกเขตเมือง)

4. การหาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก

การหาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับเมือง เป็นกระบวนการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การจัดหาเทคโนโลยีหรือมาตรการที่มีความเหมาะสมเพื่อนำไปจัดทำแผนการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองให้เป็นไปตามเป้าหมาย โดยมีขั้นตอนและกระบวนการสำหรับดำเนินงาน ดังภาพ 25



ภาพ 25 ขั้นตอนการหาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก

จากภาพแสดง 25 ขั้นตอนการหาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานประกอบไปด้วย

4.1 ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ปีฐาน) หมายถึง ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในปีที่ทำการประเมิน

4.2 การคาดการปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นการพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้น คำนวณโดยใช้ปีที่มีการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกเป็นปีฐาน ร่วมกับตัวแปรในแต่ละกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในเมือง เพื่อให้ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหากไม่มีการดำเนินการใด ๆ สำหรับใช้ในการกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของเมือง

4.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรเป็นวิธีการแสดงนำเสนอข้อมูลค่าเฉลี่ยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นต่ออัตราประชากรที่อยู่ในเขตปกครองของเทศบาลเมืองพะเยา

4.4 เป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจก เป็นการกำหนดเป้าหมายว่าเมืองจะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงตามนโยบายการพัฒนาประเทศที่ต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 ของปีฐาน ภายในปี พ.ศ.2573

4.5 นโยบายและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษานโยบายและเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเมือง

4.6 มาตรการและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้ทำการคัดเลือกสำหรับปรับประยุกต์ใช้กับเมือง

4.7 แผนดำเนินงาน เป็นการการกำหนดระยะเวลาของการดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองที่เหมาะสม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

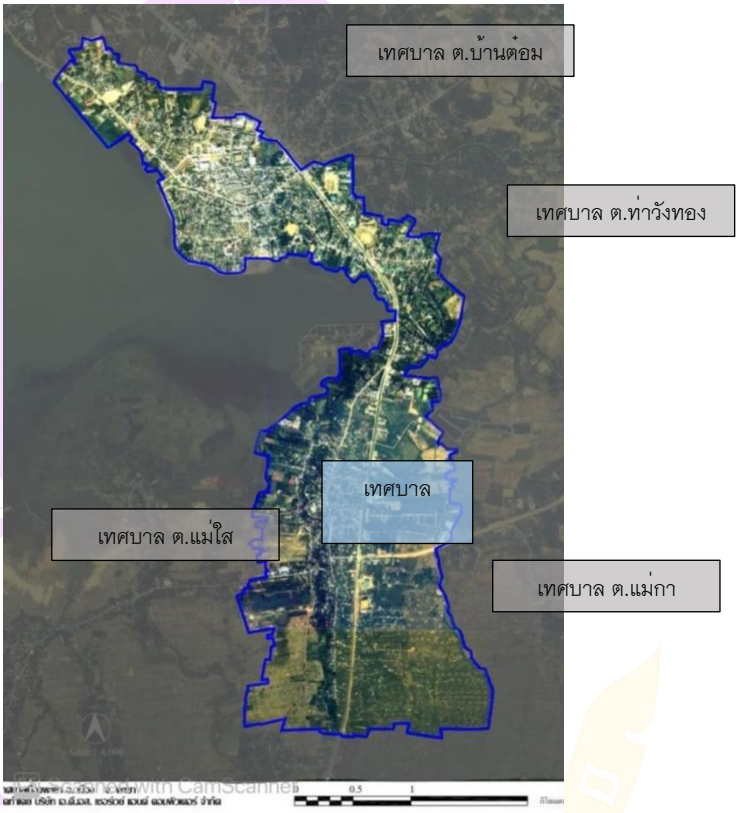
ผลการวิจัยเรื่อง การประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา และเพื่อนำเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทเทศบาลเมืองพะเยา แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของเทศบาลเมืองพะเยา
2. ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองกรณีเทศบาลเมืองพะเยา
    2.1 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1
    2.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2
    2.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3
    2.4 รายงานข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก
3. แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
    3.1 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีปกติ
    3.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากร
    3.3 เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก
    3.4 นโยบายและเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง
    3.5 มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม
    3.6 แผนดำเนินงาน
4. อภิปรายผล

ข้อมูลทั่วไปของเทศบาลเมืองพะเยา

เทศบาลเมืองพะเยา ตั้งอยู่ในบริเวณอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยมีพื้นที่อยู่ในความรับผิดชอบประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร หรือ 5,625 ไร่ ประกอบด้วย 2 ตำบล ได้แก่ ตำบลเวียง และตำบลแม่ต๋ำ มีชุมชนจำนวน 14 ชุมชน ประกอบไปด้วย (1) ชุมชนวัดป่าลานคำ (2) ชุมชนวัดอินฐาน (3) ชุมชนวัดภูมินทร์ (4) ชุมชนวัดเมืองชุม (5) ชุมชนวัดศรีจอมเรือง (6) ชุมชนวัดลี (7) ชุมชนวัดหัวข่วงแก้ว (8) ชุมชนวัดราชคฤห์ (9) ชุมชนวัดศรีอุโมงค์คำ (10) ชุมชนวัดหลวงราชสัณฐาน (11) ชุมชนวัดอาวาส (12) ชุมชนวัดบุญยืน (13) ชุมชนวัดศรีโคมคำ และ

(14) ชุมชนร่มโพธิ์ทอง จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองพะเยาในปี พ.ศ. 2561 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 16,939 คน แยกเป็นชาย 7,836 คน หญิง 9,063 คน จำนวนครัวเรือน 8,113 ครัวเรือน ความหนาแน่นประชากรเฉลี่ย 1,882 คนต่อตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศตั้งอยู่ในพื้นที่ราบ สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 300 เมตร ด้านอาณาเขตพื้นที่และเขตติดต่อดังภาพ 26



ภาพ 26 พื้นที่ความรับผิดชอบเทศบาลเมืองพะเยา

ที่มา: เทศบาลเมืองพะเยา, 2561

1. ด้านโครงสร้างพื้นฐาน การคมนาคม การจราจร ถนนสายประธาน ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 1 (ถนนพหลโยธิน) ซึ่งมีจุดเริ่มต้นจากกรุงเทพมหานคร และสิ้นสุดที่จังหวัดเชียงราย ปัจจุบันเส้นทางนี้มีปริมาณการจราจรค่อนข้างสูง ถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนสายพหลโยธิน หรือ ทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 1202 ถนนสายรอง ได้แก่ ถนนทางหลวงท้องถิ่นเทศบาลในชุมชนเทศบาล ซึ่งเป็นถนนลาดยางและคอนกรีตเสริมเหล็ก การไฟฟ้า ใน

เขตเทศบาลเมืองพะเยา มีไฟฟ้าใช้ครอบคลุมทุกชุมชน โดยมีจำนวนครัวเรือนที่ใช้ไฟฟ้าครบทุกครัวเรือน ส่วนไฟฟ้าสาธารณะมีครอบคลุมถนนเกือบครบทุกสาย การประปา สำนักงานประปาพะเยาซึ่งเป็นหน่วยงานของการประปาส่วนภูมิภาคเป็นผู้ให้บริการน้ำประปาในเขตเทศบาลเมืองพะเยาโดยมีกว๊านพะเยาเป็นแหล่งน้ำดิบ ปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้ในแต่ละวันมีจำนวน 17,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน

2. ด้านเศรษฐกิจ โครงสร้างทางเศรษฐกิจของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองพะเยาประกอบด้วย ภาคเกษตรกรรม การพาณิชยกรรม การอุตสาหกรรม และการบริการ สำหรับภาคการเกษตร ในเขตเทศบาลเมืองพะเยา มีผู้ประกอบการ อาชีพการเกษตร ได้แก่ การทำนา ทำไร่ ทำสวน การปลูกพืชสวนครัว การเลี้ยงสัตว์ โดยภาคการเกษตรจะอยู่ในบริเวณตำบลแม่ต๋ำเป็นส่วนใหญ่ และประกอบอาชีพประมงเพียงเล็กน้อย อุตสาหกรรมในเขตเทศบาลเมืองพะเยา เป็นอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดเล็ก ซึ่งใช้วัตถุดิบจากภาคการเกษตร ได้แก่ โรงสีข้าว โรงโม่แป้ง โรงทำเส้นหมี่ เส้นก๋วยเตี๋ยว โรงงานทำลูกชิ้น นอกจากนั้นยังมีโรงพิมพ์และโรงซ่อมรถยนต์ต่าง ๆ โดยมีอุตสาหกรรมจำนวนทั้งสิ้น 84 แห่ง การพาณิชยกรรมและการบริการในเขตเทศบาลเมืองพะเยา มีตลาดสด 6 แห่ง คือ ตลาดสดพะเยาอาเขต ตลาดสดเฉลิมศักดิ์ ตลาดสดข้างโรงเรียนเทศบาล 3 ตลาดสดแม่ต๋ำ ตลาดสดหน้าวัดป่าลานคำ และตลาดสดชุมชนแม่ต๋ำสายในการท่องเที่ยว มีกว๊านพะเยาเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญในเขตเทศบาลเมืองพะเยา นอกจากนี้มีสถานที่สำคัญ ได้แก่ อนุสาวรีย์พ่อขุนงำเมือง พระตำหนักกว๊านพะเยา โบราณสถาน ประกอบด้วย วัดศรีโคมคำ หรือวัดพระเจ้าตนหลวง วัดลี วัดหลวงราชสัณฐาน วัดพระธาตุจอมทอง เป็นต้น โรงแรมที่พักมีจำนวนเพียงพอสำหรับนักท่องเที่ยว ด้วยนักท่องเที่ยวจะมีจำนวนมากในวันหยุดและเทศกาลต่าง ๆ แต่นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศมักจะแวะชมกว๊านพะเยา และแวะพักรับประทานอาหารเท่านั้น โดยไม่พักค้างคืน เนื่องจากจังหวัดพะเยามีพื้นที่ติดกับจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่และลำปาง การเดินทางทางรถยนต์มีความสะดวกและรวดเร็ว

ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองกรณีเทศบาลเมืองพะเยา

การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองกรณีเทศบาลเมืองพะเยา คำนวณได้จากข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาณาเขตการปกครองของเทศบาลฯ ทั้งหมดในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม ปี พ.ศ. 2561 โดยแบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต ตามอาณาเขตการปกครองของเมือง และจำแนกออกเป็น 4 กลุ่มกิจกรรม ตามคำแนะนำของคู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (อบก., 2559) ดังนี้

1. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 (Direct emission) ประกอบด้วย

1.1 กลุ่มกิจกรรมการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) เป็นกิจกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงในส่วนของภาคที่พักอาศัย ธุรกิจร้านค้าและบริการ การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าวคำนวณด้วย สมการที่ 1 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและผลการคำนวณ ดังตาราง 3

ตาราง 3 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงภาคครัวเรือน และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงภาคครัวเรือน ปี พ.ศ. 2561

รายการ	เทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561 (จำนวน 8,113 ครัวเรือน)				
	มูลค่าการใช้พลังงานต่อปี (บาท)	ราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วยเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2561 (บาท)	ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด (กิโลกรัม)	ค่าสัมประสิทธิ์ (EF)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2-eq)
LPG ครัวเรือน	5,257,224.00	23.57	223,047.26	3.1133	694.41
ถ่านไม้และฟืน	3,115,392.00	13.00	239,645.54	3.4039	815.74
รวมทั้งหมด					**1,510.15**

หมายเหตุ: ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในส่วนที่พักอาศัย คำนวณจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประเภทต่าง ๆ ต่อครัวเรือนของจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2561 (ต่อเดือน) แสดงในภาคผนวก ฉ

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562

ผลการประเมินในตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงในกลุ่มกิจกรรมการเผาไหม้อยู่กับที่ มีจำนวนทั้งสิ้น 1,510.15 tCO_2-eq โดยมาจากการใช้เชื้อเพลิงประเภท ถ่านไม้/ฟืน และ ก๊าซ LPG

1.2 กลุ่มกิจกรรมการขนส่ง (Transportation) เป็นกิจกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งทางถนนทุกประเภทที่เกิดขึ้นภายในเขตเทศบาลฯ การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าว คำนวณด้วยสมการ 1 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและผลการคำนวณ ดังตาราง 4

ตาราง 4 ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิง (กลุ่มกิจกรรมการขนส่ง) ปี พ.ศ. 2561

	เทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561 (จำนวน 8,113 ครัวเรือน)				
รายการ	**มูลค่าการใช้พลังงานต่อปี (บาท)**	**ราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วยเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2561 (บาท)**	**ปริมาณการใช้พลังงาน ทั้งหมด (ลิตร)**	**ค่าสัมประสิทธิ์ (EF)**	**ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2-eq)**
น้ำมันเบนซิน	2,920,680.00	35.90	81,365.43	2.2376	182.60
น้ำมันดีเซล	45,075,828.00	28.48	1,582,626.06	2.7446	4,343.67
แก๊สโซฮอล์	52,280,172.00	26.40	1,980,434.57	2.2376	4,431.42
LPG รถยนต์	876,204.00	12.89	67,979.88	1.7226	117.10
ไบโอดีเซล	194,712.00	28.48	6,836.40	2.6265	17.96
รวมทั้งหมด					**9,092.75**

หมายเหตุ: ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการขนส่ง คำนวณจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประเภทต่าง ๆ ต่อครัวเรือนจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2561 (ต่อเดือน) แสดงในภาคผนวก ฉ

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562

จากผลการประเมินในตาราง 4 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงกลุ่มกิจกรรมการขนส่ง มีจำนวนทั้งสิ้น 9,092.75 tCO_2-eq โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทแก๊สโซฮอล์ที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดรองลงมาเป็นการใช้น้ำมันดีเซล ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดมาจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทไบโอดีเซล เนื่องจากมีปริมาณการใช้งานเพียงเล็กน้อย

1.3 กลุ่มกิจกรรมการจัดการน้ำเสีย (Wastewater Treatment) การดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียของเทศบาลเมืองพะเยา แบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1.3.1 การจัดการน้ำเสียรูปแบบที่ 1 เป็นน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองพะเยา เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งเติมอากาศแบบแฟคคัลเตทีฟ (Facultative Pond) ปริมาณน้ำเสียที่บำบัดประมาณ 3,500 ลบ.ม./วัน การบริการครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 5 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 58 ของพื้นที่ทั้งหมดแหล่งกำเนิดน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากหน่วยงานราชการและหน่วยงานเอกชน จำนวน 11 แห่ง เกิดจากโรงแรม 7 แห่ง

ตลาดสด 3 แห่ง หมู่บ้านจัดสรรและห้างสรรพสินค้า ประเภทละ 1 แห่งตามลำดับ โดยมีบ่อบำบัดน้ำเสียจำนวน 3 บ่อ ได้แก่

1) บ่อผึ่ง 1 บ่อผึ่งเติมอากาศแบบแฟคคัลเตทีฟ (Facultative ขนาดพื้นที่บ่อ 31 ไร่ ความลึก 3.5 เมตร ปริมาณน้ำเสียที่สามารถกักเก็บ 173,600 ลูกบาศก์เมตร กำหนดระยะเวลาเก็บน้ำเสีย 15 วัน

2) บ่อผึ่ง 2 บ่อผึ่งเติมอากาศแบบแฟคคัลเตทีฟ (Facultative) ขนาดพื้นที่บ่อ 17 ไร่ ความลึก 3.5 เมตร ปริมาณน้ำเสียที่สามารถกักเก็บ 95,200 ลูกบาศก์เมตร กำหนดระยะเวลาเก็บน้ำเสีย 5 วัน

3) บ่อบ่ม 3 (Maturation Pond) ขนาดพื้นที่บ่อ 15 ไร่ ความลึก 3.5 เมตร ปริมาณน้ำเสียที่สามารถกักเก็บ 84,000 ลูกบาศก์เมตร กำหนดระยะเวลาเก็บน้ำเสีย 7 วัน ก่อนระบายสู่ลำห้วยร่องค้านซึ่งเป็นแหล่งน้ำสาธารณะ

ข้อมูลปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดฯ เป็นข้อมูลที่ทางเทศบาลเมืองพะเยา ได้สำรวจและจัดเก็บในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวนทั้งสิ้น 2,036,402.19 ลบ.ม. รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ช ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการน้ำเสียด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งเติมอากาศแบบแฟคคัลเตทีฟ (Facultative) ประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition) และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการย่อยสลายของสารประกอบไนโตรเจน การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าวคำนวณด้วยสมการ 6, 7, 8 และสมการที่ 9 ผลการคำนวณ ดังตาราง 5

ตาราง 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561

ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์		
ประเภทระบบบำบัดฯ อ้างอิง MCF ตาม	บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) คู่มือ IPCC 2006 (default)	
MCF	0.80	%
B_0	0.60	kg CH_4/kg BOD
EF	0.48	kg CH_4/kg BOD
Total Organics (TOW)	23,143.36	kg BOD/yr
Sludge Removed (s)	-	kg BOD/yr
Recover ®	-	kg BOD/yr

ตาราง 5 (ต่อ)

ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์		
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		
Emissions	11,108.81	kg CH_4
Emissions	277.72	tCO_2-eq

หมายเหตุ: ความสามารถที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนของการบำบัดน้ำเสีย และแฟคเตอร์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียหรือตะกอนจุลินทรีย์สำหรับใช้ในการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ

1.3.2 การจัดการน้ำเสียรูปแบบที่ 2 เป็นน้ำเสียที่ไม่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 4 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 42 ของพื้นที่ทั้งหมด แหล่งกำเนิดน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากภาคครัวเรือนและภาคการเกษตร จำนวนทั้งสิ้น 905,067.64 ลบ.ม. หาได้จากอัตราเฉลี่ยการเกิดน้ำเสียเฉลี่ยต่อจำนวนพื้นที่ของเทศบาลฯ โดยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition) และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการย่อยสลายของสารประกอบไนโตรเจน การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าวคำนวณด้วยสมการ 6, 7, 8 และสมการ 9 ผลการคำนวณดังตาราง 6

ตาราง 6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งทั่วไปภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561

ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์		
ประเภทระบบบำบัดฯ อ้างอิง MCF ตาม	บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) คู่มือ IPCC 2006 (default)	
MCF	0.10	%
B_0	0.60	kg CH_4/kg BOD
EF	0.06	kg CH_4/kg BOD
Total Organics (TOW)	23,143.36	kg BOD/yr
Sludge Removed (s)	-	kg BOD/yr
Recover ®	-	kg BOD/yr
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		
Emissions	10,860.81	kg CH_4
Emissions	271.52	tCO_2-eq

หมายเหตุ: ความสามารถที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนของการบำบัดน้ำเสีย และแฟคเตอร์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียหรือตะกอนจุลินทรีย์ จากภาคผนวก จ

จากตาราง 5 และ 6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองพะเยา และน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งทั่วไป รวมทั้งสิ้น 549.24 tCO_2–eq

1.4 กลุ่มกิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน (AFOLU) กิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน (AFOLU) กิจกรรมที่เกิดขึ้นประกอบด้วย กิจกรรมการเพาะปลูกข้าว และกิจกรรมด้านปศุสัตว์การเลี้ยงโคเนื้อ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.4.1 กิจกรรมการเพาะปลูกข้าว โดยมีข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูกข้าวภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา เป็นข้อมูลจากแผนที่จัดเก็บภาษีของเทศบาลเมืองพะเยา มีพื้นที่ 307.86 ไร่ (เทศบาลเมืองพะเยา, 2561) มีการดำเนินการปีละ 1 ครั้ง คือ การทำนาตามฤดูกาล โดยทำนาในช่วงฤดูฝน ข้าวที่เลือกมาปลูกส่วนมากจะเป็นข้าวที่ไม่ไวต่อแสง สามารถปลูกได้ดีในช่วงที่มีน้ำมาก

การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าวคำนวณด้วย สมการ 13 ข้อมูลจำนวนพื้นที่เพาะปลูกและผลการคำนวณ ดังตาราง 7

ตาราง 7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการปลูกข้าวภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561

ลำดับที่	ประเภทนาข้าว	จำนวนไร่	จำนวนครั้งที่เพาะปลูก	ระยะเวลา (วัน)	ก๊าซมีเทน ($kg\ CH_4$)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ($t\ CO_2$–eq)
1	นาปีในเขตชลประทาน ขังน้ำและปล่อยน้ำออก 1 ครั้ง	307.86	1	125	9,626.69	240.67
2	นาปรัง	–	–	–	–	–
3	ข้าวไร่	–	–	–	–	–
	รวมทั้งหมด					**240.67**

หมายเหตุ: ค่าปรับแก้ความแตกต่างของระบบการจัดการน้ำ และค่าเปลี่ยนหน่วยสำหรับสารอินทรีย์มาจากคู่มือการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ หน้าที่ 129 (2562)

ที่มา: เทศบาลเมืองพะเยา, 2561

จากผลการประเมินในตารางที่ 7 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวมีจำนวนทั้งสิ้น 240.67 tCO_2-eq

1.4.2 กิจกรรมด้านปศุสัตว์การเลี้ยงโคเนื้อ มีข้อมูลด้านปศุสัตว์ที่เกิดขึ้นภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา เป็นการเลี้ยงโคเนื้อ ซึ่งเป็นข้อมูลสถิติประชากรสัตว์ที่ขึ้นทะเบียนกับทางสำนักงานปศุสัตว์อำเภอประจำปี พ.ศ. 2561 (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพะเยา, 2561)

ส่วนการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเลี้ยงโคเนื้อในเขตเทศบาลเมืองพะเยา มาจาก 2 ส่วน ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกการหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation) และการจัดการมูลสัตว์สัตว์ (Manure Management) การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าวคำนวณด้วยสมการ 10, 11 และสมการ 12 ข้อมูลจำนวนการเลี้ยงโคเนื้อและผลการประเมินดังตาราง 8

ตาราง 8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเลี้ยงโคเนื้อในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561

ประเภท	จำนวน (ตัว)	ค่าสัมประสิทธิ์ (EF)	ก๊าซมีเทน (kg CH_4)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (t CO_2-eq)
การหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์	40	55	2,209.00	55.35
การจัดการมูลสัตว์	40	1	41.00	1.025
รวมทั้งหมด				**56.03**

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ (EF) มาจากคู่มือการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ หน้าที่ 126 (2562ข)

ที่มา: สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพะเยา, 2561

จากผลการประเมินในตารางที่ 8 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเลี้ยงโคเนื้อมีจำนวนทั้งสิ้น 56.03 tCO_2-eq

2. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 (Indirect Emission) เป็นกลุ่มกิจกรรมการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion) ที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้าภายในเขตเทศบาลเมือง

พะเยา ปี พ.ศ. 2561 การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าว คำนวณด้วยสมการที่ 1 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและผลการคำนวณ ดังตาราง 9

ตาราง 9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561

รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์ (EF)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2-eq)
ที่พักอาศัย	11,831,820.43	kWh	0.5821	6,887.30
กิจการขนาดเล็ก	5,538,389.55	kWh	0.5821	3,223.90
กิจการขนาดกลาง	4,330,508.87	kWh	0.5821	2,520.79
กิจการขนาดใหญ่	3,816,310.05	kWh	0.5821	2,221.47
กิจการเฉพาะอย่าง	466,890.63	kWh	0.5821	260.14
องค์กรไม่แสวงผลกำไร	3,124.40	kWh	0.5821	1.82
กิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร	104,618.14	kWh	0.5821	60.90
ไฟฟ้าชั่วคราว	240,366.33	kWh	0.5821	139.92
การใช้ไฟสาธารณะ	649,695.00	kWh	0.5821	378.19
รวม	**26,961,723.41**			**15,694.42**

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ (EF) มาจากคู่มือการจัดทำก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง หน้าที่ 85 (2559 ก)

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดพะเยา, 2561

จากผลการประเมินในตารางที่ 9 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้ามีจำนวนทั้งสิ้น 15,694.42 tCO_2-eq โดยมาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มธุรกิจกิจการทั้ง 4 ประเภทมากที่สุด ซึ่งรวมถึงการใช้ไฟฟ้าในหน่วยงานภาครัฐด้วย รองลงมาเป็นกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าจากที่พักอาศัย การใช้ไฟสาธารณะ การใช้ไฟฟ้าชั่วคราว การสูบน้ำเพื่อการเกษตร และองค์กรไม่แสวงผลกำไร ตามลำดับ

3. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 (Indirect Emission) เป็นกลุ่มกิจกรรมการจัดการของเสีย (Waste management) โดยการจัดการขยะภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ซึ่งมีการดำเนินงาน 2 รูปแบบ คือ

3.1 การจัดการขยะด้วยวิธีการเทกอง (Open Dump) เป็นการประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารภายใต้ภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Condition) ในหลุมฝังกลบ (Landfill Site) การกองขยะเทกอง (Open Dump Site) สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (Degradable Organic Carbon: DOC) โดยอาศัยหลักการของแบบจำลองปฏิกิริยาการย่อยสลายอันดับหนึ่ง (First Order Decay: FOD) ของขยะ ข้อมูลปริมาณขยะที่นำมาประเมินเป็นข้อมูลขยะตั้งแต่เริ่มดำเนินการปี พ.ศ. 2555 จนถึงปีที่ทำการประเมินปี พ.ศ. 2561 แสดงในภาคผนวก ซ โดยใช้ลักษณะองค์ประกอบของขยะที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2561 เป็นเกณฑ์ ดังตาราง 10

ตาราง 10 องค์ประกอบขยะเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561

ประเภทขยะ	องค์ประกอบขยะ (%)	DOC_i (%wet)
เศษอาหาร	64.09	15.00
กระดาษ	7.66	40.00
พลาสติก	17.43	0.00
แก้ว	2.69	0.00
โลหะ	1.8	0.00
ไม้/ใบไม้	0.47	20.00
ยาง/หนัง	1.39	0.00
ผ้า	0.89	24.00
อื่น ๆ	3.58	0.00

หมายเหตุ: ค่า DOC_i จาก IPCC Guideline 2006 Volume 5 Chapter 2, Table 2.4

ที่มา: เทศบาลเมืองพะเยา, 2561

การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าวคำนวณด้วยสมการ 2, 3 และ 4 ผลการคำนวณ ดังตาราง 11

ตาราง 11 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะภายในเขตเทศบาลเมือง พะเยาปี พ.ศ. 2561 ด้วยวิธีการการเทกอง (Open Dump)

ปี พ.ศ.	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก	
								tCH_4	tCO_2–eq
2555	33.68							–	–
2556	31.40	33.68						65.03	1,625.68
2557	29.28	31.35	33.59					94.22	2,355.59
2558	27.30	29.23	31.32	34.21				122.07	3,051.66
2559	25.45	27.26	29.02	31.90	23.50			137.31	3,434.87
2560	23.73	25.41	27.23	29.74	21.91	23.51		151.49	3,787.32
2561	22.13	23.70	25.39	27.73	20.43	21.88	23.51	164.76	**4,118.97**

หมายเหตุ: ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะเป็นการเกิดขึ้นแบบสะสมตั้งแต่เริ่มดำเนินการ

จากตาราง 11 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะด้วยวิธีการเทกอง (Open Dump) จำนวนทั้งสิ้น 4,118.97 tCO_2–eq

3.2 การจัดการขยะด้วยวิธีการขนส่งไปกำจัดที่อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2561 มีจำนวน 5,469.34 ตัน โดยบริษัทเอกชนที่อำเภอฮอด ทำการกำจัดขยะด้วยรูปแบบหลุมฝังกลบ (Landfill) ลักษณะการฝังกลบเป็นการฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะ มีการนำก๊าซที่เกิดขึ้น (Landfill Gas: LFG) มาผลิตไฟฟ้า เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะโดยใช้รถบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 25.5 ตัน ขาไปบรรทุกขยะเต็มน้ำหนักบรรทุก ขากลับไม่มีการบรรทุก ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทาง ตามที่แสดงในภาคผนวก ง การประเมินปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มกิจกรรมดังกล่าวคำนวณด้วย สมการ 1 ข้อมูลและผลการคำนวณ ดังตาราง 12

ตาราง 12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะภายในเขตเทศบาลเมือง พะเยาปี พ.ศ. 2561 ด้วยวิธีการขนส่งไปกำจัดที่ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่

รายการ	ระยะการเดินทาง (กิโลเมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์ (EF)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (tCO_2-eq)
ขนส่งขยะ เทศบาลเมืองพะเยา-อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ (บรรทุกขยะ)	285	0.0459	85.91
กลับจากขนส่งขยะ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่-เทศบาลเมืองพะเยา (รถเปล่า)	285	1.0206	59.70
รวม			**145.62**

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ (EF) มาจากอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงประเภทการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่ ในคู่มือการจัดทำก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง หน้าที่ 85 (2559ก)

ที่มา: เทศบาลเมืองพะเยา, 2561

4. รายงานข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากการดำเนินกิจกรรมภายในเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยาในปี พ.ศ. 2561 ทำการจัดแสดงรูปแบบการรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Basic ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจากขอบเขตและกลุ่มต่าง ๆ ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดของเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561

กลุ่มกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2-eq)				ร้อยละ
	ขอบเขตที่ 1	ขอบเขตที่ 2	ขอบเขตที่ 3	รวม	
กลุ่มการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion)				**17,204.58**	**(54.78)**
การใช้พลังงานภาคที่พักอาศัย	1,510.15	6,887.30			26.74
การใช้พลังงานภาคธุรกิจการค้าและหน่วยงานภาครัฐ		7,966.16			25.36

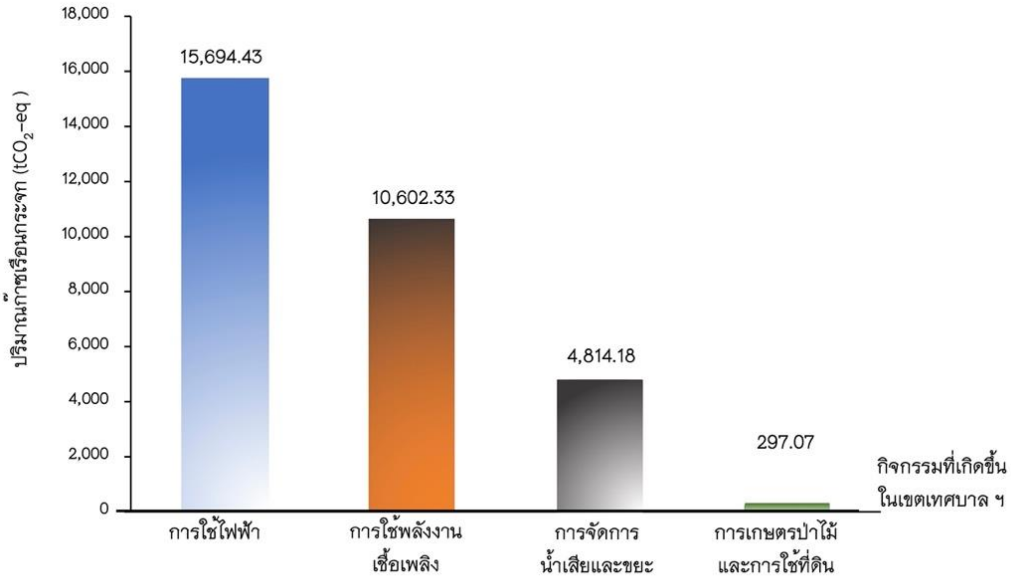
ตาราง 113 (ต่อ)

กลุ่มกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2-eq)				
	ขอบเขตที่ 1	ขอบเขตที่ 2	ขอบเขตที่ 3	รวม	ร้อยละ
กลุ่มการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Combustion)				17,204.58	(54.78)
การใช้พลังงานกิจการเฉพาะอย่าง		260.14			0.83
การใช้พลังงานองค์กรไม่แสวงผลกำไร		380.01			1.21
การใช้พลังงานกิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร		60.90			0.19
การใช้ไฟฟ้าชั่วคราว		139.92			0.45
กลุ่มขนส่ง (Transportation)				9,092.18	(28.95)
การใช้พลังงานขนส่งทางถนน	9,092.18				28.95
กลุ่มการจัดการของเสีย (Waste Management)				4,814.18	(15.33)
การจัดการน้ำเสีย	549.24				1.75
การจัดการขยะ			4,264.94		13.58
กลุ่มการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน (AFOLU)				297.07	(0.94)
การเพาะปลูกข้าว	240.67				0.76
การจัดการปศุสัตว์	56.03				0.18
รวม	**11,448.64**	**15,694.43**	**4,264.94**	**31,408.01**	**100**

ในตาราง 13 พบว่าเทศบาลเมืองพะเยามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2561 จำนวนทั้งสิ้น 31,408.01 tCO_2-eq โดยมาจากขอบเขตที่ 2 มากที่สุด ซึ่งมาจากกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้าภายในเมือง รองลงมาเป็นขอบเขตที่ 1 มาจากกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงภายในเมือง ลำดับสุดท้ายมาจากขอบเขตที่ 3 มาจากกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ สาเหตุจากการนำขยะที่เกิดขึ้นภายในเขตเมืองแล้วนำไปกำจัดนอกเขตเมือง

จากข้อมูลในตาราง 13 ทำการจัดลำดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยแบ่งตามลักษณะกิจกรรมพบว่า กิจกรรมการเผาไหม้อยู่กับที่จากการใช้ไฟฟ้า ในขอบเขตที่ 2 จำนวน 6 กิจกรรม มีปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจำนวน 15,694.43 tCO_2-eq ต่อมาใน

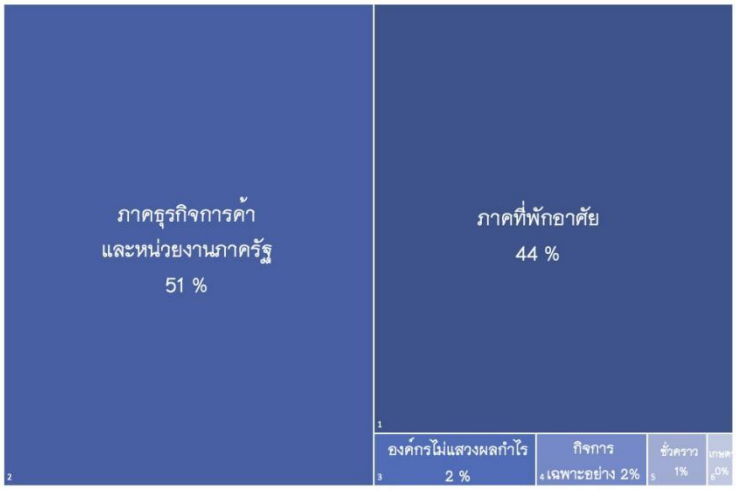
อันดับที่สอง ได้แก่ กิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ในขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 2 จำนวน 2 กิจกรรม โดยมีปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวน 10,602.33 tCO_2-eq และอันดับที่สาม ได้แก่ กิจกรรมการจัดการน้ำเสียและขยะจำนวน 2 กิจกรรม มีปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวน 4,814.18 tCO_2-eq อันดับสุดท้ายกิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน จำนวน 2 กิจกรรม มีปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวน 297.07 tCO_2-eq ดังภาพ 27



ภาพ 27 ลำดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามลักษณะกิจกรรม

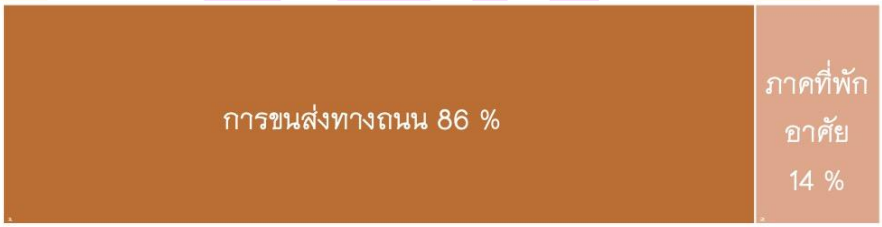
ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 4 กิจกรรม ในภาพ 19 มีรายละเอียดและสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า จำนวน 15,694.43 tCO_2-eq เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้าภาคธุรกิจการค้ารวมถึงหน่วยงานภาครัฐมากที่สุด รองลงมาเกิดจากการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือน โดยทั้ง 2 กิจกรรมมีจำนวน 14,853.76 tCO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 96 ของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกิจกรรมการใช้ไฟฟ้านี้ ส่วนอีก 4 กิจกรรมที่เหลือมีก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นเพียง 840.97 tCO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 5 ดังภาพ 28



ภาพ 28 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า

2. ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง จำนวน 10,602.33 tCO_2-eq เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานเพื่อการขนส่งทางถนนมากที่สุด จำนวน 9,092.18 tCO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 86 ของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกิจกรรมนี้ ส่วนที่เหลือร้อยละ 14 เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในภาคที่พักอาศัย จำนวน 1,510.15 tCO_2-eq ดังภาพ 29



ภาพ 29 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง

3. ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการจัดการน้ำเสียและขยะ จำนวน 4,814.18 tCO_2-eq เกิดขึ้นจากการจัดการขยะมากที่สุด จำนวน 4,264.94 tCO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 89 ของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกิจกรรมนี้ ส่วนที่เหลือร้อยละ 11 เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการจัดการน้ำเสีย จำนวน 549.24 tCO_2-eq ดังภาพ 30

ภาพ 30 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการจัดการน้ำเสียและขยะ

4. ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน จำนวน 296.70 tCO_2-eq เกิดขึ้นจากการเพาะปลูกข้าวมากที่สุด จำนวน 240.67 tCO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 81 ของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกิจกรรมนี้ ส่วนที่เหลือร้อยละ 19 เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการจัดการปศุสัตว์ จำนวน 56.03 tCO_2-eq ดังภาพ 31

ภาพ 31 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน

จากข้อมูลปริมาณและสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลเมืองพะเยาทั้งหมดจะนำไปสู่กระบวนการจัดหาเทคโนโลยีและมาตรการเพื่อจัดทำแผนการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาลเมืองพะเยา โดยจะให้ความสำคัญกับกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า กิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และ กิจกรรมการจัดการขยะ ส่วนกิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดินเลือกที่จะไม่ดำเนินการใด ๆ ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมนี้ เนื่องจากภายในอาณาเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยาเป็นศูนย์กลางทางราชการ และศูนย์กลางทางเศรษฐกิจของจังหวัดพะเยา มีการขยายตัวของกลุ่มธุรกิจสิ่งปลูกสร้างและอาคารบ้านเรือนตามอัตราการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจจังหวัด (GPP) ซึ่งมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) ทำให้พื้นที่ดำเนินกิจกรรม

การเกษตรและปศุสัตว์ในพื้นที่มีแนวโน้มลดลงไปด้วย ซึ่งพอจะคาดการณ์ได้ว่าก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดินในเขตเทศบาลเมืองพะเยาจะลดลงตามไปด้วย

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก

1. การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีปกติ

การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีปกติ (Business as usual: BAU) เป็นการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคตตามบริบทของเทศบาลฯ คำนวณโดยใช้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในแต่ละกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา ย้อนหลัง และหาแนวโน้มไปข้างหน้า คำนวณตามสมการที่ 14 ข้อมูลสำหรับการคำนวณแบ่งตามประเภทกิจกรรม ดังนี้

1.1 กิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ใช้ข้อมูลสถิติปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในจังหวัดพะเยาเป็นตัวแปร เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานจังหวัดพะเยา นำมาจากฐานข้อมูลการใช้พลังงานรายภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2559–2563 เพื่อหาแนวโน้มไปข้างหน้า ดังตาราง 14

ตาราง 14 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์

รายการ	ปริมาณการใช้พลังงาน /ปี				
	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563
น้ำมันเบนซิน (ลิตร)	30,834,966.40	28,141,638.70	31,180,427.95	33,116,245.60	35,846,522.25
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	49,123,605.30	49,123,605.30	52,293,334.65	52,293,334.65	58,958,026.60
ก๊าซ LPG (กิโลกรัม)	11,029,358.30	11,029,358.30	10,087,519.60	10,087,519.60	9,750,821.70

ที่มา: กระทรวงพลังงาน, ม.ป.ป.

2. กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ใช้ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายสาขาของจังหวัดพะเยาเป็นตัวแปร เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจังหวัดพะเยานำมาจากฐานข้อมูลพลังงานรายภูมิภาคของ

ประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2559-2563 เพื่อหาแนวโน้มไปข้างหน้าโดยคิดเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ย ข้อมูลดังตาราง 15

ตาราง 15 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจังหวัดพะเยา

รายการ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี)				
	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563
ครัวเรือน	160,935,322	163,075,924	164,871,717	179,895,275	194,649,737
ธุรกิจ	80,098,698	82,205,024	83,683,967	89,482,187	105,771,030
อุตสาหกรรม	104,287,050	109,457,556	113,876,399	117,107,645	108,595,555
เกษตรกรรม	1,531,516	1,671,618	1,462,190	2,434,108	2,331,928
อื่น ๆ	3,084,373	2,890,703	3,358,167	2,985,972	2,802,548
รวม	349,936,959	359,300,825	367,252,440	391,905,187	414,150,801

ที่มา: กระทรวงพลังงาน, ม.ป.ป.

3. กิจกรรมการจัดการของเสีย ใช้ข้อมูลปริมาณของจำนวนประชากรเป็นตัวแปรเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดจากกิจกรรมการจัดการขยะและการจัดการน้ำเสีย ในเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ข้อมูลจำนวนประชากรนำมาจากรายงานการคาดประมาณประชากรของประเทศไทยโดยเป็นการคาดประมาณประชากรระดับจังหวัด โดยใช้วิธีอัตราส่วน (Ratio Method) ซึ่งเป็นการกระจายประชากรที่ได้จากการคาดประมาณระดับภาคออกไปตามสัดส่วนประชากรแต่ละจังหวัดที่จำแนกตามอายุ เพศ ในและนอกเขตเทศบาล (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) นำมาคำนวณแนวโน้มประชากรในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ดังตาราง 16

ตาราง 16 แนวโน้มจำนวนประชากรจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2561-2573

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากรรวมทั้งหมดของจังหวัดพะเยา	จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองพะเยา
2561	383,306	16,939
2562	377,736	16,693
2563	372,727	16,471
2564	366,912	16,215
2565	361,647	15,982
2566	356,473	15,753

ตาราง 16 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากรรวมทั้งหมดของจังหวัดพะเยา	จำนวนประชากรในเขตเทศบาลเมืองพะเยา
2567	351,381	15,528
2568	346,359	15,306
2569	341,400	15,087
2570	336,493	14,870
2571	331,630	14,655
2572	326,801	14,442
2573	321,996	14,230

ที่มา: สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562

4. กิจกรรมการเกษตร (ปลูกข้าว) และปศุสัตว์ (การเลี้ยงโคเนื้อ) ใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมด้านการเกษตรระดับจังหวัดของจังหวัดพะเยาในปี พ.ศ. 2557–2561 เป็นตัวแปร เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการเกษตรและปศุสัตว์ ในเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต สมมุติฐานการพยากรณ์ด้านการเกษตรอยู่บนพื้นฐานของข้อจำกัดของพื้นที่การเพาะปลูก ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคการเกษตรระดับจังหวัดของจังหวัดพะเยานำมาจาก ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด แบบปริมาณลูกโซ่ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) ดังตาราง 17

ตาราง 17 ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมด้านการเกษตรจังหวัดพะเยา

รายการ	มูลค่าต่อปี (ล้านบาท)				
	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561
ภาคการเกษตร	13,592.00	12,155.00	11,452.00	12,096.00	13,182.00

ที่มา: สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561

ผลการพยากรณ์กรณีปกติ (Business as usual: BAU) พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาที่จะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2573 มีปริมาณเพิ่มขึ้นถึง ร้อยละ 61.77 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 31,407.65 tCO_2–eq เป็น 50,807.37 tCO_2–eq ในปี พ.ศ. 2573 ดังตาราง 18

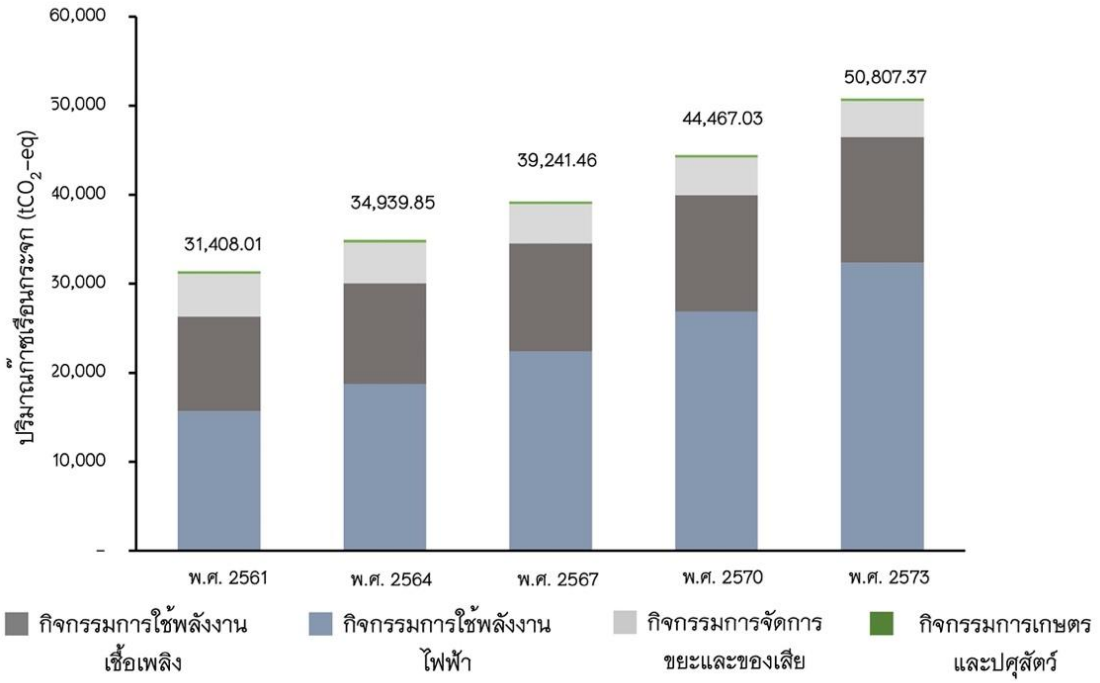
ตาราง 18 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณี BAU (Business as usual) ของเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2562-2573

รายการ	ผลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละปี (tCO_2-eq)											
	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573
	กลุ่มเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Energy)											
การใช้พลังงานเชื้อเพลิงในที่พักอาศัย	1,410.54	1,363.22	1,317.49	1,273.30	1,230.59	1,189.31	1,149.41	1,110.86	1,073.59	1,037.58	1,002.77	1,410.54
การใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน	7,227.28	7,584.04	7,958.41	8,351.27	8,763.51	9,196.10	9,650.05	10,126.41	10,626.28	11,150.83	11,701.27	12,278.88
การใช้ไฟฟ้าในภาคธุรกิจ	8,554.88	9,187.10	9,866.05	10,595.17	11,378.18	12,219.05	13,122.07	14,091.82	15,133.24	16,251.62	17,452.65	18,742.44
การค้า												
การใช้ไฟฟ้าในภาคกิจการเฉพาะอย่าง	279.36	300.01	322.18	345.99	371.56	399.02	428.51	460.18	494.19	530.71	569.93	612.05
การใช้ไฟฟ้าในภาครัฐและองค์กรไม่แสวงผลประโยชน์	373.04	366.20	359.49	352.90	346.43	340.08	333.84	327.72	321.71	315.81	310.02	304.34
การใช้ไฟฟ้าในกิจการเพื่อการเกษตร	69.87	80.15	91.95	105.49	121.02	138.84	156.28	182.73	209.64	240.50	275.91	316.53

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการ	ผลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละปี (tCO_2-eq)											
	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573
กลุ่มเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Energy)												
การใช้ไฟฟ้าในกิจการเพื่อการเกษตร	69.87	80.15	91.95	105.49	121.02	138.84	156.28	182.73	209.64	240.50	275.91	316.53
การใช้ไฟฟ้าชั่วคราว	137.35	134.84	132.38	129.94	127.55	125.22	122.92	120.67	118.45	116.28	114.15	112.06
น้ำมันเบนซิน	189.54	197.36	205.51	214.00	222.83	232.03	241.62	251.59	261.98	272.80	284.06	295.79
น้ำมันดีเซล	4,430.97	4,520.03	4,610.88	4,703.56	4,798.10	4,894.54	4,992.91	5,093.27	5,195.64	5,300.07	5,406.60	5,515.27
แก๊สโซฮอล์	4,614.40	4,804.93	5,003.33	5,209.93	5,425.05	5,649.06	5,882.32	6,125.21	6,318.12	6,641.48	6,915.72	7,201.28
น้ำมันไบโอดีเซล	18.32	18.69	19.06	19.45	19.84	20.24	20.64	21.06	21.48	21.91	22.35	22.80
กลุ่มการจัดการขยะและของเสีย (Solid Waste)												
การจัดการน้ำเสีย	56.15	55.91	55.66	55.42	55.17	54.93	54.69	54.45	54.21	53.97	53.74	53.50
การจัดการขยะ	4,203.07	4,142.44	4,082.69	4,023.80	3,965.75	3,908.55	3,852.17	3,796.60	3,741.83	3,687.86	3,634.66	3,582.23
กลุ่มการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน (AFOLU)												
การจัดการปศุสัตว์	541.32	533.51	525.81	518.23	510.75	503.38	496.12	488.97	481.91	474.96	468.11	461.36
การเพาะปลูกข้าว	239.61	238.56	237.52	236.48	235.44	234.41	233.38	232.35	231.33	230.32	229.31	228.03
รวม	**32,507.84**	**33,683.70**	**34,939.85**	**36,281.26**	**37,713.23**	**39,241.46**	**40,872.06**	**42,611.57**	**44,467.03**	**46,445.98**	**48,556.52**	**50,807.37**

ที่ดำเนินการในเขตปกครองของเทศบาลเมืองพะเยา กรณีปกติ (Business as usual: BAU) พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจำนวน 50,807.37 tCO_2-eq ในปี พ.ศ. 2573 มาจากกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง 14,115.67 tCO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 27.78 กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า 32,366.30 tCO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 63.70 กิจกรรมการจัดการขยะและของเสีย 4,043.59 tCO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 7.96 และกิจกรรมการเกษตรและปศุสัตว์ 201.81 tCO_2-eq คิดเป็นร้อยละ 0.55 ตามลำดับ ดังภาพ 32

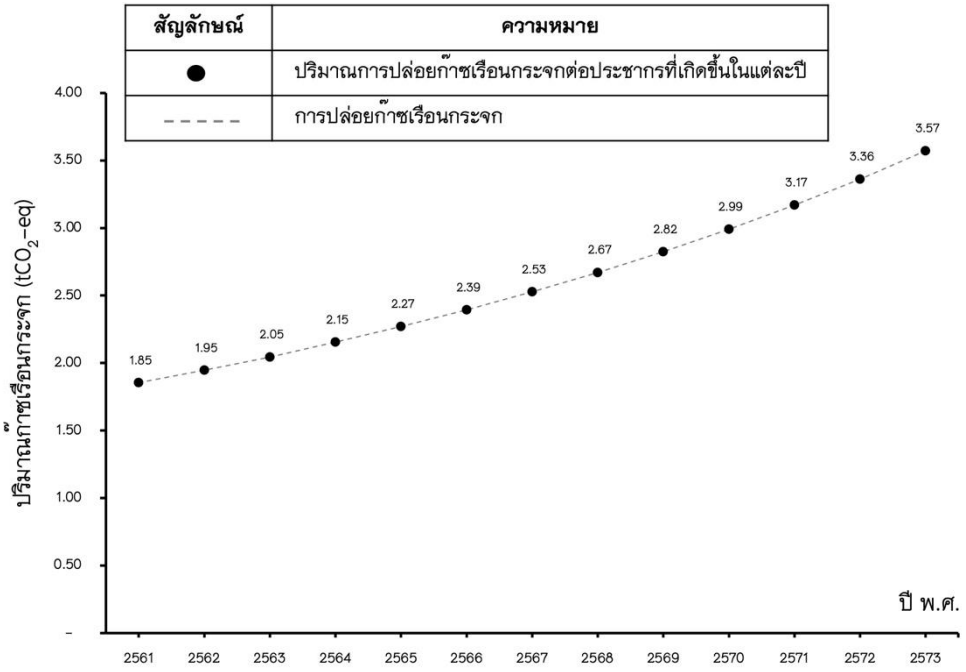


ภาพ 32 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีปกติ (Business as usual: BAU) ของเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2562-2573

2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากร

ด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรของเทศบาลเมืองพะเยา (CO_2/Capita) จะเป็นการนำเสนอข้อมูลค่าเฉลี่ยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นต่ออัตราประชากรที่อยู่ในเขตปกครองของเทศบาลเมืองพะเยาในปี พ.ศ. 2561-2573 คำนวณจากข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละปี จากผลของการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในกรณีปกติ (Business as usual: BAU) ในตารางที่ 24 หารด้วยจำนวนประชากรใน

ตาราง 16 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) ผลจากการคำนวณดังภาพ 33



ภาพ 33 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรของเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ. 2561–2573

จากภาพ 33 พบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรของเทศบาลเมืองพะเยาในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณ 1.85 tCO_2-eq ต่อคน/ปี และ ภายในปี พ.ศ. 2573 จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเป็น 3.57 tCO_2-eq ต่อคน/ปี โดยค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรเพิ่มขึ้น 0.14 $kgCO_2$-eq ต่อคน/ปี

3. เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก

เป้าหมายสำหรับลดก๊าซเรือนกระจกในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดจากข้อตกลงของประเทศในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 21 (COP21) โดยมีการกำหนดเป้าหมายที่จะดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศในทุกภาคส่วนลงร้อยละ 20 ภายในปี พ.ศ. 2573 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559) ซึ่งผลจากการคำนวณตามเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยามีปริมาณเท่ากับ

10,161.47 tCO_2–eq และใช้การกำหนดเป้าหมายโดยเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐาน ในรูปแบบ Single-year goal ที่มีการกำหนดเป้าหมายเพียงปีเดียว (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562) ข้อมูล ดังตาราง 19

ตาราง 19 เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยา

รายการ	ปริมาณ (tCO_2–eq)
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน	31,408.01
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2573 (BAU)	50,807.37
เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก 20% ของปี พ.ศ. 2573 (แบบ Single-year goal)	10,161.47

4. นโยบายและเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง

นโยบายและเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับจัดทำแผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีเทศบาลเมืองพะเยา ใช้การวิเคราะห์จากนโยบายและแผนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่เกิดขึ้น รวมถึงการพิจารณาเทคโนโลยีและมาตรการที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาลเมืองพะเยาและศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของเมือง โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 กิจกรรม ดังนี้

4.1 กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า แผนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมนี้ได้แก่ แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558–2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2018) และแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Thailand Power Development Plan: PDP) โดยมีวัตถุประสงค์ให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาพลังงานทดแทนให้เป็นพลังงานหลักของประเทศ เสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน มียุทธศาสตร์ส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทน 6 ประเด็น ประกอบด้วย

4.1.1 การส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนอย่างกว้างขวาง

4.1.2 การปรับมาตรการจูงใจสำหรับการลงทุนจากภาคเอกชนให้เหมาะสมกับสถานการณ์

4.1.3 การแก้ไขกฎหมายและกฎระเบียบที่ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน

4.1.4 การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระบบสายส่ง สายจำหน่ายไฟฟ้า รวมทั้งการพัฒนาสู่ระบบสมาร์ทกริต

4.1.5 การประชาสัมพันธ์ และสร้างความรู้ความเข้าใจต่อประชาชน

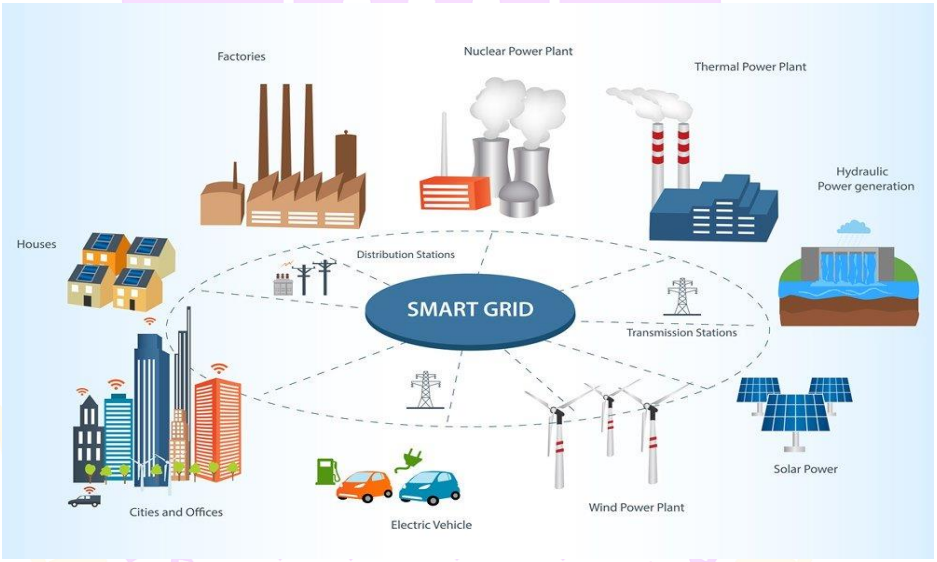
4.1.6 การส่งเสริมให้งานวิจัยเป็นเครื่องมือในการพัฒนาอุตสาหกรรมพลังงานทดแทนแบบครบวงจร

การพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนในแต่ละพื้นที่ จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสม และศักยภาพที่จะพัฒนาได้ ทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ แหล่งพลังงานทดแทนที่ใช้ผลิตไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานชีวภาพ พลังงานน้ำ พลังงานจากขยะ ดังภาพ 34

ภาพ 34 แหล่งพลังงานทดแทนที่ใช้ผลิตไฟฟ้า

แนวทางการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 – 2580 (AEDP 2018) และแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2018) พ.ศ. 2561 – 2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 คือ การส่งเสริมโครงการโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อเศรษฐกิจฐานราก โดยมีการกำหนดเปิดรับซื้อไฟฟ้าระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2567 เป้าหมายที่จะรับซื้อไฟฟ้าจากชุมชนกำลังผลิตรวม 1,933 เมกะวัตต์ ประกอบไปด้วยโรงไฟฟ้าชีวมวล ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย ก๊าซชีวภาพจากพืช และพลังงานแสงอาทิตย์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563) ซึ่งแนวทางที่มีการส่งเสริมและสนับหนุนการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ (Distributed Generation: DG) เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบการจัดการไฟฟ้าในรูปแบบสมาร์ตกริด (Smart Grid) ที่สามารถลดการสูญเสียไฟฟ้าในระบบสายส่งและการพึ่งพาพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้า โดยระบบการจัดการไฟฟ้าแบบสมาร์ตกริดเป็นระบบที่มีการ

ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสื่อสาร (ICT) ระบบเซ็นเซอร์ ระบบเก็บข้อมูล และเทคโนโลยีทางด้านการควบคุมอัตโนมัติ มาพัฒนาให้ระบบไฟฟ้าสามารถตอบสนองต่อการทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้ทรัพยากรที่น้อยลง และทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังสามารถรับรู้ข้อมูลสถานะต่าง ๆ ในระบบมากขึ้น เพื่อใช้ในการตัดสินใจอย่างอัตโนมัติ ทั้งนี้ จะต้องเกิดขึ้นทั่วทั้งระบบไฟฟ้า ซึ่งครอบคลุมระบบผลิต ระบบส่ง ระบบจัดจำหน่าย และระบบผู้ใช้ ระบบสมาร์ตกริดมีลักษณะการทำงานแบบเราเตอร์ (Router) ในระบบ Internet ในการเชื่อมข้อมูลต่าง ๆ ทางด้านพลังงาน เพื่อเชื่อมต่อกับแหล่งไฟฟ้าภายในโครงข่ายและส่งสัญญาณโต้ตอบระหว่างผู้ให้บริการกับผู้ใช้ว่าการใช้พลังงานเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ (กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560) ดังภาพ 35



ภาพ 35 ระบบสมาร์ตกริด (Smart Grid System)

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558

ดังนั้น สมาร์ตกริดเทคโนโลยี (Smart Grid Technology) จึงเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยระบบที่รองรับกับการใช้พลังงานสะอาดแบบกระจายศูนย์ (Distributed Generation: DG) แทนพลังงานจากฟอสซิลแบบรวมศูนย์ (Centralized Generation) ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมาก

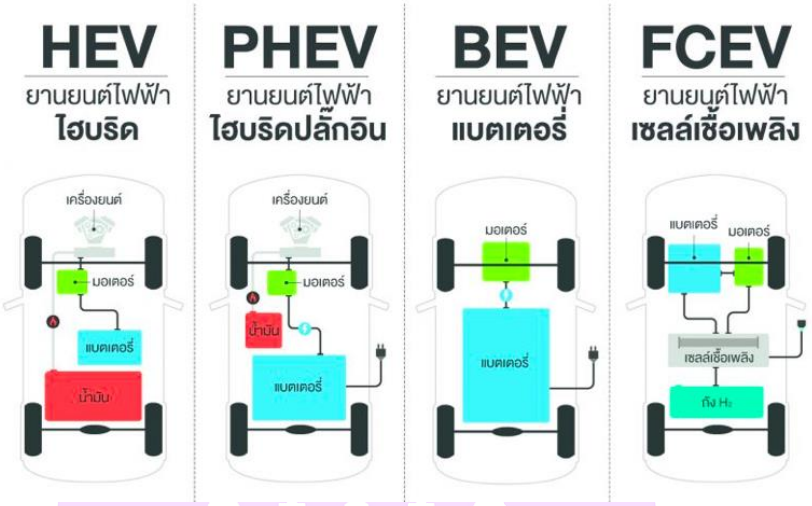
4.2 กิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิง แผนการดำเนินงานที่เกี่ยวกับกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิงระดับชาติขึ้นอยู่กับกระทรวงพลังงาน โดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ได้จัดทำแผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564–2573 สาขาพลังงาน (คณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ, 2562) ซึ่งจะมีผลต่อกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นในเทศบาลเมืองพะเยาในอนาคต โดยเฉพาะการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งที่มีสัดส่วนการใช้งานถึงร้อยละ 86 ของการใช้พลังงานเชื้อเพลิงทั้งหมด ในแผนฯ ได้ให้ความสำคัญกับการขยายตัวของรถยนต์ไฟฟ้าที่จะเข้ามาแทนที่รถยนต์ที่ใช้น้ำมัน เนื่องจากรถยนต์ไฟฟ้าไม่มีการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง อีกทั้งภาครัฐยังสร้างแรงจูงใจในเรื่องอัตราภาษีของรถยนต์ไฟฟ้า ทั้งภาษีนำเข้า ภาษีสรรพสามิต และช่วยเงินอุดหนุน 150,000 บาทต่อคันสำหรับรถยนต์นั่งที่มีขนาดแบตเตอรี่ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ชั่วโมงขึ้นไป (กรมสรรพสามิต, 2564) สำหรับประเภทรถยนต์ไฟฟ้ามีทั้งหมด 4 ประเภท คือ

4.2.1 รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle: HEV) ประกอบด้วยเครื่องยนต์ลูกสูบเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนหลักใช้เชื้อเพลิงที่บรรจุในยานยนต์ทำงานร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อเพิ่มกำลังยานยนต์ให้เคลื่อนที่ ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูง

4.2.2 รถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่พัฒนาจากยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดซึ่งสามารถประจุพลังงานไฟฟ้าได้จากแหล่งภายนอก (Plug-in) ทำให้ยานยนต์สามารถทำงานพร้อมกันจาก 2 แหล่งพลังงาน

4.2.3 รถยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังที่ทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าเคลื่อนที่ และใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่เท่านั้น

4.2.4 รถยนต์ไฟฟ้าแบบเชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle: FCEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยตรง โดยรถยนต์ประเภทนี้มีประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงสูงถึง 60%



ภาพ 36 ประเภทยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้า

4.3 กิจกรรมการจัดการน้ำเสียและขยะ เลือกดำเนินการเฉพาะการจัดการขยะ เนื่องจากการจัดการน้ำเสียมีระบบบำบัดคอยกำกับดูแล และมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงเล็กน้อย นโยบายแผนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมนี้ ได้แก่ โรดแม็ปการจัดการขยะพลาสติก พ.ศ. 2561–2573 และแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ โดยรายละเอียดกล่าวถึง การลดอัตราการเกิดขยะมูลฝอย (Waste Prevention and Minimization) การจัดให้มีศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) และการกำจัดขยะมูลฝอยแบบผสมผสาน และแปรรูปผลิตเป็นพลังงาน หรือคัดแยกเพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) ดังภาพ 37

แปรรูปขยะเป็นพลังงาน

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย

เชื้อเพลิงขยะ (RDF)

ภาพ 37 การจัดการขยะมูลฝอย

จากนโยบายและแผนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 กิจกรรม สามารถนำมาพิจารณาใช้เป็นแนวทางเพื่อเลือกมาตรการสำหรับลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาลเมืองพะเยา โดยพิจารณาจากองค์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับการเลือกดำเนินมาตรการในแต่ละกิจกรรม

5. มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก ศึกษาจากเทคโนโลยีและนโยบายการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐประกอบการพิจารณาความเหมาะสมด้านบริบทพื้นที่ของเทศบาลเมืองพะเยา โดยมีรายละเอียดตามประเภทกิจกรรม ดังนี้

5.1 มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าของเทศบาลเมืองพะเยา สำหรับการวิจัยครั้งนี้ เลือกมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบโซล่าเซลล์ทดแทนการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง โดยแบ่งการติดตั้งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) การติดตั้งโซล่าเซลล์ในหน่วยงานภาครัฐ ที่มีงบประมาณและการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 2) การติดตั้งโซล่ารูฟท็อปกลุ่มธุรกิจการค้า ที่ต้องลงทุนเองซึ่งภาครัฐได้มีกลไกด้านการสร้างแรงจูงใจประเภทสิทธิประโยชน์การลดอัตราภาษีอากรจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI)., 2565) และ 3) กลุ่มบ้านพักอาศัยสร้างแรงจูงใจด้วยโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบน

หลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2564) ที่มีการรับซื้อไฟฟ้าเข้าสู่ระบบหากเหลือใช้

ด้านข้อมูลศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่เทศบาลเมืองพะเยา มีค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์อยู่ที่ 17 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) จึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และที่สำคัญมีการสนับสนุนจากภาครัฐ ที่อยู่ภายใต้แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558–2579 (AEDP 2015) ที่ต้องการให้เพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเป็น 30% ของพลังงานขั้นสุดท้าย ในปี 2579 และคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานแห่งชาติได้มีการจัดทำโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเสรีเริ่มดำเนินการในปี พ.ศ. 2559 ภายใต้ Self–consumption นั่นคือ การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปสำหรับผลิตไฟฟ้าในตอนกลางวัน ส่วนกลางคืนก็ซื้อไฟฟ้าตามปกติ ทั้งนี้ ประชาชนสามารถผลิตไฟฟ้าใช้ภายในบ้านได้เองและขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือ เพียงแต่จะไม่ได้รับค่าไฟในที่ไหลเข้าสู่ระบบจำหน่าย (Grid) แต่จะได้รับการติดตั้งและตรวจสอบมิเตอร์ฟรี (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2559)

ผลการศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดจนความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (โซล่าเซลล์) ดังตาราง 20

ตาราง 20 ข้อมูลปริมาณผลิตไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา

รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 195x199 มิลลิเมตร กำลังการผลิต 320 W/แผง	1,566	แผง
กำลังการผลิตรวม	501.12	kW
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อปี	1,825	hour/year
ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิจากการดำเนินโครงการ	750,638	kW/year
ระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิตโครงการ	7	ปี
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้	2,986.62	tCO_2–eq
เงินลงทุนในโครงการ	31,500,000	บาท

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2561

ผลการศึกษาข้างต้น พบว่า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 426.66 tCO_2-eq/year หรือมีการลดก๊าซเรือนกระจกลงปีละ 0.85 tCO_2-eq ต่อการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์จำนวน 1 kW และมีต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 10,547.04 บาท/tCO_2-eq

5.2 การลดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของเทศบาลเมืองพะเยา สำหรับการวิจัยครั้งนี้ เลือกมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมัน (Electric Car) เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นภายในเทศบาลมาจากกิจกรรมการขนส่งทางบก ซึ่งมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน ประกอบกับภาครัฐมีการสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการใช้รถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคขนส่ง

จากผลการศึกษาของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ศึกษาประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาบภายในเป็นยานพาหนะไฟฟ้า คำนวณด้วยวิธีลดก๊าซเรือนกระจก (Methodology) ตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาบภายในเป็นยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้า (Switching from Internal Combustion Engine Vehicles to Hybrid Vehicles/Electric Vehicles) T-VER-METH-TM-01 (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2559) โดยกำหนดรายละเอียดการศึกษา ดังตาราง 21

ตาราง 21 ข้อมูลสำหรับศึกษาการใช้รถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมัน (Electric Car)

รายการ	ขนาด/จำนวน	หน่วย
รถยนต์ NISSIAN LEAF มอเตอร์ไฟฟ้า EM57 ความจุแบตเตอรี่	40	kWh
* ระยะทางที่วิ่งได้ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง	311	กม.
แรงบิดสูงสุด	320	นิวตันเมตร
ระยะการชาร์จไฟ	8	ชั่วโมง
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถยนต์ขนาดเล็ก (น้ำมันเบนซิน)	17.77	กม./ลิตร
ระยะทางการใช้รถ	160	กม./วัน
ระยะเวลาการใช้รถ	300	วัน/ปี
* ราคาจำหน่ายต่อคัน	1,990,000	บาท

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2561

ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 6 tCO_2-eq/ปี และมีต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 50,608.21 บาท/tCO_2-eq โดยที่ราคารถยนต์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับขนาด รุ่น และยี่ห้อ (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2561)

5.3 แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ การลดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะ การศึกษาครั้งนี้เลือกมาตรการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) และกำหนดให้มีการแยกดำเนินการจัดการขยะตามความเหมาะสมขององค์ประกอบ คือ การจัดการขยะอินทรีย์ และการจัดการขยะมูลฝอย มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

การจัดการขยะอินทรีย์ ใช้เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) เพื่อนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ โดยจากผลการศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีดังกล่าว ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภายใต้โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ (เศษอาหาร) ที่ได้สร้างขึ้นภายในศูนย์บริหารจัดการชีวมวลแบบครบวงจร ตำบลแม่เหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ที่รองรับขยะอินทรีย์ได้ 10 ตัน/วัน ใช้วิธีการคำนวณด้วยระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกจากการกักเก็บก๊าซมีเทนจากการหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศขนาดเล็กเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ (Methane Capture from Anaerobic Organic Waste Treatment for Utilization) T-VER-METH-WM-06 (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2564ข) การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Electricity Generation from Renewable Energy) T-VER-METH-AE-01 (องค์การบริหาก๊าซเรือนกระจก, 2559ค) การผลิตก๊าซไบโอมีเทนอัดเพื่อนำไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล (Compressed Biomethane Gas: CBG Production to Replace Fossil Fuel) คำนวณจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emission from Solid Waste Disposal Site) T-VER-TOOL-WASTE-01 (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2564) โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ และข้อมูลการดำเนินงานดังตาราง 22

ตาราง 22 องค์ประกอบของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์

กิจกรรม		อุปกรณ์	ขนาด	หน่วย
สับย่อยขยะ		เครื่องสับย่อยขยะ	30	kW
เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ		บอหมัก CMU-Hybrid		
	1	ปั๊มสูบน้ำเสีย	2.2	kW
		บอหมักแห้ง Dry Fermentation		
	1	ไฮดรอลิค (ชุดกวาดเศษอาหาร)	4	kW
	2	สกรูลำเรียง 1	1.5	kW
	3	สกรูลำเรียง 2	4	kW
	4	สกรูลำเรียง 3	4	kW
	5	มอเตอร์กวนใบกวน 1	7.5	kW
	6	มอเตอร์กวนใบกวน 2	7.5	kW
	7	เครื่องรีดตะกอน	15	kW
	8	สายพานเครื่องรีดตะกอน	2.2	kW
	9	ปั๊มลม (ชุดดึงกากตะกอน)	4	kW
	10	ปั๊มแวคคั้ม (ชุดดึงกากตะกอน)	1.5	kW
	11	Air Blower Dry Fermentation	2.2	kW
	12	Biogas Flare	0.75	kW
เทคโนโลยีผลิต CBG		ระบบ Bio Scrubber		
	1	มอเตอร์น้ำสำรองสเปรย์	1.5	kW
	2	มอเตอร์สเปรย์บนถัง	1.5	kW
	3	โบร์เวอร์เติมอากาศ	2.2	kW
		ระบบผลิต CBG Membrane		
	1	Biogas composer	15	
	2	CBG composer	11	
	3	หัวจ่าย CBG		
		มอเตอร์หมุนเวียนน้ำระบายความร้อน	1.5	
		มอเตอร์พัดลมระบายความร้อน	1.5	
การผลิตไฟฟ้า		เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine) Model:BF6M1015CG	180	kW
		เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine) ยี่ห้อ: KUE	80	kW

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2564

ตาราง 23 ข้อมูลการดำเนินงานของศูนย์บริหารจัดการชีวมวล

รายการ	จำนวน / ปริมาณ	หน่วย
งบประมาณการลงทุน	39,401,495.80	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	2,500,000.00	บาท/ปี
รองรับการจัดการขยะ เฉลี่ย	2,083.33	กิโลกรัม/วัน
ผลิตก๊าซไบโอมีเทนอัด	46.68	กิโลกรัม/วัน
ผลิตไฟฟ้า	150	kWh/วัน

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2564

ผลการศึกษาการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) พบว่า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 395 tCO_2-eq/ปี หรือนำขยะอินทรีย์เข้าจัดการในระบบ จำนวน 1.92 ตัน ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1 tCO_2-eq และมีต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 14,250 บาท/tCO_2-eq โดยคิดระยะเวลาการดำเนินการทั้งหมดที่ 7 ปี

การจัดการขยะที่สามารถเผาไหม้ได้ ใช้เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการจัดการขยะโดยนำขยะมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็ง โดยนำขยะที่ผ่านการคัดแยกแล้วมาทำการปรับปรุงและเปลี่ยนสภาพทางด้านเคมีและทางด้านกายภาพ ทำให้กลายเป็นเชื้อเพลิงขยะที่มีคุณสมบัติด้านความร้อน (Heating Value) ความหนาแน่น ขนาด และความชื้น เหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมในอุตสาหกรรมการเผาไหม้ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงป้อนหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน โดยผลการศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ได้ทำการศึกษาจากศูนย์การเรียนรู้การผลิตเชื้อเพลิงขยะ จังหวัดปทุมธานี และต้นแบบเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะและปุ๋ยอินทรีย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน (Refuse Derived Fuel: RDF Production from Municipal Solid Waste) T-VER-METH-WM-04 (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2564 ค) และคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emission from Solid Waste Disposal Site) T-VER-TOOL-WASTE-01 (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2564) โดยใช้ข้อมูลการดำเนินงานดังตาราง 24

ตาราง 24 ข้อมูลการดำเนินงานของการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (RDF)

รายการ	ขนาด/จำนวน	หน่วย
ปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบการผลิต RDF	20	ตัน/วัน
ปริมาณที่สามารถผลิต RDF ได้	11.4	ตัน/วัน
การทำงาน	365	วัน
เงินลงทุน	39,000,000	บาท
อายุโครงการ	15	ปี

ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2561

ผลการศึกษาการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 2,746 tCO_2-eq/ปี หรือนำขยะไปผลิต RDF จำนวน 2.66 ตัน ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1 tCO_2-eq และมีต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 946.91 บาท/tCO_2-eq (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2561)

6. แผนดำเนินงาน

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่สอดคล้องกับบริบทของเทศบาลเมืองพะเยาจำนวน 3 มาตรการ แบ่งแผนการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

6.1 แผนการดำเนินงานระยะสั้น เป็นการดำเนินมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมัน (Electric Car) โดยแผนลดก๊าซเรือนกระจกด้วยรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน จำนวน 795 คัน ภายในปี พ.ศ. 2573 หากเริ่มดำเนินในปี พ.ศ. 2562 จะต้องมีรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 66 คัน/ปี จึงจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมาย แผนปฏิบัติการ ดังตาราง 25

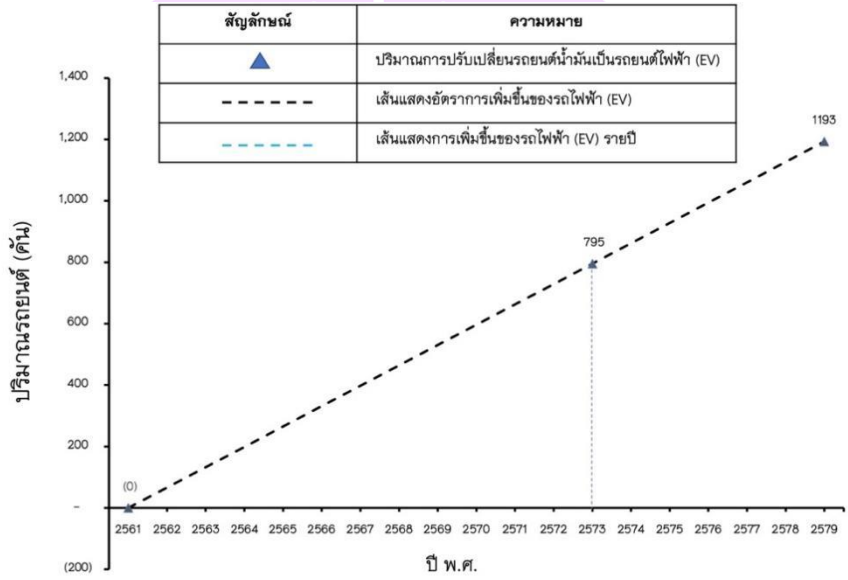
ตาราง 25 แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยรถยนต์ไฟฟ้า

ขั้นตอนและกิจกรรมในการดำเนินการ	ผู้ดำเนินการ	ระยะเวลาดำเนินการ ปี พ.ศ. 2561-2573												
		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
1. ปรับปรุงพื้นที่สำหรับรองรับสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า	-เทศบาลฯ - กลุ่มธุรกิจร้านค้าและบริการ		←	→										
2. ติดตั้งสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า	- การไฟฟ้า PEA - บ.เอกชน		←					→						
3. การเปลี่ยนมาใช้รถไฟฟ้า EV	- เทศบาลฯ - ภาคประชาชน		←											→
4. ประชาสัมพันธ์ให้ความรู้และความเข้าใจ	- เทศบาลฯ		←											→

จากแผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยรถยนต์ไฟฟ้าใช้อ้างอิงจากการดำเนินการตามแผนการขับเคลื่อนภารกิจด้านพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ของคณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย (2559) ที่มีทั้งหมด 4 ระยะคือ ระยะที่ 1 ปี พ.ศ. 2559-2560 เป็นการเตรียมความพร้อมด้านกฎหมายการขออนุญาติและการสนับสนุน ระยะที่ 2 ปี พ.ศ. 2561-2563 สร้างจุดบริการสถานีอัดประจุให้เพียงพอ และมาตรการจูงใจให้เอกชนลงทุน ระยะที่ 3 ปี พ.ศ. 2564-2578 ขยายผลการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล และระยะที่ 4 ปี พ.ศ. 2579 เป็นต้นไป ยานยนต์ไฟฟ้าจะเข้ามาแทนที่รถน้ำมันได้อย่างเต็มรูปแบบ ในการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกด้านนี้จะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนรถยนต์ประเภทส่วนบุคคล 5 ที่นั่ง เนื่องจากมีขายทั่วไปตามท้องตลาด

การจัดทำแผนมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมันของงานวิจัยครั้งนี้ ใช้ข้อมูลจำนวนรถยนต์ประเภทส่วนบุคคลที่อยู่ในเขตเทศบาลเมืองพะเยา คำนวณจากค่าสถิติการถือครองยานพาหนะประเภทส่วนบุคคลจำนวนร้อยละ 14.7 คูณกับจำนวนครัวเรือนภายในเขตเทศบาลจำนวน 8,113 ครัวเรือน โดยค่าสถิติการถือครองยานพาหนะประเภทส่วนบุคคล

มาจาก ร้อยละของครัวเรือนที่เป็นเจ้าของยานพาหนะที่ต้องใช้พลังงาน รายภาค ปี พ.ศ. 2561 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562) ผลการคำนวณพบว่า รถยนต์ประเภทส่วนบุคคลที่มีการใช้งานในเขตเทศบาลมีจำนวน 1,193 คัน หากปรับเปลี่ยนไปใช้รถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2579 ตามแผนการขับเคลื่อนภารกิจด้านพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ซึ่งจะกำหนดให้มีการปรับเปลี่ยนรถยนต์ในอัตราคงที่ ภายใน ปี พ.ศ. 2573 เทศบาลเมืองพะเยาจะมีรถยนต์ไฟฟ้าจำนวน 795 คัน ดังภาพ 38



ภาพ 38 การเพิ่มขึ้นของรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยาตามแผนพัฒนาฯ

จากข้อมูลในภาพ 38 นำมาสู่กระบวนการจัดทำแผนลดก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมัน ที่จะดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562-2573 โดยกำหนดให้เทศบาลเมืองพะเยาสร้างสถานีชาร์จไฟให้กับผู้ใช้งานรถไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกและกระตุ้นให้เกิดการใช้งานของรถไฟฟ้าภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา โดยสร้างจุดบริการสถานีชาร์จรถไฟฟ้าตามสถานที่สาธารณะสำคัญที่อยู่ภายในภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา เช่น บริเวณลานจอดรถลานอนุสาวรีย์พ่อขุนงำเมือง และสวนสาธารณะที่อยู่ในความรับผิดชอบของเทศบาล ด้านสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า (EV Charger) ที่มีใช้โดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย

6.1.1 Normal Charge เป็นการชาร์จด้วยไฟ AC โดยชาร์จผ่าน On Board Charger ที่อยู่ภายในตัวรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงไฟ AC ไปเป็นไฟ DC ขนาดของตัว On Board Charger จะขึ้นอยู่กับยี่ห้อรถยนต์ ซึ่งขนาดของ On Board Charger จะมีผลต่อระยะเวลาในการชาร์จไฟของแบตเตอรี่รถยนต์

6.1.2 Quick Charge จะเป็นการชาร์จโดยใช้ตู้ EV Charger (สถานีชาร์จรถไฟฟ้า) ที่แปลงไฟ AC ไปเป็นไฟ DC แล้วจ่ายไฟ DC เข้าที่แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการชาร์จจะน้อยกว่าแบบ Normal Charger หัวชาร์จ (SOCKET) ของตู้ EV Charger จะมีทั้งแบบที่เป็น AC และ แบบ DC ประเภทของหัวชาร์จจะขึ้นอยู่กับมาตรฐานของผู้ผลิตรถยนต์

ซึ่งในแต่ละจุดบริการจะต้องมีทั้ง 2 รูปแบบ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน และการสร้างสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า โดยเทศบาลเมืองพะเยาสามารถติดต่อให้หน่วยงานหรือบริษัทที่ให้บริการมาติดตั้งในสถานที่สาธารณะ ที่ทางเทศบาลได้จัดเตรียมและอำนวยความสะดวกให้ ซึ่งรูปแบบของสถานีชาร์จที่มีให้บริการในปัจจุบันมีรูปแบบ ดังภาพ 39

ภาพ 39 ตัวอย่างสถานีบริการชาร์จไฟสำหรับรถไฟฟ้า

แผนการดำเนินงานมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมันในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้เริ่มมีสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 ตามแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย (2559) และจำนวนการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในเขตเทศบาลเมืองพะเยามีการใช้งานจำนวน 795 คัน ในปี พ.ศ. 2573 โดยปีแรกของดำเนินงานมีเป้าหมายที่ 69 คัน และเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 66 คันต่อปี ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า ดังตาราง 26

ตาราง 26 แผนการดำเนินงานมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้าทดแทนน้ำมันเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยา

ปี พ.ศ.	เปรียบเทียบการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อมีการเปลี่ยนจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นไฟฟ้า					ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (tCO_2-eq)	เงินลงทุนต่อปี (บาท)
	จำนวนรถยนต์	น้ำมันเชื้อเพลิง (แก๊สโซลีน)		พลังงานไฟฟ้า			
		การใช้พลังงาน (ลิตร)	การปล่อย GHG (tCO_2-eq)	การใช้พลังงาน (kW)	การปล่อย GHG (tCO_2-eq)		
2561	-	-	-	-	-	-	-
2562	69	186,381.54	407.52	10,649.52	6.19	418.07	131,310,000.00
2563	133	364,656.54	815.04	20,836.01	12.11	817.96	263,650,000.00
2564	199	543,687.86	1,222.57	31,065.38	18.06	1,219.54	400,542,777.78
2565	265	721,215.53	1,630.09	40,209.00	23.95	1,617.75	513,330,000,00
2566	331	899,493.53	2,037.61	51,395.50	29.88	2,017.64	662,670,000,00
2567	398	1,077,771.53	2,445.13	61,581.99	35.80	2,417.53	794,010,000.00
2568	464	1,256,049.52	2,852.66	71,768.49	41.72	2,817.43	925,350,000.00
2569	530	1,385,706.25	3,260.18	79,176.85	46.03	3,108.26	1,020,870,000.00
2570	597	1,612,605.51	3,667.70	92,141.48	53.56	3,617.21	1,188,030,000.00
2571	663	1,790,883.51	4,075.22	102,327.97	59.48	4,017.10	1,319,370,000.00
2572	729	1,969,161.51	4,482.74	112,514.47	65.40	4,417.00	1,450,720,000.00
2573	795	2,148,339.90	4,890.27	122,700.96	71.33	4,818.89	1,582,050,000.00

หมายเหตุ: * งบประมาณการลงทุน คำนวณโดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 15,

** ก๊าซเรือนกระจกจากไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ ในภาคผนวก ค

6.2 แผนการดำเนินงานระยะกลาง เป็นการดำเนินมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ในภาครัฐ และภาคธุรกิจการค้า รวมทั้งการติดตั้งโซล่ารูฟท็อปในภาคประชาชน รวมกำลังการติดตั้งทั้งหมดจำนวน 2,900 kWp แบ่งจำนวนการติดตั้งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อยู่ในหน่วยงานภาครัฐจำนวน 2 MW และกลุ่มภาคประชาชนจำนวน 900 kW ลักษณะการติดตั้งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ที่ไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งกำหนดให้ดำเนินงานตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2562 และการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งที่จะต้องมีขั้นตอนการขออนุญาต กำหนดให้เริ่มดำเนินงานในปี พ.ศ. 2563 มีแผนการดำเนินงาน ดังตาราง 27

ตาราง 27 แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการติดตั้งโซล่าเซลล์

ขั้นตอนและกิจกรรมในการดำเนินการ	ผู้ดำเนินการ	ระยะเวลาดำเนินการ ปี พ.ศ.2561-2573												
		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
1. ติดตั้งระบบโซล่าเซลล์แบบไม่เชื่อมเข้ากับสายส่ง (ดำเนินการเอง)	- เทศบาลฯ - กลุ่มธุรกิจร้านค้าและบริการ													
2. ติดตั้งระบบโซล่าเซลล์แบบเชื่อมกับระบบสายส่ง (ดำเนินการเอง)	- เทศบาลฯ - กลุ่มธุรกิจร้านค้าและบริการ													
3. ติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ ที่ต้องขอรับการอุดหนุนงบประมาณ	- เทศบาลฯ - กลุ่มธุรกิจร้านค้าและบริการ													
4. ประชาสัมพันธ์ให้ความรู้และความเข้าใจ	- เทศบาลฯ													

จากแผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบโซล่าเซลล์ที่ใช้ติดตั้งบนหลังคาที่แบ่งการติดตั้งออกเป็น 2 กลุ่ม มีรายละเอียดดังนี้

6.2.1 กลุ่มที่เป็นหน่วยงานภาครัฐ ดำเนินงานโดยเทศบาลเมืองพะเยา แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ระยะ ระยะแรกเป็นการพิจารณาใช้งบพัฒนาประจำปีของเทศบาลเมืองพะเยาสำหรับดำเนินการ ซึ่งสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็วแต่งบประมาณมีอย่างจำกัด จึงเลือกที่จะดำเนินการในช่วงแรกปี พ.ศ. 2562-2565 จำนวน 400 kW มีการติดตั้งเฉลี่ยปีละ 100 kWp ระยะที่สองติดตั้ง ปี พ.ศ. 2566-2573 จำนวน 1.6 MW ใช้การขอรับงบอุดหนุนโครงการจากส่วนกลาง ซึ่งเป็นการขอรับงบประมาณที่ดำเนินโครงการที่เกินศักยภาพของเทศบาล สำหรับนโยบายที่มีการสนับสนุนจากภาครัฐเป็นการรับซื้อไฟฟ้าที่เหลือ

ใช้หรือผลิตได้โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้ในราคาหน่วยละ 1.00 บาท/kWh (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2564)

6.2.2 กลุ่มที่เป็นภาคเอกชนโดยเป้าหมายการส่งเสริมมุ่งที่กลุ่มผู้ประกอบการร้านค้าและบริการภายในเขตเทศบาล จำนวน 84 แห่ง และตลาดอีก 6 แห่ง รวมจุดติดตั้งฯ ทั้งหมดจำนวน 90 แห่ง ทำการติดตั้งแห่งละ 10 kW งบประมาณการลงทุนภาคเอกชนจะออกค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์เองทั้งหมด ด้านนโยบายที่มีการสนับสนุนจากภาครัฐเป็นการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้หรือเหลือใช้ในราคาหน่วยละ 2.20 บาท/kWh (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2564) สำหรับเทศบาลฯ จะช่วยในการสร้างความเข้าใจและประชาสัมพันธ์ให้ภาคประชาชนได้ รับรู้ รับทราบถึงนโยบายที่หน่วยงานภาครัฐได้สนับสนุนส่งเสริม รวมทั้งการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้สนใจ ด้านการให้บริการประเมินกำลังการติดตั้งโซล่าเซลล์ การให้คำแนะนำเรื่องความคุ้มค่าความคุ้มทุน ตลอดจนการให้คำแนะนำเรื่องอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการดังกล่าว

แผนการดำเนินงานมาตรการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในระบบสายส่งสำหรับเทศบาลเมืองพะเยา ที่จะทำการติดตั้งจำนวน 2.9 MW ภายในปี พ.ศ. 2573 ดังตาราง 28

ตาราง 28 แผนการดำเนินงานมาตรการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยา

ปี พ.ศ.	การติดตั้งโซล่าเซลล์ (kW)			* งบประมาณการลงทุน (บาท)	* กำลังการผลิตไฟ (kW)	** ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (tCO_2–eq)
	เทศบาลฯ	เอกชน	รวม			
2561	–	–	–	–	–	–
2562	100	50	150	9,428,879.31	224,688.10	130.61
2563	100	50	300	9,428,879.31	449,376.20	261.22
2564	100	50	450	9,428,879.31	674,064.30	391.83
2565	100	50	600	9,428,879.31	898,752.39	522.44
2566	200	50	850	15,714,798.85	1,273,232.56	740.13
2567	200	50	1,100	15,714,798.85	1,647,712.72	957.82
2568	200	100	1,400	18,857,758.62	2,097,088.92	1,219.04
2569	200	100	1,700	18,857,758.62	2,546,465.12	1,480.26
2570	200	100	2,000	18,857,758.62	2,995,841.32	1,741.48
2571	200	100	2,300	18,857,758.62	3,445,217.51	2,002.70

ตาราง 28 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	การติดตั้งโซล่าเซลล์ (kW)			* งบประมาณการลงทุน (บาท)	* กำลังการผลิตไฟ (kW)	** ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (tCO_2-eq)
	เทศบาลฯ	เอกชน	รวม			
2572	200	100	2,600	18,857,758.62	3,894,593.71	2,263.93
2573	200	100	2900	18,857,758.62	4,343,969.91	2,525.15

หมายเหตุ: * งบประมาณการลงทุน คำนวณโดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 14

** ก๊าซเรือนกระจกจากไฟฟ้า ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ ในภาคผนวก ค

6.3 แผนการดำเนินงานระยะยาว เป็นการดำเนินมาตรการจำจัดขยะมูลฝอยด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) แผนการดำเนินงานกำหนดให้เริ่มดำเนินการในปี พ.ศ. 2567 จนถึงปี พ.ศ. 2573 แบ่งการลดก๊าซเรือนออกเป็น 2 แนวทาง คือ การลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) เพื่อนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ และการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการนำขยะไปผลิตเป็นขยะเชื้อเพลิง RDF ดังนั้นก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากแผนการดำเนินงานนี้จึงขึ้นอยู่กับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละปี แผนปฏิบัติการ ดังตาราง 29

ตาราง 29 แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยมาตรการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster)

ขั้นตอนและกิจกรรมในการดำเนินการ	ผู้ดำเนินการ	ระยะเวลาดำเนินการ ปี พ.ศ.2561–2573												
		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
1. เลือกพื้นที่ และศึกษากฎหมายที่เกี่ยวข้อง	– เทศบาลฯ		↔											
2. ออกแบบ	– เทศบาลฯ – กรมควบคุมมลพิษ		↔											

ตาราง 29 (ต่อ)

ขั้นตอนและกิจกรรมในการดำเนินการ	ผู้ดำเนินการ	ระยะเวลาดำเนินการ ปี พ.ศ.2561–2573												
		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
3. – วิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม – รับฟังความคิดเห็นประชาชน	– จ้าง บ. เอกชน – จ้าง มหาวิทยาลัย			↔										
4. ของบประมาณ	– เทศบาลฯ			↔	↔									
5. ก่อสร้าง	– บ.เอกชน				↔	↔	↔							
6. ดำเนินการ	– เทศบาล						↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔

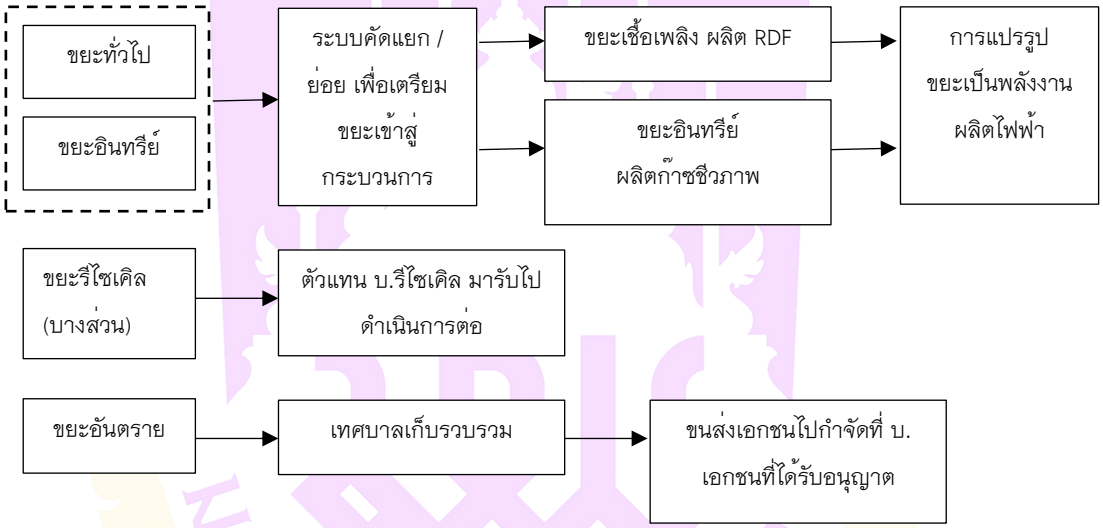
จากแผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งหมด ใช้ข้อมูลขยะที่เกิดขึ้น ปี พ.ศ. 2561 สำหรับเป็นเกณฑ์พิจารณาดำเนินการ โดยมีขยะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2561 มีจำนวนทั้งสิ้น 6,568.01 ตัน ซึ่งมีขยะเกิดขึ้นเฉลี่ยประมาณ 20 ตัน/วัน แบ่งตามสัดส่วนขององค์ประกอบขยะที่เกิดขึ้นได้ ดังตาราง 30

ตาราง 30 แสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2561 โดยแยกตามองค์ประกอบของขยะ

ประเภทขยะ	จำนวน (ตัน)	องค์ประกอบขยะ (%)
เศษอาหาร	4,209.44	64.09
กระดาษ	503.11	7.66
พลาสติก	1,144.80	17.43
แก้ว	176.68	2.69
โลหะ	118.22	1.8
ไม้/ใบไม้	30.87	0.47
ยาง/หนัง	91.30	1.39
ผ้า	58.46	0.89
อื่น ๆ	235.13	3.58
รวม	6,568.01	100

ที่มา: เทศบาลเมืองพะเยา, 2561

ข้อมูลในตาราง 30 นำมาจัดการตามประเภทและเทคโนโลยีการจัดการขยะ คือ ประเภทขยะอินทรีย์ จำนวน 4,209.44 ตัน คิดเป็นร้อยละ 64.09 ของปริมาณขยะทั้งหมด จัดการด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) เพื่อนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ ส่วนขยะที่สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ ประเภทกระดาษ พลาสติก ไม้/ใบไม้ ยาง/หนัง และผ้า จำนวน 1,828.53 ตัน คิดเป็นร้อยละ 27.84 ของปริมาณขยะทั้งหมด จัดการด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) ส่วนขยะรีไซเคิลทำการคัดแยกแล้วให้ตัวแทนรับไปดำเนินการต่อ ส่วนขยะอันตรายทำการเก็บรวบรวมแล้วส่งไปกำจัดที่บริษัทเอกชนที่ได้รับอนุญาต รูปแบบแผนการดำเนินการดังภาพ 40



ภาพ 40 แผนการดำเนินการจัดการขยะด้วยศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster)

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2559

มาตรการกำจัดขยะด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) การลดก๊าซเรือนกระจกโดยการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการขยะมูลฝอยสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดให้ดำเนินการตามรูปแบบศูนย์บริหารจัดการชีวมวลแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สามารถรองรับขยะได้เฉลี่ย 30 ตัน/วัน และกำหนดเริ่มดำเนินการในปี พ.ศ. 2567 ปริมาณขยะที่นำเข้าสู่ระบบเป็นข้อมูลจากการคาดการณ์แบบกรณีปรกติ (BAU) ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2562–2573 และข้อมูลที่ใช้คำนวณปริมาณการผลิตขยะเชื้อเพลิง (RDF) อ้างอิงจากศูนย์การเรียนรู้การผลิต

เชื้อเพลิงขยะ จังหวัดปทุมธานี และต้นแบบเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะและปุ๋ยอินทรีย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2561) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) สำหรับเทศบาลเมืองพะเยา ดังตาราง 31

ตาราง 31 แผนการดำเนินงานมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster)

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะจากการคาดการณ์ BAU (ตัน)		เข้าสู่ระบบการจัดการ (ผลผลิต)		ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซชีวภาพ (kWh)	ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (การจัดการขยะ+ทดแทนไฟฟ้าจากกริด) (tCO_2-eq)
	ขยะอินทรีย์	ขยะ RDF	ก๊าซชีวภาพ (กิโลกรัม)	RDF (ตัน)		
2561						
2562						
2563			ดำเนินการขออนุญาต และทำการก่อสร้าง			
2564						
2565						
2566						
2567	3,858.83	1,676.24	86,462.71	147.04	1,276,542.32	4,650.60
2568	3,803.68	1,652.28	85,226.97	144.94	1,258,297.75	4,583.62
2569	3,749.22	1,628.62	84,006.73	142.86	1,240,282.05	4,517.58
2570	3,695.34	1,625.21	82,799.29	140.81	1,222,455,27	4,452.44
2571	3,641.93	1,582.01	81,602.67	138.77	1,204,788.33	4,388.20
2572	3,588.90	1,558.98	80,414.42	136.75	1,187,244.92	4,324.81
2573	3,536.13	1,536.06	79,232.08	134.74	1,169,788.69	4,262.23

หมายเหตุ: ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเป็นการคำนวณจากปริมาณการเกิดขยะต่อหัวประชากร ใช้ข้อมูลประชากรจาก ตารางที่ 24, ผลผลิต ก๊าซชีวภาพ และ RDF คำนวณโดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 17, 18, ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซชีวภาพใช้ข้อมูลจาก คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน พลังงานขยะ (2554), ค่าสัมประสิทธิ์ก๊าซเรือนกระจกจากไฟฟ้า ในภาคผนวก ค

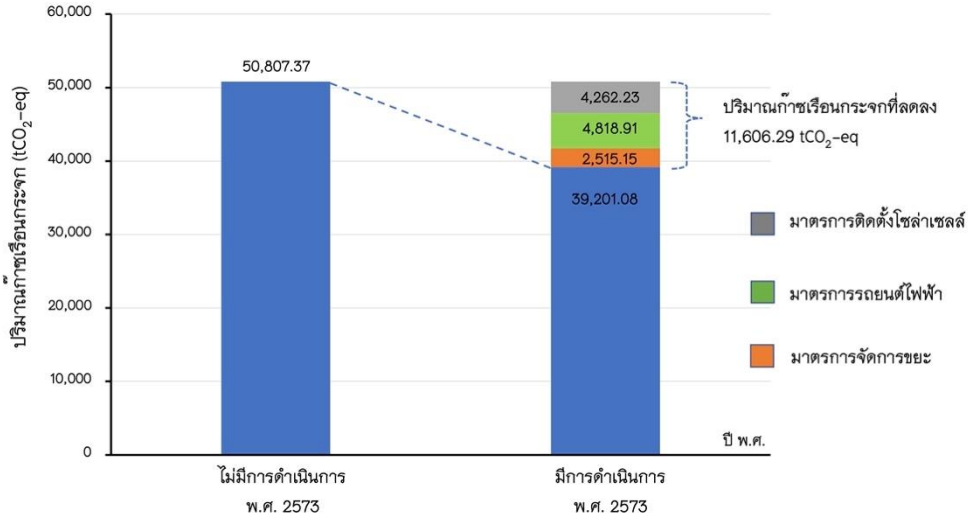
ผลการดำเนินการตามแผนลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยาทั้ง 3 ระยะ ซึ่งประกอบด้วยการดำเนินมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบโซล่าเซลล์ที่กำหนดการติดตั้งระบบโซล่ารูฟท็อปทั้งหมดจำนวน 2.9 MW การดำเนินมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car) ที่กำหนดให้มีการการใช้รถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 795 คัน และการดำเนินมาตรการกำจัดขยะด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) ที่เปลี่ยนวิธีการจัดการขยะด้วยการฝังกลบและขนทิ้งเป็นการนำขยะมาเปลี่ยนเป็นพลังงาน หากดำเนินการทั้งหมดตามแผน ในปี พ.ศ. 2573 เทศบาลเมืองพะเยาจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 11,606.29 tCO_2-eq รายละเอียด ดังตาราง 32

ตาราง 32 ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินการตามแผน

ปี พ.ศ.	มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก (tCO_2-eq/year)			ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงทั้งหมด (tCO_2-eq/year)
	โซล่ารูฟท็อป	รถยนต์ไฟฟ้า	ศูนย์กำจัดขยะ	
2561	-	-	-	-
2562	130.61	401.58	-	532.19
2563	261.22	803.15	-	1,064.37
2564	391.83	1,204.73	-	1,596.56
2565	522.44	1,606.30	-	2,128.74
2566	740.13	2,007.88	-	2,748.01
2567	957.82	2,409.46	4,650.60	8,017.88
2568	1,219.04	2,811.03	4,583.62	8,613,69
2569	1,480.26	3,212.61	4,517.58	9,210.45
2570	1,741.48	3,614.18	4,452.44	9,808.10
2571	2,002.70	4,015.76	4,388.20	10,406.66
2572	2,263.93	4,417.33	4,324.81	11,006.07
2573	2,525.15	4,818.91	4,262.23	11,606.29

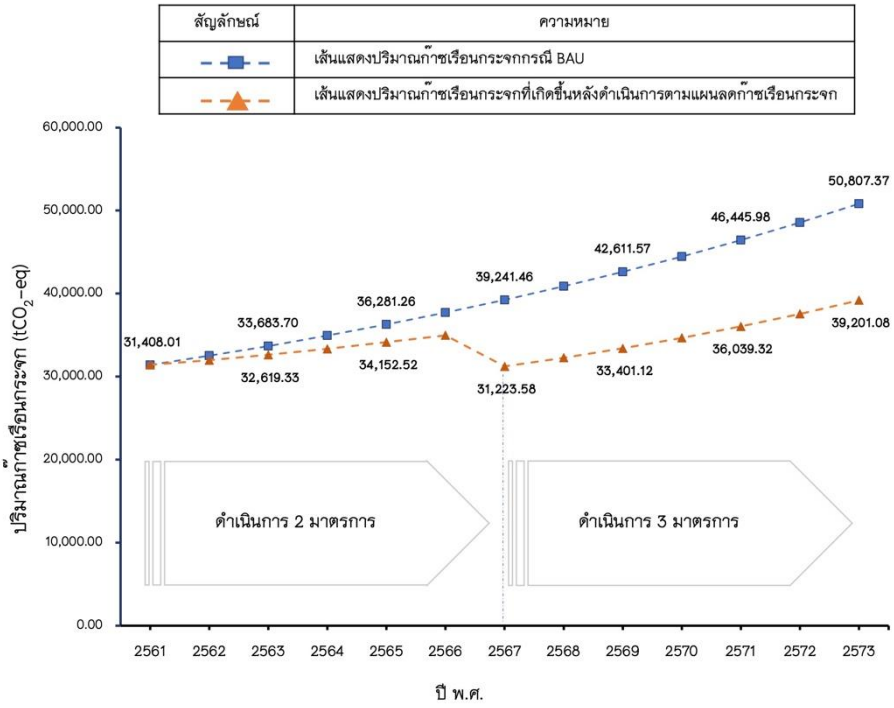
จากข้อมูลตาราง 32 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้ตามแผนดำเนินงาน ในปี พ.ศ. 2573 มีจำนวน 11,606.29 tCO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 22.84 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2573 เป็นผลมาจากการดำเนินมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบโซล่าเซลล์ จำนวน 2,515.15 tCO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.95 การดำเนินมาตรการมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car) จำนวน

4,818.91 tCO_2–eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.48 และมาตรการกำจัดขยะด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) จำนวน 4,262.23 tCO_2–eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 8.39 ดังภาพ 41



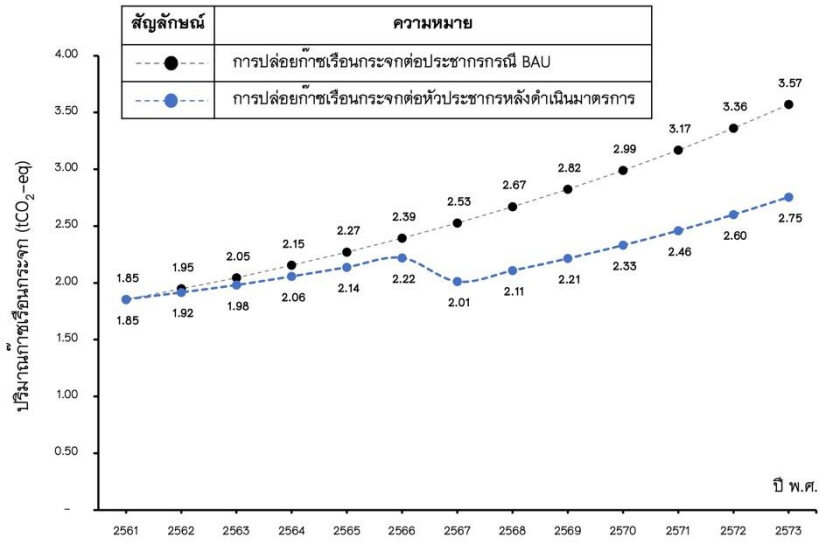
ภาพ 41 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการดำเนินมาตรการ

การดำเนินตามแผนลดก๊าซเรือนกระจกที่มีความเหมาะสมตามบริบทของเทศบาลเมืองพะเยาที่กำหนดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562–2573 จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองที่จะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2573 ลดลงเหลือ 39,201.38 tCO_2–eq จากเดิมที่มีการคาดการณ์ไว้ที่ 50,807.35 tCO_2–eq ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ 22.84 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากคาดการณ์ ซึ่งเกินกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 20 ดังภาพ 42



ภาพ 42 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นหลังดำเนินการตามแผน

จากภาพ 42 แสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายลังจากการดำเนินการตามแผนงาน มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องโดยในช่วงปี พ.ศ. 2562–2566 เป็นการดำเนินมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบโซล่าเซลล์ และมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car) จำนวน 2 มาตรการ และช่วงปี พ.ศ. 2567–2573 เป็นการดำเนินมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบโซล่าเซลล์ มาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car) และมาตรการกำจัดขยะด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) ด้านแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงหลังจากการดำเนินการตามแผน แสดงในรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรของเทศบาลเมืองพะเยาจากปี พ.ศ. 2561 ถึงปี พ.ศ. 2573 ดังภาพ 43



ภาพ 43 แนวโน้มการลดลงของก๊าซเรือนกระจก (ต่อหัวประชากร)

จากภาพ 43 พบว่าในปี พ.ศ. 2561 ประชากรที่อยู่อาศัยภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.85 tCO_2-eq ต่อคน/ปี หากไม่มีการดำเนินการใด ๆ ในปี พ.ศ. 2573 จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเป็น 3.57 tCO_2-eq ต่อคน/ปี และผลจากการดำเนินงานตามแผนด้วยมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 มาตรการ ในปี พ.ศ. 2573 จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงเท่ากับ 2.75 tCO_2-eq ต่อคน/ปี

อภิปรายผล

การพยากรณ์การเกิดก๊าซเรือนกระจกกรณีปกติ (Business As Usual: BAU) การประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา ได้ทำการพยากรณ์แนวโน้มการเกิดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตของเทศบาลเมืองพะเยาด้วยวิธีคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีปกติ (Business as usual: BAU) จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Regression Analysis) คำนวณตามสมการที่ 14 โดยใช้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องย้อนหลัง และหาแนวโน้มไปข้างหน้า แยกการวิเคราะห์ออกเป็นรายกิจกรรม คือ กิจกรรมการใช้เชื้อเพลิง กิจกรรมการใช้ไฟฟ้า กิจกรรมการจัดการของเสีย กิจกรรมการเกษตร (ปลูกข้าว) และกิจกรรมปศุสัตว์ (การเลี้ยงโคเนื้อ) ซึ่งผลการคำนวณพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองกรณีเทศบาลเมืองพะเยามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 31,480.01 tCO_2-eq ในปี พ.ศ. 2561 เป็น 50,807.37 tCO_2-eq ในปี พ.ศ. 2573 คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้น ร้อยละ 61.76 ซึ่งมีความสอดคล้องกับการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคต กรณี

เทศบาลเมืองต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2565) ที่ใช้การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนในอนาคตในกรณีปกติ (Business as usual: BAU) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Regression Analysis) คำนวณตามสมการที่ 14 กำหนดตัวแปรตามบริบทของกิจกรรมที่เกิดขึ้น ผลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองต้นเปา พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองต้นเปามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นจาก 6,757.00 tCO_2–eq ในปี พ.ศ. 2565 เป็น 10,777.00 tCO_2–eq ในปี พ.ศ. 2573 เพิ่มขึ้นร้อยละ 59.49 ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกจากปีฐาน ในกรณีของเทศบาลเมืองต้นเปามีความสอดคล้องกับกรณีเทศบาลเมืองพะเยาที่เพิ่มขึ้นเกินกว่าร้อยละ 50 จากปีฐาน และแนวทางการพยากรณ์แนวโน้มการเกิดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตกรณีเทศบาลเมืองพะเยา และกรณีเทศบาลเมืองต้นเปา ยังสอดคล้องกับการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีเทศบาลตำบลภาชี (การุณย์ ชัยวณิชย์, 2564) ที่ทำการประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองและเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การพยากรณ์ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Regression Analysis) คำนวณตามสมการที่ 14 ผลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลภาชีพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 24,557.51 tCO_2–eq ในปี พ.ศ. 2563 เป็น 26,788.54 tCO_2–eq ในปี พ.ศ. 2573 เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.08 ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกจากปีฐานในกรณีของเทศบาลตำบลภาชีมีความแตกต่างกับกรณีเทศบาลเมืองพะเยา และกรณีเทศบาลเมืองต้นเปา เป็นผลมาจากการกำหนดตัวแปรที่ใช้หาแนวโน้มไปข้างหน้าของเทศบาลตำบลภาชี กำหนดจากผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดต่อหัวประชากรซึ่งแตกต่างจากการกำหนดตัวแปรของกรณีเทศบาลเมืองพะเยา และกรณีเทศบาลเมืองต้นเปาที่กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องแยกออกตามบริบทของกิจกรรม จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความแตกต่างกัน ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพยากรณ์แนวโน้มการเกิดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตที่แตกต่างกันนอกจากการกำหนดตัวแปรที่แตกต่างกันแล้วยังมีกรณีที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกเกิดความเปลี่ยนแปลงไปจากการคาดการณ์ เช่น การเกิดโรคระบาด การเกิดภัยพิบัติ และการเกิดสงคราม เป็นต้น เช่น กรณีโครงการ การพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัดกรณีจังหวัดนครราชสีมา (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2564จ) ที่ใช้วิธีการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ (Business as usual: BAU) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Regression Analysis) เหมือนกับทั้ง 3 กรณีข้างต้น กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องแยกออกตามบริบทของกิจกรรม ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของจังหวัดนครราชสีมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 8,957,950.00 tCO_2–eq ในปี พ.ศ. 2561 เป็น 11,350,470.00 tCO_2–eq ในปี พ.ศ. 2573 คิดเป็นอัตรา

การเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.03 ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของกรณีของจังหวัดนครราชสีมามีความแตกต่างกับกรณีเทศบาลเมืองพะเยานั้น เป็นผลมาจากการคาดการณ์กรณีของจังหวัดนครราชสีมาได้ทำการประเมินรวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการระบาดของ Covid-19 ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ได้ทำการประเมินการใช้พลังงานด้านต่างๆ ภายในประเทศลดลงช่วงที่มีการระบาดของ Covid-19

จากแนวโน้มการเกิดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตของงานวิจัยและกรณีศึกษา พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีเหตุการณ์ที่ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงบ้าง จากการดำเนินกิจกรรมตามปรกติ เช่น ในกรณีการเกิดการระบาดของ Covid-19 ก็ไม่อาจทำให้แนวโน้มของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ลดลงได้ ดังนั้นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตจำเป็นต้องมีมาตรการเพื่อคอยควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมที่เกิดขึ้นให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง ซึ่งเป็นวิธีที่จะต้องเร่งดำเนินการเพื่อลดปัญหาจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของก๊าซเรือกระจกที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก

จากการวิเคราะห์แนวทางความเหมาะสมของมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลเมืองพะเยา จนนำไปสู่การเลือกมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง จำนวน 3 มาตรการ ประกอบด้วย

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มีเป้าหมายการติดตั้งโซล่ารูฟท็อป ในหน่วยงานภาครัฐ ภาคธุรกิจการค้า รวมทั้งภาคประชาชน จำนวนการติดตั้ง 2.9 MW วัตถุประสงค์ของการเลือกมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานสะอาด ไปลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของภาครัฐที่ต้องการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP2018) และลดความเข้มของการใช้พลังงาน(Energy Intensity: EI) ในแผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP2018) ผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากการติดตั้งโซล่ารูฟท็อปตามงานวิจัยนี้จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 2,525.15 tCO_2-eq/ปี ซึ่งมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโซล่าเซลล์เป็นมาตรการที่มีความเหมาะสมด้านภูมิศาสตร์ในหลายพื้นที่ของประเทศ จึงมักถูกเลือกใช้เป็นแนวทางศึกษาการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าทั้งระดับองค์กร ระดับเมือง จนถึงระดับจังหวัด ในกรณีระดับองค์เทศบาลเมืองต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2565) ได้ทำการศึกษาการลดก๊าซ

เรือนกระจกด้วยการติดตั้งโซล่ารูฟท็อปในหน่วยงาน ขนาดการติดตั้ง 1.8 kWp พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการลดการใช้ไฟฟ้าในระบบสายส่งได้ 0.88 tCO_2-eq/ปี ในกรณีระดับเมืองจากการศึกษาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทศบาลตำบลภาชี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (การุณย์ ชัยวณิชย์, 2564) เลือกดำเนินการติดตั้งโซล่ารูฟท็อปในหน่วยงานภาครัฐ และภาคประชาชนเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า จำนวนการติดตั้ง 115 kWp พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 381.60 tCO_2-eq/ปี ในกรณีระดับจังหวัด ที่มีการพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัดกรณีจังหวัดนครราชสีมา (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2564) ที่ศึกษาการพัฒนาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโซล่ารูฟท็อปเพื่อใช้เองในภาครัฐ ภาคธุรกิจการค้า ภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตรรวมทั้งภาคประชาชนทั้งจังหวัด จำนวนการติดตั้ง 36 MWp พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 23,129.00 tCO_2-eq/ปี สำหรับมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมีหลายรูปแบบ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล การผลิตไฟฟ้าจากชีวภาพ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ การผลิตไฟฟ้าจากขยะ เป็นต้น การเลือกดำเนินการจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแหล่งพลังงานรวมทั้งมีการวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับพื้นที่ เพื่อประโยชน์สูงสุดของการดำเนินมาตรการ

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car) ที่มีเป้าหมายการเปลี่ยนการใช้งานรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลประเภทไม่เกิน 7 ที่นั่ง ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงเป็นการใช้รถยนต์ไฟฟ้า เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง สอดคล้องกับนโยบายของภาครัฐที่ต้องการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP2018) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563ก) และลดความเข้มของการใช้พลังงาน (Energy Intensity: EI) (EEP2018) เป้าหมายการใช้รถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมันในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 795 คัน ผลการศึกษาตามเงื่อนไขในการวิจัย พบว่ารถยนต์ไฟฟ้าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 4,818.89 tCO_2-eq/ปี ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้จากใช้รถไฟฟ้าทดแทนการใช้รถยนต์ที่ใช้น้ำมัน มีความสอดคล้องกับการศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาบภายในเป็นยานพาหนะไฟฟ้าของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาบภายในเป็นยานพาหนะไฟฟ้า ผลการศึกษาตามเงื่อนไขการใช้งาน

พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 6 tCO_2-eq/ปี การเลือกใช้มาตรการดังกล่าวและยังสอดคล้องกับการพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในระดับจังหวัด ของจังหวัดนครราชสีมา ที่ศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการในภาคขนส่ง ด้วยการทดแทนรถยนต์ส่วนบุคคลด้วยรถไฟฟ้า (EV Car) จำนวน 800 คัน เงื่อนไขการใช้งานเป็นไปตามที่กำหนด พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1,287.00 tCO_2-eq/ปี ในกรณีการพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกภาคการขนส่งของจังหวัดนครราชสีมานอกจาก การใช้มาตรการทดแทนรถยนต์ส่วนบุคคลด้วยรถไฟฟ้า (EV Car) ยังมีการศึกษามาตรการที่แตกต่างจากการวิจัยดังนี้ การปรับปรุงประสิทธิภาพรถโดยสารสาธารณะภายในจังหวัดด้วยรถโดยสารไฮบริดจำนวน 640 คัน สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 38,741.00 tCO_2-eq/ปี การปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะภายในจังหวัด ด้วยระบบรถไฟฟ้ารางเบา Light Rail Transit (LRT) สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 28,586.00 tCO_2-eq/ปี ภายใต้เงื่อนไขที่จะต้องมีการใช้งาน 15,000 คน/วัน และการทดแทนจักรยานยนต์ส่วนบุคคลด้วยจักรยานยนต์ไฟฟ้า (EV Motorcycle) จำนวน 4,000 คัน สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 2,622.00 tCO_2-eq/ปี สำหรับการเลือกดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคขนส่งในแต่ละพื้นที่จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและความพร้อมของพื้นที่ดำเนินการ เพื่อประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของการลงทุนในการดำเนินมาตรการ

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกจากจัดการขยะกรณีเทศบาลเมืองพะเยาด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) เพื่อดำเนินการกำจัดขยะด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมตามองค์ประกอบที่เกิดขึ้นของขยะ แบ่งการจัดการออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ขยะอินทรีย์กำจัดโดยนำไปผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) เพื่อนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปผลิตไฟฟ้าและการใช้งาน ด้านขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้นำไปผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) จากการศึกษาตามเงื่อนไขของงานวิจัย พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 4,262.23 tCO_2-eq ซึ่งการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการจัดการดังกล่าวมีความสอดคล้องกับ กรณีมหาวิทยาลัยสุรนารีที่มีการจัดการขยะตามองค์ประกอบที่เกิดขึ้น ด้วยการสร้างโรงจัดการขยะแบบครบวงจร ลดการกำจัดขยะที่ต้องขนส่งไปฝังกลบนอกสถานที่ ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนธันวาคม 2556-กันยายน 2559 พบว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 17,428.61 tCO_2-eq โดยมาจากการรีไซเคิล 77.19 tCO_2-eq การผลิตปุ๋ยหมัก 16,955.14 tCO_2-eq และการผลิตเชื้อเพลิงขยะ 510.23 tCO_2-eq มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในการดำเนินโครงการเพียง 113.96 17,428.61 tCO_2-eq/ปี (ภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์, 2560) ด้านการพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกในระดับจังหวัดก็มี

การศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล และวัสดุเหลือใช้ด้วยเช่นกัน ดังในกรณีการพัฒนาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับจังหวัดของจังหวัดนครราชสีมา (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2564) ที่ได้ศึกษาการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะตามองค์ประกอบ โดยแบ่งการจัดการออกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) การจัดตั้งศูนย์คัดแยกขยะเพื่อสนับสนุนการการปรับเปลี่ยนการกำจัดขยะ โดยการเผา (Incineration) เป้าหมายการดำเนินการ 0.95 ล้านตัน/ปี มีศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก 40,413.00 tCO_2-eq 2)การจัดตั้งศูนย์คัดแยกขยะเพื่อสนับสนุนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และผลิตสารปรับปรุงดิน เป้าหมายการดำเนินการ 0.20 ล้านตัน/ปี มีศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก 7,637.00 tCO_2-eq และ 3) การปรับปรุงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยจากการเทกองเป็นการจัดการขยะที่ถูกสุขลักษณะ และติดตั้งระบบรวบรวมก๊าซมีเทนเพื่อเผาทำลาย เป้าหมายการดำเนินการ 3.60 ล้านตัน/ปี มีศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก 91,648.00 tCO_2-eq จากการดำเนินงานข้างต้นจะพบว่าก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะสามารถลดได้หากมีการเลือกใช้เทคโนโลยีในการจัดการขยะที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่และแบ่งการจัดการตามองค์ประกอบของขยะที่เกิดขึ้น

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยา

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยาเป็นการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองที่เกิดขึ้นในบริเวณอาณาเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยา ดำเนินการตามคู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559) มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นใน ปี พ.ศ. 2561 จำนวนทั้งสิ้น 31,408.01 tCO_2-eq มาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ขอบเขต ดังนี้

ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง จำนวน 11,448.64 tCO_2-eq มาจากกิจกรรมที่มีการดำเนินการในเขตพื้นที่ ประกอบด้วย การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคขนส่งจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 9,092.18 tCO_2-eq การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคธุรกิจและภาคครัวเรือนจากการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มจำนวน 1,510.15 tCO_2-eq การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการน้ำเสีย 549.24 tCO_2-eq การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเกษตรและปศุสัตว์ 296.70 tCO_2-eq

ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม จำนวน 15,694.43 tCO_2-eq มาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในเขตเทศบาล

ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ จำนวน 4,264.94 tCO_2-eq มาจากกิจกรรมการจัดการขยะ

ผลการประเมินพบว่า ในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 31,408.01 tCO_2-eq และหากไม่มีการดำเนินการใด ๆ ในปี พ.ศ. 2573 เทศบาลเมืองพะเยาจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึง 50,807.37 tCO_2-eq

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทเทศบาลเมืองพะเยา

การลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทเทศบาลเมืองพะเยาในงานวิจัยนี้ เป็นการกำหนดเป้าหมายในรูปแบบ Single-year goal โดยกำหนดให้ปี พ.ศ. 2573 เป็นปีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งผลจากการคาดการณ์ในปีดังกล่าว จะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นทั้งสิ้น 50,807.37 tCO_2-eq และกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกไว้ที่ร้อยละ

20 คิดเป็นจำนวน 10,161.47 tCO_2-eq หรือจะต้องมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกกิจกรรมไม่เกิน 40,645.90 tCO_2-eq ในปี พ.ศ. 2573

มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมจำนวน 3 มาตรการ ประกอบด้วย

1. มาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง

2. มาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car) ทดแทนรถยนต์ใช้น้ำมัน เพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งทางบก

3. มาตรการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) เพื่อลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะด้วยการฝังกลบและขนทิ้งนอกพื้นที่

แผนการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ประกอบด้วย

1. แผนการดำเนินการระยะสั้น เป็นการดำเนินมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car) ทดแทนรถยนต์ใช้น้ำมัน จำนวน 795 ดำเนินการตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2562-2573

2. แผนการดำเนินการระยะกลาง เป็นการดำเนินมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ การติดตั้งทั้งหมด 2,900 kWp ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562-2573

3. แผนการดำเนินการระยะยาว เป็นการดำเนินมาตรการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) แบ่งการจัดการขยะออกเป็น 2 แนวทาง คือ การลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion) เพื่อนำก๊าซชีวภาพมาใช้ประโยชน์ และการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการนำขยะไปผลิตเป็นขยะเชื้อเพลิง RDF ดำเนินการตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2567-2573

ผลการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากแผนดำเนินการทั้ง 3 ระยะ พบว่าสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 11,606.29 tCO_2-eq ในปี พ.ศ. 2573 โดยมาจาก

1. แผนการดำเนินการระยะสั้นด้วยมาตรการปรับเปลี่ยนรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Car) ทดแทนรถยนต์ใช้น้ำมัน ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองได้ 4,818.91 tCO_2-eq

2. แผนการดำเนินการระยะกลางด้วยมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองได้ 4,818.91 tCO_2-eq

3. แผนการดำเนินการระยะยาวด้วยมาตรการสร้างศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม (Cluster) ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองได้ 4,262.23 tCO_2-eq

จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลเมืองพะเยาในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 31,408.01 tCO_2-eq หากไม่มีการดำเนินการใด ๆ ในปี พ.ศ. 2573 เทศบาลเมือง

พะเยาจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวน 50,807.37 tCO_2–eq จึงทำการกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไว้ที่ร้อยละ 20 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2573 คิดเป็นจำนวน 10,161.47 tCO_2–eq หรือจะต้องมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 40,645.90 tCO_2–eq นำไปสู่กระบวนการหามาตรการและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกลง ซึ่งผลการคำนวณจากการแผนการดำเนินงานและมาตรการทั้งหมดพบว่าสามารถลดก๊าซเรือนกระจกลงได้ 11,606.29 tCO_2–eq ในปี พ.ศ. 2573 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.84 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้น เกินกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ร้อยละ 2.84 (จำนวน 1,444.82 tCO_2–eq) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรของเทศบาลเมืองพะเยาในปี พ.ศ. 2561 พบว่ามีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 1.8 tCO_2–eq/คน/ปี หากไม่มีการดำเนินการใด ๆ จะเพิ่มขึ้นเป็น 3.57 tCO_2–eq/คน/ปี ในปี พ.ศ. 2573 หลังดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกตามแผนจะลงเท่ากับ 2.75 tCO_2–eq/คน/ปี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะระดับนโยบาย

จากการวิจัยเรื่องการประเมินและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา ได้ทำการประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในอาณาเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยา โดยรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 4 กลุ่มกิจกรรม ทำให้พบว่าข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นยังกระจายอยู่ตามหน่วยงานที่รับผิดชอบ และยังไม่มีระบบการจัดเก็บข้อมูล ที่สามารถแสดงผลได้ทันที โดยในระดับนโยบายมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ระบบจัดเก็บข้อมูลและรายงานผล

การพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองให้มีความชาญฉลาดนั้น จำเป็นจะต้องมีการพัฒนาด้านการรับ–ส่งข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่าง ๆ และแสดงสถานะให้เป็นปัจจุบันอยู่ตลอดเวลา โดยจะต้องมีฝ่ายที่รับผิดชอบเพื่อควบคุมดูแลระบบ และคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอยู่เสมอ และที่สำคัญการแสดงสถานะของข้อมูล จะต้องเป็นสาธารณะเข้าถึงง่าย มีความสะดวก ประชาชนสามารถรับรู้ได้ตลอดเวลา

หลังจากมีข้อมูลกิจกรรมที่แสดงสถานะเป็นปัจจุบันแล้ว การรายงานผลก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องสร้างขึ้นเพื่อให้ฝ่ายบริหารได้รับทราบถึงข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปจากการทำนโยบายลดก๊าซเรือนกระจกด้านต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถแสดง

ข้อมูลที่มีสถานะเป็นปัจจุบัน มีความจำเป็นและสำคัญต่อการบริหารงานเพื่อแก้ไขปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งในเรื่องการพิจารณางบประมาณ ตัวชี้วัดประสิทธิภาพโครงการ รวมถึงทิศทางการพัฒนาเมืองอย่างมีประสิทธิภาพ

2. การพัฒนาการจัดการพลังงานไฟฟ้า

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 พบว่า ภายในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองพะเยามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมอื่น ๆ อีก ทั้งแนวโน้มทิศทางการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ไฟฟ้าทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้ไฟฟ้าทดแทนการใช้น้ำมันในการคมนาคมขนส่ง การใช้ไฟฟ้าในอุปกรณ์ทุกอย่างภายในครัวเรือน การผลิตไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ เป็นต้น แนวโน้มเหล่านี้ทำให้ในอนาคตการบริหารจัดการระบบไฟฟ้าเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะมีความจำเป็นมากขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานแบบอัจฉริยะ (Smart Grid) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถช่วยในการจัดการพลังงานไฟฟ้าให้มีความชาญฉลาดได้ แต่จำเป็นต้องมีการเตรียมความพร้อมทางด้านโครงสร้างและการพัฒนาระบบอยู่หลายด้าน เช่น การติดตั้งระบบเซนเซอร์ ระบบกักเก็บข้อมูล และเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติเพื่อให้ระบบไฟฟ้ากำลัง (Power Grid) สามารถรับรู้ข้อมูลสถานะต่าง ๆ ในระบบมากขึ้นเพื่อใช้ในการตัดสินใจอย่างอัตโนมัติ รวมถึงการส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น เพื่อความยั่งยืนในการผลิตและการจ่ายไฟ ดังนั้น นโยบายการพัฒนาเมืองโดยมุ่งเน้นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เพื่อลดการใช้งานจากระบบสายส่ง จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าของเมืองอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการนำผลการวิจัยไปใช้ในระดับปฏิบัติการ ควรมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมในเชิงลึกเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความคุ้มค่า และความเหมาะสมในการนำมาตรการต่าง ๆ มาใช้เพื่อการลดก๊าซเรือนกระจกของเมืองอย่างเหมาะสม

2. การนำมาตรการไปใช้ให้เกิดความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดควรมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินงานหรือการจัดทำโครงการ (Feasibility Study) เพื่อใช้ในการขอรับการสนับสนุนงบประมาณจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

3. เทศบาลเมืองพะเยาควรจะจัดตั้งหน่วยให้ความรู้แก่ประชาชน ชุมชน ในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองพะเยาให้รับรู้ รับทราบ และปฏิบัติตามศักยภาพที่จะนำไปสู่การลดปริมาณการ

ปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อรองรับการเป็นเมืองที่มีความชาญฉลาดทางด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรคำนึงถึงตัวแปรใหม่ ๆ หรือสถานการณ์ที่ส่งผลกระทบทำให้ตัวแปรมีการเปลี่ยนแปลงจากสถานการณ์ปกติ เช่น การเกิดโรคระบาด การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ และวิกฤตการณ์สงคราม เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากการคาดการณ์ในอนาคตอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยเหล่านี้

2. ในการทำวิจัยด้านแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองในอนาคต ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกที่จะมีการพัฒนาและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น รวมถึงควรศึกษาข้อเสนอทางเลือกใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ในการพัฒนาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับเมือง

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2559). **แผนแม่บทการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559–2564**. สืบค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2565. จาก https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/05/pcdnew-2020-05-24_04-53-54_546825.pdf

กรมธุรกิจพลังงาน. (2560). **สรุปองค์ความรู้ เรื่อง "Smart Grid โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ คืออะไร? ตามแผนจัดการความรู้ (KM) กรมธุรกิจพลังงาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560**. สืบค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2564. จาก https://www.doeb.go.th/kmv2/smart-grid190560.pdf.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน พลังงานขยะ.** สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2565. จาก https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/พลังงาน%20ขยะ.pdf.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). **แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1**. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2564. จาก http://www.eppo.go.th/images/Infromation_service/public_relations/PDP2018/PDP2018Rev1.pdf.

กรมสรรพสามิต. (2564). **หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการรับสิทธิตามมาตรการ การสนับสนุนการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าประเภทรถยนต์และจักรยานยนต์**. สืบค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2565. จากhttp://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2565/E/120/T_015. PDF

กรมสรรพสามิต. (2564). **ประกาศกรมสรรพสามิต เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการรับสิทธิตามมาตรการสนับสนุนการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าประเภทรถยนต์และรถจักรยานยนต์**. สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2565. จาก http://www.ratchakitcha .soc. go.th/ DATA/PDF/*2565*/E/*120*/T_*0015*.PDF.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). **ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ระดับตำบลสำหรับประเทศไทย.** สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2564. จาก https://opendata.data.go.th/dataset/https-www-dede-go-th-more_news-php-cid-547-filename-index.

กระทรวงพลังงาน. (2558). **แผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย พ.ศ.2558–2573**. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2562. จาก http://www.eppo.go.th/images/Power/pdf/smart_gridplan.pdf.

กระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป.). **สรุปข้อมูลพลังงานจังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2559–2563**. สืบค้นเมื่อ

20 พฤษภาคม 2565. จาก https://data.energy.go.th/factsheet/province/56/2017.

การุณย์ ชัยวณิชย์. (2564). การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีศึกษาเทศบาลตำบลภาชี. **วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.** 19, 65–75.

การไฟฟ้านครหลวง. (2563). **Smart Grid คืออะไร? ตอบสนองวิถีชีวิตคนในเมืองอย่างเราได้ยังไงนะ.** สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2565. จาก https://www.mea.or.th/content/detail/82/3131/5524.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดพะเยา. (2561). **ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจำแนกตามประเภทผู้ใช้ของอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ปี 2561** สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2564. จาก http://www.oic.go.th/INFOCENTER7/782/

คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2563). **มติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 3/2563 (ครั้งที่ 152). ประชุมเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2563 ณ ตึกภักดีบดินทร์ ทำเนียบรัฐบาล.** สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2564. จาก https://resolution.soc.go.th/PDF_UPLOAD/2564/P_403276_17.pdf.

คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2564). **ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2564**. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2564. จาก http://www.erc.or.th/ERCWeb2/Upload/Document/Solar%20PV%20Rooftop/ภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย%20ปี%202564/ประกาศโซลร์ประชาชน%202564%20ฉ2.pdf.

คณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ. (2561). **ร่างแผนแม่บทการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart City)**. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2562. จาก รายงานการประชุมคณะกรรมการขับเคลื่อนเมืองอัจฉริยะ ครั้งที่ 2/2561 ณ ทำเนียบรัฐบาล.

คณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ. (2562). **แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564–2573 สาขาพลังงาน**. สืบค้นเมื่อ 3 มกราคม 2565. https://climate.onep.go.th/wpcontent/uploads/2021/09/NDC_Action_Plan_Energy_sector.pdf.

คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. (2559). **รายงานแผนโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยาน**

ยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2565. จาก http://www.eppo.go.th/images/Infromation_service/studyreport/EV_plan.pdf.

ชนนิกานต์ คำยันต์. (2559). **การประเมินและการพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเทศบาลคาร์บอนต่ำ**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เทศบาลเมืองพะเยา. (2561). **รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี 2561**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2562. จากhttps://drive.google.com/file/d/14ctYIXSS5QMqBmjy NSZmrWrtrS4XHG3x/view.

ธารินี แสงทอง. (2557). **การวิเคราะห์ต้นทุนหน่วยสุดท้ายสำหรับการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัศมี. (2557). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 22(1), 1–12.

ภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์. (2560). การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. **วารสารการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย**. 4, 46–55.

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI). (2565). **คู่มือขอรับการส่งเสริมการลงทุน 2565**. สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2565. จาก https://www.boi.go.th/upload/content/ BOI_A_Guide_Web_Th.pdf

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). **รายงานแห่งชาติฉบับที่ 3 (Thailand's third National Communication to the UNFCCC)**. สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2563. จาก https://climate.onep.go.th/wpcontent/uploads /2020/11/BOOKLETBUR3V1.pdf.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). **แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ.2564 – 2573 (NDC roadmap)**. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2564. จาก https://www.onep.go.th/book/แผนที่นำทางการลดก๊าซเร/).

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). **รายงานแห่งชาติฉบับที่ 3 (Thailand's third National Communication to the UNFCCC)**. สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2563. จาก https://climate.onep.go.th/wp-content/uploads/ 2020/11/BOOKLETBUR3V1.pdf.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2564). **การปล่อยก๊าซเรือน กระจกของประเทศไทย ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 25643–2559**. สืบค้นเมื่อ 23 กันยายน 2564. จาก

https://opendata.data.go.th/dataset/ghg-emission.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). **แผนพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579**. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2564. จาก http://www.eppo.go.th/images/Power/pdf/smart_gridplan.pdf.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2559). **สรุปสาระสำคัญจากการ ประชุม COP 21 วันที่ 30 พฤศจิกายน – 11 ธันวาคม 2558กรุงปารีส.** สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2563. จาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/item/740-cop21.

สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพะเยา. (2561). **จำนวนเกษตรกรและการทำปศุสัตว์**. เอกสารรายงาน ผลสำรวจการการเลี้ยงสัตว์ในอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ปี 2561 (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่).

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2562). **สรุปเหตุผลที่สำคัญการใช้พลังงานของครัวเรือน พ.ศ. 2561**. สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2562. จาก http://www.nso.go.th/sites/2014/DocLib13/ด้านเศรษฐกิจ/สาขาพลังงาน/การใช้พลังงานของครัวเรือน/2561/Pocket_2561.pdf.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). **ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัดแบบปริมาณลูกโซ่ ฉบับ พ.ศ. 2561**. สืบค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2564. จาก https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=5628&filename=gross_regional.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). **รายงานการคาดประมาณประชากรของประเทศ พ.ศ. 2553-2583**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564. จาก https://www.nesdc.go.th/ewt_w3c/ewt_dl_link.php?nid=9811.

สำนักวิเคราะห์และประเมินผล. (2564). **ขนาดประชากรระดับจังหวัด จำแนกรายอำเภอ ตั้งแต่ พ.ศ. 2540 – พ.ศ. 2564.** สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564. จาก https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjgwMmE3ZTktNmM5NC00NzEwLWE1YTgtN2JkYjU4Y2ZmNmFjIiwidCI6IjRiNTY3YTJlLTg0MmUtNDZjNy1hNzgwLWUxZTA1ZjFmODRhYyIsImMiOjEwfQ%3D%3D&pageName=ReportSectionb67ce2d71ebb8660c501

เหมือนจิต แจ่มศิลป์, ศิริพร วิริยะตั้งสกุล, ปวีณา พาณิชยพิเชษฐ์, บงกช กิตติสมพันธ์ และพงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์. (2558). การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**, 22(2), 98-108.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). **คู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือน**

กระจกระดับเมือง. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2561. จาก http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/ccf/TGO_CCF_Ebook_V.Sep2559.pdf.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). **ระเบียบวิธีลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER Methodology)**. สืบค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2564. จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-method/tver-methodology-for-voluntary-greenhouse-gas-reduction.html

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). **ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกจากพลังงานหมุนเวียน T-VER-METH-AE-01**. สืบค้นเมื่อ 14 มกราคม 2565. จาก ttp://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-method/tver-methodology-for-voluntary-greenhouse-gas-reduction/ae/item/456-on-grid-renewable-electricity-generation.html

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). **ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้า (Switching from internal combustion engine vehicles to hybrid vehicles/electric vehicles)T-VER-METH-TM-01 ฉบับที่ 03**. สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2564. จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-method/tver-methodology-for-voluntary-greenhouse-gas-reduction/tm/item/2063-switching-ice-vehicles-to-hybrid-vehicles-electric-vehicles.html.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2561). **เทคโนโลยีและศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก**. สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2564. จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/th/download-tver/download/1589/1041/32.html.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2561). **Thailand Voluntary Emission Reduction Program โครงการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 501.12 kW ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.** สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2564. จาก. https://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project/item/*1002-501-12*-kw-solar-rooftop-project-of-chiang-rai-rajabhat-university.html

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2562). **สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก โลกกำลังเผชิญ "ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์" ที่ปกคลุมสูงสุด**. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2563.

จาก http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/โลกกำลังเผชิญ-ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์-ที่ปกคลุมสูงสุด-962.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2562). **คู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ (Low Carbon City)**. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2563. จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/pmr-project-list/item/217-cs-13.html.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2563). **โครงการการพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัด**. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2563. จาก http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/โครงการ-การพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัด-ประจำปีงบประมาณ-2563-12

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2564). **โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานประเทศไทย (T-VER) การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารเพื่อน้ำไปใช้ประโยชน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2564. จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project/item/821-biogas-production-from-food-waste-in-romsak-market-project.html.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2564). **ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกจากการกักเก็บก๊าซมีเทนจากการหมักขยะอินทรีย์แบบไร้อากาศขนาดเล็กเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ (Methane Capture from Anaerobic Organic Waste Treatment for Utilization) T-VER-METH-WM-06 ฉบับที่ 03**. สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2564. จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-method/tver-methodology-for-voluntary-greenhouse-gasreduction/wm/item/472-methane-capture-from-anaerobic-organic-waste-treatment-for-utilization.html

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2564). **ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกการกักเก็บก๊าซมีเทนจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยชุมชน T-VER-METH-WM-04.** สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2565. จาก *http://ghgreduction.tgo.or.* th/th/tver-method/tver-methodology-for-voluntary-greenhouse-gas-reduction/wm/item/470-refused-derived-fuel-rdf-production-from-municipal-solid-waste.html.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2564). **การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (Calculation for Emissions from Solid Waste**

Disposal Sites) T-VER-TOOL-WASTE-01 ฉบับที่ 07. สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2564. จาก http://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-method/tver-tool/ waste/item/482-calculation-for-emissions-from-solid-waste-disposal-sites.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2564). **การพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัด รายงานสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)**. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2564. จาก https://drive.google.com/file/d/1nigGBfIgeXvAajMXOOWluQa8dNdC2THu/view.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2565). **รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เทศบาลเมืองสันต้นเปา จังหวัดเชียงใหม่**. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2565. จาก http://lowcarboncity.tgo.or.th/uploads/gov/report_385_20221017023241.pdf.

Bayindir, R., Colak, I., Fulli, G., and Demirtas, K. (2016). Smart grid technologies and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 66, 499-516.

Lin, J., Liu, Y., Meng, F., Cui, S., and Xu, L. (2013). Using hybrid method to evaluate carbon footprint of Xiamen City, China. **Energy Policy**, 58, 220-227.

Selvakkumaran, S., Limmeechokchai, B., Masui, T., Hanaoka, T. and Matsuoka, Y. (2014). An explorative analysis of CO2 emissions in Thai industry sector under Low carbon scenario towards 2050. **Energy Procedia**, 52, 260-270.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก บทความวิจัย

บทความวิจัยเรื่องที่ 1

Research Article

Received: April 11, 2020; Accepted: September 18, 2020

การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง กรณีศึกษา : เทศบาลเมืองพะเยา

City Carbon Footprint Evaluation, A Case Study: Muang Phayao Municipality

อำนาจ วิชัย และสุรัตน์ เศษโพธิ์*

คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

นเรศ ใหญ่วงศ์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

Amnaj Vichai and Surat Sedpho*

School of Energy and Environment, University of Phayao, Mae Ka, Muang Phayao, Phayao 56000

Naret Yaiwong

Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Ban Du, Muang, Chiang Rai 57100

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในขอบเขตพื้นที่เทศบาลเมืองพะเยา ตามแนวทางการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก หรือ อบก. ครอบคลุมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2561 ประกอบด้วยการใช้พลังงาน การจัดการของเสีย การเกษตรและปศุสัตว์ การใช้ไฟฟ้า และอื่น ๆ เพื่อสำรวจการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญของขอบเขตเมือง ผลการประเมินพบว่าการใช้ไฟฟ้าส่งผลต่อค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยมีสัดส่วนสูงถึง 49.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่ามาจากธุรกิจการค้าและการค้าปลีกภายในพื้นที่ รองลงมาเป็นการใช้พลังงานเชื้อเพลิง 33.26 เปอร์เซ็นต์ และการจัดการขยะมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 13.38 เปอร์เซ็นต์ แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในอนาคตควรมุ่งเน้นไปที่การลดการใช้ไฟฟ้า การลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง รวมถึงพิจารณาวิธีการจัดการขยะ โดยการดำเนินการดังกล่าวต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับบริบทในการดำเนินงานของเมือง เพื่อให้การดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ : ก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง; การลดก๊าซเรือนกระจก; เทศบาลเมืองพะเยา

Abstract

This research evaluated the emission of greenhouse gases (GHG) in Muang Phayao municipality area according to guidelines on city-level GHG emission by Thailand Greenhouse Gas

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** sedpho@gmail.com

doi: 10.14456/tstj.2021.59

Emission Organization (TGO). Related activity data for the year 2018 were collected, including energy consumption, waste management, agriculture and livestock production, electricity consumption, and other associated activities to determine significant GHG emission in Muang Phayao boundary. The results showed that electricity consumption from commercial and retail is the most prominent emission source at 49.23 percent, followed by fuel energy consumption at 33.26 percent, while open dump waste management amounts for 13.38 percent. Guidelines on reducing Muang Phayao municipality' s GHG emissions should be focused on reducing electricity and fuel energy consumption, and considering better waste management practices appropriate to Muang Phayao Municipality area's contexts for efficient and sustainable GHG emission reduction.

Keywords: city carbon footprint; greenhouse gas reduction; Muang Phayao municipality

1. บทนำ

สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจกปี พ.ศ. 2562 มีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศระดับสูงสุดเป็นประวัติการณ์ ซึ่งแนวโน้มปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะยาวส่งผลอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบรุนแรงมากยิ่งขึ้น เช่น อุณหภูมิปกติของโลกเพิ่มสูงขึ้น การเกิดลมฟ้าอากาศสุดขั้ว (extreme weather) ตลอดจนความเสี่ยงจากภัยพิบัติ อาทิ ภัยแล้ง น้ำท่วม ที่ทวีความรุนแรง [1] สภาวะปัญหาที่เกิดขึ้นนำมาสู่การเคลื่อนไหวจากหลายภาคส่วนในการพยายามสร้างความตระหนักถึงภาวะฉุกเฉินด้านภูมิอากาศ และร่วมกันทบทวนเพื่อหามาตรการ สร้างข้อกำหนดเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พร้อมผลักดันให้ประเทศกำลังพัฒนาจัดทำแผนและยุทธศาสตร์การพัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (low carbon society) [2]

ทั้งนี้ในการจัดทำแผนและยุทธศาสตร์การพัฒนานั้น ต้องศึกษากิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุที่มาของปัญหา แล้วจึงนำมาลำดับความสำคัญของการวางแนวนโยบายเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกลง ที่ผ่านมามีการศึกษาลักษณะดังกล่าวทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น การประเมินและการพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองกรณีศึกษาเทศบาลตำบลด่านซ้าย จังหวัดเลย [3] ที่ใช้แนวทางการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (city carbon footprint, CCF) ทำให้ทราบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเมืองเกินกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมาจากการใช้เชื้อเพลิงภาคอุตสาหกรรม การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรกรณีเทศบาลเมืองหนองสำโรง [4] ใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (carbon footprint for organization) พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการจัดการขยะขององค์กรมีสัดส่วนถึงร้อยละ 90 ของกิจกรรมทั้งหมด สำหรับการศึกษาในต่างประเทศ เช่น การศึกษาที่เมือง Shenyang สาธารณรัฐประชาชนจีน เรื่อง นโยบายระดับท้องถิ่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [5] โดยประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเมือง Shenyang ประเทศจีน การศึกษาพบว่าการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อย GHG ในระดับเมืองนั้นจะช่วยทำให้ทราบว่าอุตสาหกรรมประเภทไหนหรือภาคส่วนใดที่จะสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง จะเห็น

ได้ว่าการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถนำไปสู่การวางแผนนโยบายการพัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำ ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

สำหรับเทศบาลเมืองพะเยานั้น เป็นหนึ่งในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ได้ให้ความร่วมมือกับองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) เพื่อมุ่งสู่การเป็นเมืองลดคาร์บอน [6] งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และนำไปสู่การกำหนดแนวนโยบายการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

เทศบาลเมืองพะเยาเป็นหนึ่งใน 14 องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ที่ตั้งอยู่ในอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยพื้นที่เทศบาลเมืองพะเยาเป็นศูนย์กลางการดำเนินกิจกรรมที่สำคัญของจังหวัดพะเยาทั้งภาครัฐและภาคเอกชน มีเขตพื้นที่รับผิดชอบประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร หรือ 5,625 ไร่ ประกอบด้วย 2 ตำบล ได้แก่ ตำบลเวียง และตำบลแม่ต๋ำ ณ เดือนกันยายน พ.ศ. 2561 เทศบาลเมืองพะเยา มีประชากร 16,939 คน แบ่งเป็น 14 ชุมชน รวมทั้งหมด 8,113 ครัวเรือน [7] โครงสร้างเศรษฐกิจและรายได้หลักของประชากรในเขตเทศบาลเมืองพะเยานั้น ประกอบด้วย การพาณิชกรรม การอุตสาหกรรมขนาดเล็ก การบริการ และภาคเกษตรกรรม

2.2 การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง

การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา ประกอบด้วยการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน (รูปที่ 1) ดังนี้

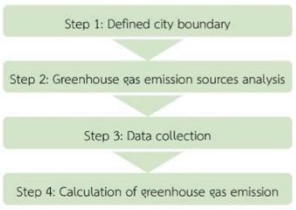


Figure 1 Process of city carbon footprint evaluation

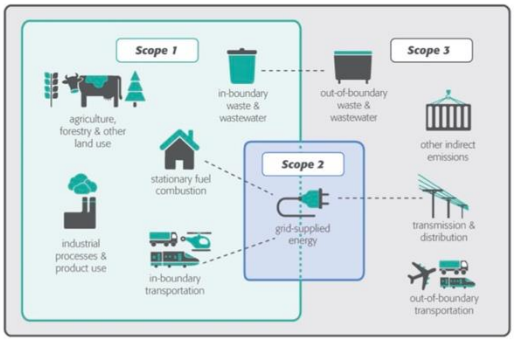


Figure 2 Geographic boundaries and scopes [Source: Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC)]

2.2.1 กำหนดขอบเขตและการดำเนินงานของเมือง

การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (city carbon footprint, CCF) ดำเนินการโดยการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ตามขอบเขตพื้นที่รับผิดชอบที่มีอาณาเขตตามภูมิศาสตร์ทางการเมือง (geopolitical boundary) ตามคู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง [8] แบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็น 3 ขอบเขต ซึ่งแสดงในรูปที่ 2

การประเมินก๊าซเรือนกระจกของเมืองจะระบุตามขอบเขตพื้นที่รับผิดชอบของเทศบาลเมืองพะเยา ครอบคลุมพื้นที่ 5,625 ไร่ (ประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร) โดยจะประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในปี พ.ศ. 2561

2.2.2 สำรวจและวิเคราะห์แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การกำหนดขอบเขตการดำเนินงานตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) จะต้องมีการระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับบริบทของเมือง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ขอบเขต ดังนี้

(1) ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (direct emission) ได้แก่ การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ การรั่วไหลอื่น ๆ ได้แก่ การใช้ปุ๋ยหรือสารเคมี การจัดการขยะมูลฝอยการบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ การเผาขยะประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งมีกิจกรรมที่อยู่ในขอบเขตที่ 1 ดังนี้

(1.1) ภาคพลังงาน ครอบคลุมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ได้แก่ ดีเซล เบนซิน LPG ถ่านไม้ ฟืน เป็นต้น ผลการสำรวจพบว่าเทศบาลเมืองพะเยามีกิจกรรมการใช้พลังงานเชื้อเพลิงภาคครัวเรือน ธุรกิจร้านค้า และบริการการขนส่ง ด้านอุตสาหกรรมที่ดำเนินการภายในเขตเทศบาลเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก ไม่พบการใช้เครื่องจักรกลที่ดำเนินการโดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

(1.2) ภาคการจัดการของเสีย ครอบคลุมกิจกรรมการกำจัดขยะมูลฝอยและการจัดการน้ำเสียภายในเมือง ผลการสำรวจพบว่าเทศบาลเมืองพะเยามีเพียงกิจกรรมการจัดการน้ำเสีย ส่วนการจัดการขยะมูลฝอยดำเนินการนอกเขตการปกครอง ในขอบเขตนี้จึงพิจารณาเฉพาะกิจกรรมการจัดการน้ำเสียเท่านั้น

(1.3) ภาคเกษตรและปศุสัตว์ ครอบคลุมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรและการเลี้ยงสัตว์ ผลการสำรวจพบว่าเทศบาลพะเยามีการเพาะปลูกข้าวนาปีและการเลี้ยงโคเนื้อ

(2) ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (indirect emission) จากการนำพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่ผลิตและจัดหานอกเขตพื้นที่ของเมืองเข้ามาใช้ในพื้นที่ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน หรือพลังงานไอน้ำ ผลการสำรวจพบว่าเทศบาลเมืองพะเยามีเพียงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (grid mix) จึงจะพิจารณาเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น

(3) ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ไฟฟ้า ครอบคลุมกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสาเหตุจากในเขตเมืองแล้วนำไปจัดการนอกเขตเมือง ผลการสำรวจพบว่าเทศบาลเมืองพะเยามีเพียงการจัดการขยะที่นำไปกำจัดนอกเขตปกครองจึงจะพิจารณาเฉพาะกิจกรรมการจัดการขยะเท่านั้น

2.3 การเก็บข้อมูล

การวิจัยนี้ เก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมตาม

ผลสำรวจแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเขตการปกครองของเทศบาลเมืองพะเยา คือ ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ซึ่งรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 และข้อมูลกิจกรรมสำหรับการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาในปี พ.ศ. 2561 แสดงในตารางที่ 2

Table 1 Sources of GHG emission data and activities in Muang Phayao Municipality Area

Items	Sources	Data types
1. Basic information of Muang Phayao municipality such as population, number of households, geopolitical boundary	Annual Performance Report of Muang Phayao Municipality	Secondary data
2. Fuel consumption in the Muang Phayao municipality area including household, business and services, and transportation fuel consumption	National Statistical Office's data on Household Energy Consumption	Secondary data
3. Wastewater quantity and wastewater management in the area	Daily operation report of Muang Phayao Municipality Wastewater Treatment	Secondary data
4. Rice cultivation in the area	Calculated from Muang Phayao Municipality Annual Taxation Map	Secondary data
5. Livestock (beef cattle) in the area	Annual record on livestock raising from Muang District Livestock Office	Secondary data
6. Electricity consumption in the area	Electricity Consumption Report classified by usage from Phayao Provincial Electricity Authority	Secondary data
7. Waste quantity and waste management	Daily operation report of Muang Phayao Municipality Waste Management	Secondary data

Table 2 Inventory of Phayao municipality greenhouse gas emission in 2018

Scopes	Items	Data sources	Quantities	Units
1	Gasoline	National Statistical Office	81,365.43	L
	Diesel	National Statistical Office	1,582,626.06	L
	Gasohol	National Statistical Office	1,980,434.57	L
	LPG vehicle	National Statistical Office	67,979.88	L
	LPG household	National Statistical Office	223,047.26	kg
	Biodiesel and renewable energy	National Statistical Office	6,836.40	L
	Charcoal and firewood	National Statistical Office	233,9645.54	kg
	Wastewater treatment	Muang Phayao Municipality	2,903,038.81	m^3
	Rice cultivation	Muang Phayao Municipality	907	rai
	Livestock (beef cattle)	Phayao Provincial Livestock Office	47	head
2	Electricity	Provincial electricity authority	26,961,723.40	kWh
3	Waste (2011-2017)	Muang Phayao municipality	57,024.18	ton
	Waste (March-December 2018)	Muang Phayao municipality	5,469.34	ton

3.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยา สามารถคำนวณตามคู่มือการจัดทำก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง ซึ่งคำนวณได้จากการนำข้อมูลกิจกรรม (activity data, AD) คูณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor, EF) ดังสมการที่ (1) คือ

$$GHG_i = AD_i \times EF_i \quad (1)$$

โดยที่ GHG_i คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรม i มีหน่วยเป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_{2eq}$) หรือตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_{2eq}) AD_i คือ ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีหน่วยต่างกันไปตามกิจกรรม i (เช่น ลิตร กิโลกรัม ตัน) และ EF_i คือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรม i (โดยมีหน่วยที่สอดคล้องกับข้อมูลกิจกรรม เช่น $kgCO_{2eq}$/ลิตร หรือ $kgCO_{2eq}$/กิโลกรัม) การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานและการใช้ไฟฟ้าสามารถคำนวณตามสมการที่ 1 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากคู่มือการจัดทำก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง [8] ส่วนการประเมินก๊าซเรือนกระจกสำหรับกิจกรรมอื่น ๆ คำนวณได้ดังนี้

3.4.1 การจัดการขยะ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะของเทศบาลเมืองพะเยาแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบเทกอง (open dump) และแบบหลุมฝังกลบโดยนำก๊าซมาผลิตไฟฟ้า ซึ่งแบบเทกองนั้นจะคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้แบบจำลองการย่อยสลายอันดับที่ 1 (first order decay, FOD) [9] ซึ่งปริมาณขยะที่มีการฝังกลบไปก่อนหน้านั้นยังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2561 ด้วย ดังนั้น จึงมีการเก็บข้อมูลขยะย้อนหลังมาประกอบการคำนวณ โดยใช้ปริมาณขยะย้อนหลังของเทศบาลเมืองพะเยาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 มาคำนวณ ซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ (2) คือ

$$GHG_{OD} = \left[\left\{\sum_x \left[MSW_x \times L_0 \times \left(\left(1-e^{-k}\right) \times e^{-k(t-x)}\right)\right] - R_{(t)}\right\} \times \left(1-OX\right)\right] \times 25 \quad (2)$$

โดยที่ GHG_{OD} คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะด้วยวิธีการเทกอง ($kgCO_{2eq}$) MSW_x คือ ปริมาณขยะของเมืองทั้งหมดในปี x (ตัน) L_0 คือ ศักยภาพของการเกิดมีเทน (ตันมีเทน/ตันขยะ) $R_{(t)}$ คือ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ในปีที่ t (ตันมีเทน) OX คือ สัดส่วนก๊าซมีเทนที่ถูกเปลี่ยนรูปในปฏิกิริยาออกซิเดชัน x คือ ปีที่เริ่มต้นในการทิ้งขยะในบ่อเทกอง และ t คือ ปีปัจจุบัน ส่วนการกำจัดขยะที่นำไปฝังกลบนอกพื้นที่แบบ LFG นั้น มีการคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นแบบฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะนั้น นำมาคำนวณรวมกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมของเทศบาลเมืองพะเยาของขอบเขตที่ 3

3.4.2 การจัดการน้ำเสีย

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการน้ำเสียของเทศบาลเมืองพะเยา คำนวณได้ 2 แบบ คือ บ่อแฟคคัลเตทีฟ (facultative pond) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 5 ตารางกิโลเมตร และการปล่อยทิ้งทั่วไป ซึ่งการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากน้ำเสีย [9] คำนวณได้จากสมการที่ (3) คือ

$$GHG_{FP} = \left\{\left[\left(\left(TOW - S\right) \times EF_{FP}\right) - R\right] \times 10^{-3}\right\} \times 25 \quad (3)$$

โดยที่ GHG_{FP} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากระบบบำบัดน้ำเสีย ($kgCO_{2eq}$) TOW คือ ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (กิโลกรัมบีโอดี) S คือ ปริมาณกากตะกอนน้ำเสียที่ถูกลอกออก (กิโลกรัมบีโอดี) EF_{FP} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากสารอินทรีย์ (กิโลกรัมมีเทน/กิโลกรัมบีโอดี) และ R

คือ ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ในปีนั้น ๆ (กิโลกรัมมีเทน)

3.4.3 การเพาะปลูกข้าว

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าว สามารถคำนวณจากมีเทนที่เกิดขึ้นจากการขังน้ำในนาข้าวในช่วงของการปลูกข้าว (rice cultivation) [9] ทั้งนี้การคำนวณจะไม่รวมไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ย ซึ่งในเขตเทศบาลเมืองพะเยานั้นเป็นการปลูกข้าวนาปีและเป็นข้าวชนิดที่ไวต่อช่วงแสง ดังนั้นการคำนวณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในนาข้าวคำนวณได้จากสมการที่ (4) คือ

$$GHG_{RC} = \left[EF_{RC} \times t \times A\right] \times 25 \quad (4)$$

โดยที่ GHG_{RC} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าว ($kgCO_{2eq}$) EF_{RC} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายวันของระบบการเพาะปลูก (กิโลกรัมมีเทน/ไร่) t คือ ระยะเวลาการเพาะปลูกข้าวของระบบการเพาะปลูก (วัน) และ A คือ พื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวรายปี (ไร่) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายวันของระบบการเพาะปลูก EF_{RC} คำนวณได้จากคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกเล่มที่ 4 [9]

3.4.4 ปศุสัตว์และการจัดการมูลสัตว์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเลี้ยงสัตว์ในเขตเมืองมาจาก 2 ส่วน คือ มีเทนที่เกิดจากการย่อยอาหาร (ในลำไส้) ของสัตว์ (enteric fermentation) และมีเทนที่เกิดจากการจัดการมูลสัตว์ (manure management) สำหรับในเขตเทศบาลเมืองพะเยานั้นมีเฉพาะการเลี้ยงโคเนื้อเท่านั้น โดยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการย่อยอาหารของโค [9] คำนวณได้จากสมการที่ (5) คือ

$$GHG_{EF} = \left[N \times EF_{EF}\right] \times 25 \quad (5)$$

โดยที่ GHG_{EF} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยอาหารของโค ($kgCO_{2eq}$) N คือ จำนวนโคในเขตเมือง (ตัว) และ EF_{EF} ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยอาหารของโค (กิโลกรัมมีเทน/ตัว) โดยค่า EF_{EF} มีค่า 47 กิโลกรัมมีเทนต่อโค 1 ตัว [9] วนของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการมูลโคนั้นคำนวณได้จากสมการที่ (6) คือ

$$GHG_{MM} = \left[N \times EF_{MM}\right] \times 25 \quad (6)$$

โดยที่ GHG_{MM} คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการมูลโค ($kgCO_{2eq}$) N คือ จำนวนโคในเขตเมือง (ตัว) และ EF_{EF} ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยอาหารของโค (กิโลกรัมมีเทน/ตัว) โดยค่า EF_{EF} มีค่า 1 กิโลกรัมมีเทนต่อโค 1 ตัว [9]

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาตามแนวทางการจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองนั้น พบว่าในปี พ.ศ. 2561 เทศบาลเมืองพะเยาปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 31,876.75 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เทศบาลเมืองพะเยามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ที่มาจากการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด โดยกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าของเทศบาลเมืองพะเยา มาจากการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารบ้านเรือนผู้อยู่อาศัย ร้านค้า และอาคารสำนักงานเป็นหลัก คิดเป็นสัดส่วนถึง 49.23 เปอร์เซ็นต์ ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของเทศบาลเมืองพะเยา ซึ่งสอดคล้องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษาของกองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า [10] อย่างไรก็ตาม ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยามีความแตกต่างจากค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองด่านซ้าย จังหวัดเลย ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 มากที่สุดมาจากการใช้เชื้อเพลิงจากภาคอุตสาหกรรม [3] แต่มีความคล้ายคลึงกับเทศบาลนครเชียงรายที่มีค่าการ

ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 มากที่สุด [11] ทั้งนี้เกิดจากเทศบาลเมืองพะเยามีความหนาแน่นของประชากร รวมถึงลักษณะของเมืองที่ประกอบด้วยร้านค้าและธุรกิจค้าปลีกเป็นส่วนใหญ่ โดยสังเกตจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 2-5 มีสัดส่วนรวมกันสูงถึง 53.71 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของเมือง ดังแสดงในตารางที่ 4

ดังนั้นการหาแนวทางการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงควรมุ่งเน้นการลดการใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 1-5 อาทิ ระบบแสงสว่างในอาคาร ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ [12] หากมีการปรับปรุงอุปกรณ์แสงสว่างในอาคารก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะส่งผลกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง [13] นอกจากนี้การติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าบนหลังคา (solar rooftop system) เป็นอีกทางเลือกที่ช่วยลดการใช้ไฟฟ้าของเมือง และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เช่นกัน [14]

Table 3 City carbon footprint of Muang Phayao municipality in 2018

Scopes	Sectors	Items	GHG emission (tCO_2eq)	EF ($kgCO_2eq$/Unit)	Emission sources	Proportion (%)
1	Energy	Gasoline	182.02	2.2376	IPCC Vol. 2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT	0.57
		Diesel	4,343.68	2.7446	IPCC Vol. 2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT	13.62
		Gasohol	4,431.42	2.2376	IPCC Vol. 2 table 2.2, DEDE	13.90
		LPG vehicle	117.10	1.7226	IPCC Vol. 2 table 2.2, DEDE	0.37
		LPG household	694.41	3.1899	IPCC Vol. 2 table 2.2, DEDE	2.18
		Biodiesel and renewable energy	17.96	2.7446	IPCC Vol. 2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT	0.06
		Charcoal and firewood	815.74	3.4039	IPCC Vol. 2 table 2.2, DEDE	2.56
	Waste management	Wastewater treatment	549.24	(eq 3)	equation	1.72
	Agriculture and livestock	Rice cultivation	709.73	(eq 4)	equation	2.23
		Livestock (beef cattle)	56.40	(eq 5, eq 6)	equation (enteric, manure)	0.18
	Sub-total scope 1		11,917.74			37.39
2	Electricity	Electricity	15,694.42	0.5821	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2557 (2014)	49.23
	Sub-total scope 2		15,694.42			49.23
3	Other	Waste	4,118.97	(eq 2)	equation	12.92
		Waste (March-December 2018) (transportation)	145.62	2.7446	IPCC Vol. 2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT	0.46
	Sub-total scope 3		4,264.59			13.38
Total 1 2 3			31,876.75			100.00

Table 4 Eight types of electricity usage proportion of Muang Phayao municipality in 2018

Types	Items	Ratios (%)
1	Residential	44.97
2	Small General Service	21.05
3	Medium General Service	16.46
4	Large General Service	14.50
5	Specific Business Service	1.70
6	Government and Non-profit Organization	0.01
7	Agricultural Pumping	0.40
8	Temporary Service	0.91
Total		100

ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงซึ่งอยู่ในขอบเขตที่ 1 นั้น มีสัดส่วนรองลงมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 กล่าวคือ มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 9,786.63 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็น 30.70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของยานพาหนะภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยา ดังนั้น แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงดังกล่าว อาจพิจารณาแนวทาง เช่น การส่งเสริมการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลที่เป็นรถยนต์อีโคคาร์หรือรถยนต์ไฮบริด ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 3.45 ของชนิดการใช้เชื้อเพลิง และการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคขนส่ง หากผู้บริโภคมีการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากดีเซลพื้นฐานเป็นไบโอดีเซล และแอลพีจีเป็นก๊าซธรรมชาติอัดสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 4.37 ของชนิดการใช้เชื้อเพลิง [15]

สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 นั้น การเก็บข้อมูลพบว่าในเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 เทศบาลเมืองพะเยามีการกำจัดขยะโดยการเทกองในพื้นที่ของทางเทศบาลที่ได้จัดซื้อไว้นอกเขต มีปริมาณรวม 1,098.67 ตัน จะส่งผลให้เกิดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2562 จำนวน 3.96 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แต่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 นั้น เทศบาลเมืองพะเยาได้นำขยะไปกำจัดกับเอกชนที่รับกำจัดขยะที่อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้รถบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน ขาไปบรรทุกขยะเต็ม ขากลับตีเปล่า มีการกำจัดขยะแบบ (landfilled gas, LFG) เนื่องจากพื้นที่ในการกำจัดขยะเดิมไม่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ซึ่งมีการนำก๊าซเรือนกระจก (มีเทน) ไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งจำ 45.62 tCO_2eq (หากกำจัดขยะแบบเทกองจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2562 จำนวน 19.72 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) โดยที่ทางเทศบาลเมืองพะเยาต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่ง อีกทั้งยังเพิ่มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งอีกด้วย

เมื่อลองพิจารณาเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะในพื้นที่เดิม กับการสร้างระบบ LFG ในพื้นที่เดิม และการขนส่งไปกำจัดนอกพื้นที่ โดยใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [16] พบว่าหากปริมาณขยะทั้งหมดในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 6,568 ตัน ขนส่งไปกำจัดที่จังหวัดเชียงใหม่จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 146 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเพียงอย่างเดียว และหากมีการกำจัดขยะในพื้นที่เดิมด้วยวิธีการเทกองจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 24 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และหาก

มีระบบ LFG ในพื้นที่จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะทั้งหมด เนื่องจากระบบ LFG เป็นการรวบรวมขยะมาฝังกลบในหลุมขนาดใหญ่จนเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยาให้เกิดก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อก๊าซมีเทนที่สะสมกันลอยตัวขึ้นมาจะถูกลำเลียงไปตามท่อเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า [17] ต่างจากการฝังกลบแบบทั่วไปที่ปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายของขยะ โดยไม่มีการควบคุมหรือนำไปใช้งาน ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบไว้ในรูปที่ 3

หากมีการนำแนวทางจากการศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขต มาจำลองสถานการณ์กับข้อมูลการดำเนินกิจกรรมของเทศบาลพะเยา พบว่าสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก 5,306.64 tCO_2eq ดังแสดงในตารางที่ 5

Figure 3 Comparative of GHG emission from each waste management method

Table 5 Estimated GHG Emission Reduction

Scopes	Items	GHG emission reduction (tCO_2eq)
Scope 1	Replacing diesel fuel with biodiesel	189.92
Scope 2	Replacing lightbulb in households (all households change 1 fluorescent bulb to LED and turn on 4 hours/day)	87.42
	Installing solar rooftops (1 kWh for all households)	764.71
Scope 3	Changing waste management method to LFG	4,264.59
Total		5,306.64

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การประเมินก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาตามแนวทางการจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2561 พบว่าการดำเนินกิจกรรมของเทศบาลเมืองพะเยาที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ การใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีสัดส่วนมากถึง 49.23 เปอร์เซ็นต์ ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาเป็นการใช้พลังงานเชื้อเพลิง 33.26 เปอร์เซ็นต์ และอีก 12.92 เปอร์เซ็นต์ มาจากการจัดการขยะที่เป็นแบบเทกอง (open dump) ซึ่งดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ส่วนอีกประมาณ 4.59 เปอร์เซ็นต์ ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากกิจกรรมอื่น ๆ สำหรับแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยานั้น ควรพิจารณาการจัดการขยะเป็นอันดับแรกเนื่องจากมาตรการนี้นอกจากจะลดปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะแล้ว ยังสามารถลดก๊าซเรือนกระจกจากการนำไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก LFG ไป

ทดแทนการใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง (grid mix) อีกด้วย ลำดับที่สองควรมีมาตรการการลดการใช้ไฟฟ้า ซึ่งกิจการส่วนใหญ่เป็นร้านค้าและธุรกิจค้าปลีกต่าง ๆ ที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นหลัก โดยการปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงการปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแอลอีดีแทนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ หรือการใช้พลังงานทดแทน เช่น การติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าบนหลังคา (solar rooftop system) จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในช่วงกลางวันลง อันดับสุดท้าย การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิง เช่น การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงจากดีเซลเป็นไบโอดีเซล การรณรงค์การใช้รถยนต์อีโคคาร์หรือรถยนต์ไฮบริด และการติดตั้งเทคโนโลยีการกำจัดขยะที่เหมาะสม ซึ่งจะสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะเช่นกัน ทั้งนี้หากเทศบาลเมืองพะเยานำข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเขตพื้นที่มากำหนดแนวทางปรับเปลี่ยนกิจกรรมและการใช้พลังงานตามบริบทที่เหมาะสม จะสามารถทำให้เทศบาลเมืองพะเยาลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงและมุ่งสู่เป้าหมายการเป็นเมืองคาร์บอนต่ำตามแนวนโยบายที่ได้วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ หน่วยงาน เทศบาลเมืองพะเยา องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดพะเยา สำนักงานพลังงานจังหวัดพะเยา สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพะเยา สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองพะเยา สำนักงานปศุสัตว์อำเภอเมืองพะเยา และหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

7. References

[1] World Meteorological Organization, 2019, Greenhouse Gas Concentration Atmos phere Reach Yet Another High, Available Source: https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-concentrations-atmosphere-reach-yet-another-high, November 30, 2019.

[2] TRF Policy Brief, 2013, Low Carbon Society: Development and Impetus Paradigm, Available Source: http://prp.trf.or.th/download/810, November 30, 2019. (in Thai)

[3] Sununta, N., Sedpho, S. and Sampattagul, S., 2018, City carbon footprint evaluation and forecasting case study: Dan Sai municipality, Chem. Eng. Trans. 63: 277-282.

[4] Nongsamrong Municipality, 2013, Green house Gas Emission of Nongsamrong Municipality, Available Source: http://www.nongsamrong.go.th/files/gallerycontent/file-7465.pdf, December 2, 2019. (in Thai)

[5] Xi, F., Geng, Y., Chen, X., Zhang, Y., Wang, X., Xue, B., Dong, H., Liu, Z., Ren, W., Fujita, T. and Zhu, Q., 2011, Contributing to local policy making on GHG emission reduction through inventorying and attribution: A case study of Shenyang, China, Energy Policy 39: 5999-6010.

[6] Thailand Greenhouse Gas Management

Organization, 2020, Greenhouse Gas Emission in Local Administrative Organizations and Cities, Available Source: http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=56&s2=233&sub3=sub3, June 25, 2020. (in Thai)

[7] Muang Phayao Municipality, 2018, Annual Performance Report of Muang Phayao Municipality 2018, Available Source: https://drive.google.com/file/d/14ctYIXSS5QMqBmjyNSZmrWrtrS4XHG3x/view, December 1, 2019. (in Thai)

[8] Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2016, Guidelines for Assessing the Carbon Footprint of City, 2nd Ed., Available Source: http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/ccf/TGO_CCF_Ebook_V.Sep2559.pdf, January 2, 2020. (in Thai)

[9] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Available Source: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/, December 2, 2019.

[10] Chaivanich, K., 2020, Carbon footprint of an organization: A case study of the Department of Ordnance Engineering Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy, Rajabhat Nakhon Sawan J. Sci. Technol. 12(15): 48-57. (in Thai)

[11] Sampattagul, S. and Khomyan, C., 2016, City Carbon Footprint Evaluation and GHG Mitigation Options Planning Survey for Low Carbon City, Conference Paper, Available Source: https://www.researchgate.net/publication/301732341_City_Carbon_Footprint_Evaluation_and_GHG_Mitigation_Options_Planning_Survey_for_Low_Carbon_City, June 25, 2020. (in Thai)

[12] Coordinating Center for Energy Conservation Building Design, Department of Alternative Energy Department and Efficiency, Ministry of Energy, 2017, Guidelines for Building Design for Energy Conservation, Available Source: http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/guidelinrBEC2017.pdf, December 2, 2019. (in Thai)

[13] Lamrio, T., Klinpet, H. and Tantisattayakul, T., 2020, An energy efficiency improvement opportunities of lighting system in lecture rooms: A case study of Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Thai Sci. Technol. J. 28(7): 1309-1320. (in Thai)

[14] Tantisattayakul, T., Rassameethammachote, P. and Auisakul, M., 2017, Energy, environmental and economic assessment of solar rooftop systems on buildings of Thammasat University, Rangsit Centre, Thai Sci. Technol. J. 25(6): 1084-1099. (in Thai)

[15] Ruengphol, S., 2016, Greenhouse Gas Emission from the Road Transportation Sector in Andaman Provinces, Thailand,

Master's Thesis, Prince of Songkla University, Songkla, 142 p. (in Thai)

[16] Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2020, Carbon Footprint of Products (CFP) Emission Factors, Available Source: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_117a1351b6.pdf, January 5, 2020. (in Thai)

[17] Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2016, Project proposal document "Tha Chiang Tong Landfill Gas Recovery for Electricity Generation", Available Source: http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project/item/823-tha-chiang-tong-landfill-gas-recovery-for-electricity-generation.html, January 2, 2020. (in Thai)

บทความวิจัย เรื่องที่ 2

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 30
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

การศึกษาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง กรณีศึกษา: เทศบาลเมืองพะเยา

Study of Guidelines to Reduce Greenhouse Gas Emissions: Case of Muang Phayao Municipality

อำนาจ วิชัย[1]*, สุรัตน์ เศษโพธิ์[1], การุณย์ ชัยวณิชย์[2]

Amnaj Vichai[1]*, Surat Sedpho[1], Karun Chaivanich[2]

[1]คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

[1]School of Energy and Environment, University of Phayao

[2]กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า 26001

[2]Department of Ordnance Engineering, the Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองกรณีศึกษา เทศบาลเมืองพะเยา โดยมีการนำข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2561 ทำการวิเคราะห์เพื่อเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างมีเป้าหมาย เนื่องจากหากไม่มีการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ภายในปี พ.ศ.2573 เทศบาลเมืองพะเยาจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 54,257.60 tCO_2eq จึงได้ทำการศึกษาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยาจำนวน 4 แนวทาง ได้แก่ มาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (PV) การสร้างโรงคัดแยกขยะ การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และการจัดการขยะแบบฝังกลบ Semi aerobic landfill พบว่า จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในปี 2573 ลงได้เท่ากับ 4,282.91 tCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 18.51 นอกจากนี้หากเริ่มการดำเนินการทั้ง 4 มาตรการตั้งแต่ปี พ.ศ.2562 พบว่ามาตรการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการผลิตเชื้อเพลิงขยะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด รองลงมาเป็นมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การสร้างโรงคัดแยกขยะ และการฝังกลบขยะแบบ Semi aerobic landfill ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง การลดก๊าซเรือน

* *Corresponding author: amnaj.vichai@gmail.com*

Received: 17 ต.ค. 64; Revised: 2 ก.พ. 65; Accepted: 9 มี.ค. 65

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 31
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

Abstract:

This research aimed to study guidelines to reduce greenhouse gas (GHG) emissions in Muang Phayao Municipality. Data on City Carbon Footprint of Muang Phayao Municipality in 2018 was identified as a baseline to predict Business as Usual (BAU) emissions in 2030 which indicated to be 54,257.60 tCO_2eq if no action is taken. Four mitigation options were considered based on activities including PV solar rooftop installations to produce electricity, waste sorting plant system, application of Refuse Derived Fuel (RDF) technology, and Semi-Aerobic Landfill technology. These mitigation projects could reduce GHG emissions in 2030 by 4,282.91 tCO2eq, accounting for 18.51 percent. If started implementing in 2019, the RDF technology mitigation option was the most economically feasible, followed by solar rooftop installation, waste sorting plant system, and Semi-Aerobic Landfill respectively.

Keywords: City Carbon Footprint, Greenhouse Gas Reduction

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งมีความรุนแรงและส่งผลกระทบเป็นวงกว้างอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังจะเห็นได้จากการที่ฤดูกาลต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป ภัยแล้งที่ยาวนานขึ้น รวมทั้งการที่น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น และเกิดโรคอุบัติใหม่ เป็นต้น โดยผลกระทบเหล่านี้ไม่สามารถแก้ไขได้ในอนาคตอันใกล้ ดังนั้นการวางแผนและการเตรียมการในระยะยาวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญ ปัญหาดังกล่าวทำให้หลายประเทศทั่วโลกร่วมมือกันหาวิธีบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น โดยได้ร่วมกันทบทวนเพื่อกำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พร้อมผลักดันให้ประเทศต่าง ๆ รวมถึงประเทศกำลังพัฒนาจัดทำแผนและยุทธศาสตร์การพัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) (สำนักงานสนับสนุนการวิจัย, 2556) ประเทศไทยเป็นอีกหนึ่งประเทศที่เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว โดยได้แสดงเจตจำนงในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ด้วยการลงนามให้ความร่วมมือในการประชุม COP21 เพื่อกำหนดเป้าหมายที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงให้ได้ร้อยละ 20 ภายในปี พ.ศ.2573

ทั้งนี้ การกำหนดแนวทางเพื่อพัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำจะต้องดำเนินการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (City Carbon Footprint: CCF) เพื่อวิเคราะห์และลำดับความสำคัญของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดแผนและนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างถูกต้องและเหมาะสมกับบริบทของเมือง ที่ผ่านมามีการศึกษาลักษณะดังกล่าว อาทิ การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือน

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 32
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

กระจกของเทศบาลตำบลด่านซ้าย จังหวัดเลย (Sununta & Sampattagul, 2018) ทำให้ทราบถึงสาเหตุสำคัญของการเกิดก๊าซเรือนกระจกของเมืองมาจากการใช้เชื้อเพลิงภาคอุตสาหกรรม นำไปสู่การกำหนดแนวทางและวิธีการดำเนินการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง นอกจากนี้ ชนนิกานต์ คำยันต์ และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล (2559) ได้ศึกษาถึงแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับเมือง ด้วยการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) เพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัด การผลิตไฟฟ้าใช้เองด้วยการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (PV) เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าชนิด LED ในครัวเรือนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์แสงสว่าง ซึ่งเป็นผลมาจากการศึกษาข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง และการดำเนินนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับของจังหวัดของจังหวัดกาฬสินธุ์ที่มีการจัดทำโครงการพัฒนาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัดขึ้น อันเป็นผลมาจากการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกในระดับจังหวัดที่ทำให้ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่พบมากที่สุดมาจาก ภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ที่ดิน รองลงมาเป็นภาคพลังงานและภาคขนส่งตามลำดับ นำไปสู่การจัดทำมาตรการที่ให้ความสำคัญกับภาคการเกษตรเป็นลำดับแรก เช่น ลดการเผาในพื้นที่เกษตร การปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกข้าว การเพิ่มพื้นที่สีเขียว และมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน มาตรการด้านพัฒนาพลังงานทดแทน มาตรการใช้รถ EV มาตรการ Car Free Day เป็นต้น (รัชพร สิงขโรทัย, 2565)

เทศบาลเมืองพะเยาเป็นหนึ่งในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นของประเทศไทยที่ให้ความสำคัญกับประเด็นเรื่องสิ่งแวดล้อมและได้เข้าร่วมโครงการประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กรกับองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2557 โดยเทศบาลเมืองพะเยามีนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างจริงจังเพื่อมุ่งสู่การลดก๊าซเรือนกระจกในระดับเมือง อย่างไรก็ตามหน่วยงานยังมีองค์ความรู้จำกัดในด้านการขยายผลในการประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองอีกทั้งยังขาดแนวทางในการดำเนินการที่ชัดเจนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาจากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง เพื่อให้เป็นไปตามแนวนโยบายการพัฒนาของประเทศไทย

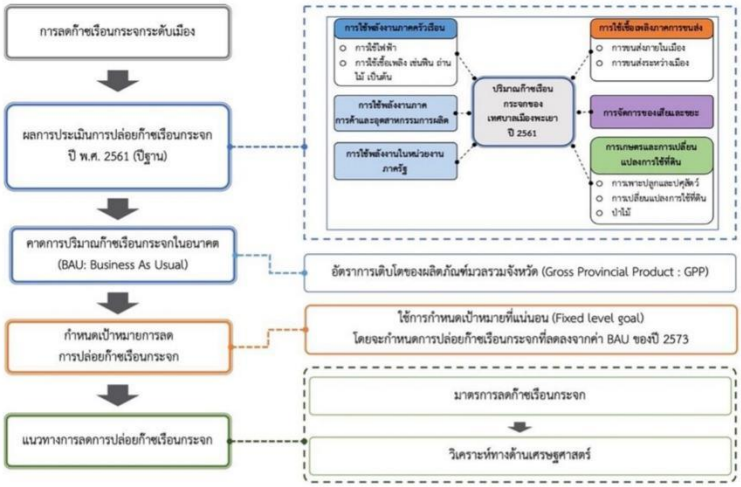
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 33
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565



ภาพที่ 1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2561 (ปีฐาน) จัดลำดับความสำคัญเพื่อศึกษาทิศทางการลดก๊าซเรือนกระจกของเมือง

3.2 การคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเพื่อใช้กำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก ด้วยการสร้างเส้น BAU (Business As Usual) ที่เป็นการพยากรณ์อัตราการเกิดก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ตัวแปรภายนอกโดยสมมุติฐานอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจย้อนหลัง เพื่อพยากรณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ปี พ.ศ.2562–2573 โดยใช้ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในระดับจังหวัด ทำการหาค่าแนวโน้มไปข้างหน้า ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Regression Analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การถดถอยของตัวแปรอิสระ 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัว โดยตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันอาจจะเป็นความสัมพันธ์ตามกันหรือผกผันก็ได้ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$Y_i = \beta_o + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เนื่องจากค่าของ Y ขึ้นอยู่กับค่าของ X, X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable), β_o คือ ส่วนตัดแกน Y หรือ คือค่าของ Y เมื่อ X มีค่าเป็นศูนย์, ε_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random error), β-1 คือ ค่าความชัน (slop) ของเส้นตรง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการ เปลี่ยนแปลงของ Y

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 34
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

3.3 กำหนดมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกของเมือง โดยใช้แนวทางวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก จากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)

3.3.1 การประเมินผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมเป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ได้จากสมการที่ 2

$$GHG_i = AD_i \times EF_i \quad (2)$$

โดยที่ GHG_i คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรม i มีหน่วยเป็น ตันคาร์บอนไดเทียบเท่า (tCO_2eq), AD_i คือ ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีหน่วยแตกต่างกันไปตามกิจกรรม i, EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรม i (โดยจะมีหน่วยที่สอดคล้องกับข้อมูลกิจกรรม) * ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2563)

3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินมาตรการ 3 ด้าน ได้แก่

3.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เป็นการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการประกอบการตัดสินใจว่าการลงทุนในโครงการจะคุ้มค่าหรือไม่นั้น จำเป็นต้องอาศัยเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$NPV = \sum_{t=1}^{n}\left(\frac{Bt - Ct}{(1+i)^t}\right) \quad (3)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทนของโครงการ (บาท), Bt คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทนของโครงการ (บาท), Ct คือ มูลค่าของต้นทุนในปีที่ t (ปี), i คือ อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ย (%), t คือ ของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,...,n (ปี)

3.4.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คืออัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิพอดี เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการอัตราผลตอบแทนคิดลดนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินโครงการ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$I = \left(\sum_{t=1}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t}\right) \quad (4)$$

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 35
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

โดยที่ I คือ เงินจ่ายลงทุนของโครงการ (บาท), C_t คือกระแสเงินสดได้รับสุทธิ ณ ปีที่ t (บาท), Ct คือ มูลค่าของต้นทุนในปีที่ t (ปี), i คือ อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ย (%), t คือ ของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,...,n (ปี)

3.4.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) หมายถึงระยะเวลาคืนทุนของโครงการ ระยะเวลาการดำเนินงานโครงการที่ให้ผลตอบแทนสุทธิมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนของโครงการพอดี เพื่อนำค่าที่ได้มาช่วยในการพิจารณาระยะเวลาของผลตอบแทนคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายการลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (5)$$

4. ผลการวิจัย

4.1 จากข้อมูลการประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา ตามแนวทางของคู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562 ก) ทั้ง 3 ขอบเขต พบว่าเทศบาลเมืองพะเยามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2561 รวมทั้งสิ้น 31,876.75 tCO_2eq โดยประกอบไปด้วยรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม

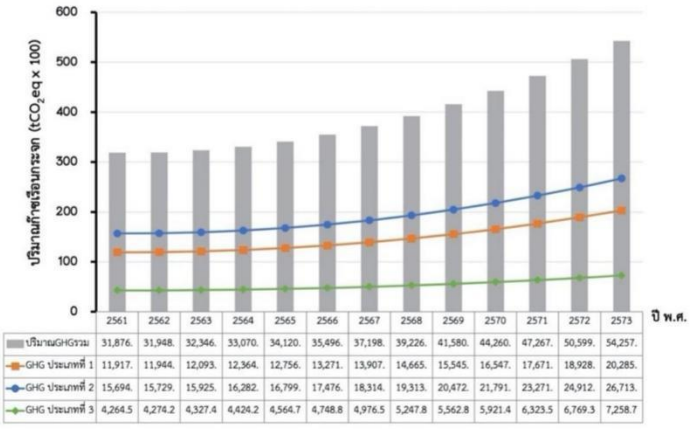
กลุ่มของกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)				
	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	รวม	ร้อยละ
กลุ่มการเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary Energy)				17,143.67	53.78
การใช้พลังงานในที่พักอาศัย	1,510.15	6,887.30			
การใช้พลังงานในภาคภาคธุรกิจการค้า		8,366.21			
การใช้พลังงานภาครัฐและองค์กรไม่แสวงผลกำไร		380.01			
กลุ่มขนส่ง (Transportation)				9,092.22	28.52
การใช้พลังงานขนส่งทางถนน	9,092.22				
กลุ่มการจัดการของเสีย (Waste)				4,813.83	15.10
การจัดการน้ำเสีย	549.24				

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 36
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

กลุ่มของกิจกรรม	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)				
	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	รวม	ร้อยละ
การจัดการขยะแบบเทกอง (บ่อขยะเทศบาล)			4,118.97		
การขนส่งขยะเดือน มีนาคม-ธันวาคม (จัดการที่ อ.ฮอด จ. เชียงใหม่)			145.62		
กลุ่มการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน (AFOLU)				827.03	2.59
การจัดการปศุสัตว์	56.40				
การเพาะปลูกข้าว	709.73				
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด				31,876.75	100

ที่มา: การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมืองกรณีศึกษา: เทศบาลเมืองพะเยา (อำนาจ วิชัย และคณะ, 2564)

4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปี พ.ศ.2561 ในตารางที่ 1 ทำการพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้ตัวแปรในการพยากรณ์คำนวณจากผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดต่อหัวประชากรคูณกับประชากรในเขตเทศบาลที่สร้างรายได้ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกย้อนหลังสามารถพยากรณ์จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น คาดว่าในปี 2573 จะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นจำนวน 54,257.60 tCO_2eq เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2561 ถึง 22,380.85 tCO_2eq ดังภาพแสดงที่ 2



ภาพที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาปี 2562-2573

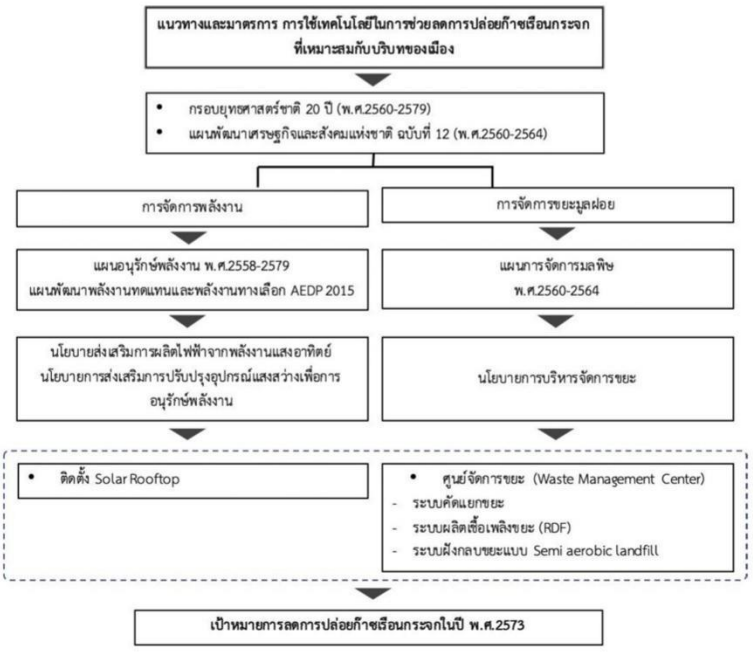
วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 37
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

4.3 เป้าหมายสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้รูปแบบ Fixed Level Goal เป็นการกำหนดเป้าหมายที่แน่นอน กำหนดเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยา ไม่เกิน 50,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี พ.ศ. 2573

4.4 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยาพิจารณาแนวทางปฏิบัติภายใต้การกระจายอำนาจของภาครัฐที่มุ่งให้ท้องถิ่นมีหน้าที่กำกับดูแลงานบริการสาธารณะและการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในเขตการปกครอง โดยให้มีความสอดคล้องกับบริบทของเทศบาลเมืองพะเยา ดังภาพแสดงที่ 3 และมีรายละเอียด ดังนี้

4.4.1 ขั้นตอนการเลือกเทคโนโลยีและมาตรการที่เหมาะสมกับบริบทของเมืองโดยใช้การพิจารณาแนวทางที่สอดคล้องกับระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562ข) มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการพัฒนาพลังงานทางเลือก และมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการจัดการขยะมูลฝอย

4.4.2 ข้อมูลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามมาตรการและแนวทางที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 1 $tCO_2eq/year$ จะต้องมีการดำเนินงานในแต่ละแนวทางโดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 3 แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกตามบริบทของเมือง

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 38
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

ตารางที่ 2 โครงการที่จะต้องดำเนินการในแต่ละแนวทางต่อการลดก๊าซเรือนกระจกจำนวน 1 tCO_2eq

แนวทาง	จำนวน	หน่วย	ที่มา
การผลิตไฟฟ้าทดแทนจากโซลาร์รูฟท็อป	1,717.92	kWh	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559ข
การคัดแยกขยะ (จำนวนขยะที่ลดลง)	1.54	ตันกิโลกรัม	วิไลพร ชินพีระเสถียร, 2553
การผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF	2.08	ตันกิโลกรัม	ภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์, 2560
การจัดการขยะแบบฝังกลบ Semi aerobic landfill	1.57	ตันกิโลกรัม	กองนโยบายสิ่งแวดล้อม สำนักสิ่งแวดล้อม, 2563

4.5 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาตามบริบทของเมือง มีมาตรการและขั้นตอน ดังนี้

4.5.1 มาตรการที่ 1 การดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กำหนดให้ทำการติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 1 kWp ตั้งแต่ปี 2562 จำนวน 300 หลังคาเรือน จากโครงการสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เท่ากับ 318.70 tCO_2eq ในปี พ.ศ.2573 (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2559ข) คิดเป็นร้อยละ 2.03 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2561 (ปีฐาน)

4.5.2 มาตรการที่ 2 การจัดการขยะโดยการสร้างโรงคัดแยกขยะเพื่อลดปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัด จากโครงการกำหนดให้จัดการคัดแยกขยะของเทศบาลพะเยาผลจากการคำนวณตามสมการที่ 2 สามารถลดปริมาณขยะลง จำนวน 2,263 ตันกิโลกรัม ซึ่งจะมีปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,469.48 tCO_2eq ในปี พ.ศ.2573

4.5.3 มาตรการที่ 3 ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF จากโครงการกำหนดให้ผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ 2,236 ตันกิโลกรัม ผลจากการคำนวณตามสมการที่ 2 สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1,123.07 tCO_2eq/ตันขยะมูลฝอยในปี พ.ศ.2573

4.5.4 มาตรการที่ 4 การจัดการขยะแบบฝังกลบ Semi aerobic landfill จากโครงการกำหนดให้จัดการขยะแบบฝังกลบจากขยะ 2,153.5 ตันกิโลกรัมต่อปี ผลจากการคำนวณตามสมการที่ 2 สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1,371.65 tCO_2eq/ตันขยะมูลฝอย ในปี พ.ศ.2573

จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดลงได้จากมาตรการจัดการขยะทั้ง 3 มาตรการ คิดเป็นร้อยละ 92.96 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการจัดการขยะในปี พ.ศ. 2561 (ปีฐาน) ที่มีการจัดการแบบเทกอง (Open dump) ในบ่อขยะ และการจัดการด้วยการขนส่งไปกำจัดที่ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่

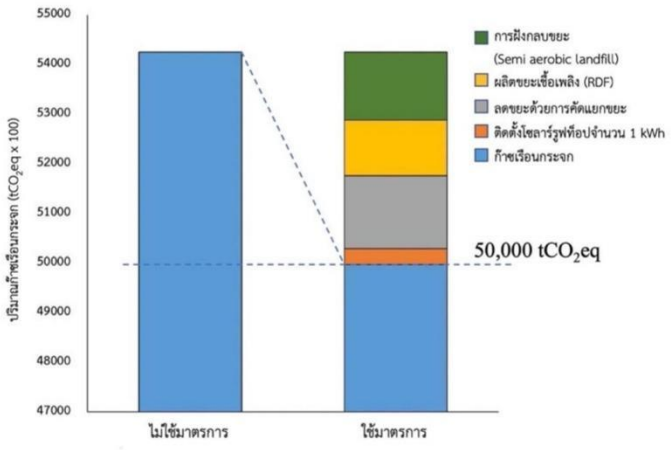
ดังนั้น จากแนวทางและมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยาทั้ง 4 มาตรการ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2562-2573 สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 4,282.9 tCO2eq ดังตารางที่ 3

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 39
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ จากการดำเนินการทั้ง 4 มาตรการและแนวทาง เทศบาลเมืองพะเยามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 50,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ.2573 ดังภาพแสดงที่ 4

ตารางที่ 3 ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ.2573

รายการ	ก่อนดำเนินการ (ปีฐาน) tCO_2eq	หลังดำเนินการ (ปี 2562-2573) ปริมาณที่ลดลง tCO_2eq
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า	15,694.42	318.70
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ	4,264.59	3,964.20



ภาพที่ 4 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการและแนวทางของเทศบาลเมืองพะเยา

4.6 ผลการวิเคราะห์แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกโดยพิจารณาความเหมาะสมเชิงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่ต้องลงทุนในการดำเนินการจำนวน 4 โครงการของเทศบาลเมืองพะเยา โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน ระยะเวลาคืนทุน ดังตารางที่ 4

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 40
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ข้อมูล	ติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป ขนาด 1 kWh	โรงคัดแยกขยะ	เชื้อเพลิง RDF	ฝังกลบ Semi aerobic landfill
อายุโครงการ (ปี)	20	15	15	15
เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท)	21,000,000	35,532,248	4,800,000	85,323,858.74
ค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ (บาท)	23,520,000	45,125,954.96	5,232,000	85,323,858.74
รายได้ตลอดโครงการ (บาท)	36,091,200	59,381,006.85	18,024,000	56,507,732.40
NPV	-3,043,051.96	-4541219.58	5,916,004.93	-51,012,687.59
IRR	5.04%	4.80%	23.64%	-4.76%
PB	12.34	10.59	3.99	-

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเทศบาลเมืองพะเยา พบว่า โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กำหนดให้การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 1 kWp การจัดการขยะโดยการคัดแยกขยะ ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF และการจัดการขยะแบบฝังกลบ Semi aerobic landfill มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ -3,043,051.96, -4,541,219.58, -5,916,004.93 และ -51,012,687.59 ตามลำดับ มีอัตราผลตอบแทน เท่ากับ ร้อยละ 5.04, 4.80, 23.64, -4.76 และระยะเวลาคืนทุนของแต่ละโครงการ เท่ากับ 12.34, 10.59, 3.99, 5.1 และ 0 ปี ตามลำดับ

5. อภิปรายผลการวิจัย

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในเทศบาลเมืองพะเยาเมื่อเทียบจากบริบทพื้นที่มีความคล้ายกับเทศบาลนครเชียงรายที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดรองลงมาเป็นภาคขนส่งทางบก เนื่องจากมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างกับเทศบาลนครลำปางที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยสูงที่สุดเนื่องจากความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่มีความหนาแน่นสูงเมื่อเทียบกับเทศบาลเมืองพะเยา และเทศบาลนครเชียงราย (ชนนิกานต์ คำยันต์ และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2559ข) สำหรับแนวทางที่เหมาะสมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลเมืองพะเยา แบ่งออกเป็น 4 มาตรการตามกิจกรรมที่เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก คือ (1) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กำหนดให้การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อป (2) การจัดการขยะโดยการคัดแยกขยะ (3) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF และ (4) การจัดการขยะแบบฝังกลบ Semi aerobic landfill โดยมาตรการทั้ง 4 มาตรการ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 4,282.9 tCO2eq

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 41
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

จาก 4 มาตรการดังกล่าวสามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ 1. การลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการด้านพลังงานไฟฟ้า และ 2. การลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ ซึ่งแนวทางการจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าด้วยการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจก มีความสอดคล้องกับกรณีศึกษาของมหาวิทยาลัยพะเยาที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 500 kW สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 9,908.97 tCO_2eq ตลอดอายุการใช้งาน (การุณย์ ชัยวณิชย์ และสุรัตน์ เศษโพธิ์, 2561) และการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการจัดการขยะนั้นมีความสอดคล้องกับการประเมินก๊าซเรือนกระจกและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลแม่ทะ จังหวัดลำปาง ที่มีการศึกษาวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการจัดการขยะซึ่งมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นถึงร้อยละ 96.53 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (ธนวรกฤต โอฬารธนพร และคณะ, 2563) การดำเนินการตามแนวทางทั้ง 2 แนวทางของการลดก๊าซเรือนกระจกมีความเหมาะสมกับบริบทของเทศบาลเมืองพะเยาเนื่องจากการประเมินก๊าซเรือนกระจกของขอบเขตเมือง พบว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาเป็นกิจกรรมภาคการขนส่ง ตามด้วยกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอย อย่างไรก็ตามการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งมีข้อจำกัดด้านอำนาจและหน้าที่ในการดำเนินนโยบายในระดับท้องถิ่น เช่น การออกกฎระเบียบหรือข้อบังคับที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยตรงจากการใช้ยานพาหนะ หรือการสนับสนุนส่งเสริมการใช้ยานพาหนะไฟฟ้า (EV) ดังนั้น แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับกรณีศึกษานี้จึงให้ความสำคัญกับการส่งเสริมให้เกิดการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้เอง ลดการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล และการจัดการขยะซึ่งอยู่ในขอบข่ายอำนาจหน้าที่ของการปกครองส่วนท้องถิ่น

ผลจากการดำเนินการทั้ง 2 แนวทางนี้ ภายในปี พ.ศ.2573 เทศบาลเมืองพะเยา จะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นจำนวน 49,974.70 tCO_2eq จากเดิม 54,257.60 tCO_2eq ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ไม่เกิน 50,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี พ.ศ. 2573 แต่มาตรการที่ดำเนินการโดยทางองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนั้นสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ไม่มากนักหากเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดจึงจำเป็นจะต้องอาศัยการสนับสนุนส่งเสริมจากหน่วยงานภาครัฐที่สามารถออกระเบียบและกฎหมายตลอดจนวิธีการปฏิบัติ ที่สามารถควบคุมและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งต่าง ๆ ได้

และผลของการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกทั้ง 4 มาตรการ มีดังนี้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ -3,043,051.96, -4,541,219.58, -5,916,004.93 และ -51,012,687.59 ตามลำดับ โครงการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF มีค่า NPV เป็นบวก แสดงว่าการลงทุนให้ผลกำไรเห็นควรทำการลงทุน ส่วนโครงการที่ NPV เป็นลบ แสดงว่าการลงทุนให้ผลขาดทุน ควรปฏิเสธการลงทุน พร้อมทั้งมีอัตราผลตอบแทน เท่ากับร้อยละ 5.04, 4.80, 23.64, -4.76 ตามลำดับ โครงการเชื้อเพลิงขยะ RDF มีค่า IRR สูงสุด แสดงให้เห็นว่าการลงทุนทำให้เกิดผลตอบแทนสูง ควรทำการลงทุน และระยะเวลาคืนทุนของแต่ละโครงการเท่ากับ 12.34, 10.59, 3.99, 5.1และ 0 ปี ตามลำดับ โครงการเชื้อเพลิงขยะ RDF มีระยะคืนทุนเร็วที่สุด ส่วนโครงการฝังกลบ Semi aerobic landfill เป็นโครงการที่เมื่อครบอายุโครงการแล้วยังมีรายได้น้อยกว่ารายจ่าย จึงไม่มีระยะเวลาคืนทุน

วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 42
ปีที่ 14 ฉบับที่ 20 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

5.1 สรุปผลการวิจัย

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมภายในเมืองของเทศบาลเมืองพะเยา ปี พ.ศ.2561 มีปริมาณทั้งสิ้น 31,876.75 tCO_2eq ซึ่งมาจากการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มการเผาไหม้อยู่กับที่ มากที่สุด รองลงมาเป็นการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของกลุ่มการขนส่ง การจัดการของเสีย และการเพาะปลูกข้าว การเลี้ยงสัตว์ของกลุ่มการเกษตรป่าไม้และการใช้ที่ดิน (AFOLU) ตามลำดับ สำหรับแนวทางที่เหมาะสมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมือง แบ่งออกเป็น 4 แนวทางตามกิจกรรมที่เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก คือ (1) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กำหนดให้การติดตั้งโซลาร์รูฟท็อปขนาด 1 kWp (2) การจัดการขยะโดยการคัดแยกขยะ (3) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF และ (4) การจัดการขยะแบบฝังกลบ Semi aerobic landfill โดยมาตรการทั้ง 4 มาตรการ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 4,282.9 tCO2eq ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ จากการดำเนินการทั้ง 4 มาตรการและแนวทางเทศบาลเมืองพะเยามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 50,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ. 2573 ด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการลดก๊าซกระจก พบว่าการผลิตเชื้อเพลิงขยะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด รองลงมาเป็นมาตรการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การสร้างโรงคัดแยกขยะ และการฝังกลบขยะแบบ Semi aerobic landfill ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาแนวทางเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง กรณีศึกษา: เทศบาลเมืองพะเยา เป็นการวิเคราะห์แนวทางเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเทศบาลเมืองพะเยาในเบื้องต้น เพื่อนำไปสู่การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility) เพิ่มเติม สำหรับใช้วางแผนดำเนินการ และขอรับการสนับสนุนงบประมาณ เช่น การขอรับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน การขอรับการสนับสนุนการจัดการขยะจากกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นต้น ซึ่งแนวทางที่ได้ทำการศึกษานี้จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในปี 2573 ลงได้ ร้อยละ 18.51 ซึ่งยังไม่บรรลุเป้าหมาย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2562) ดังนั้นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงให้ได้ร้อยละ 20 ภายในปีดังกล่าว ต้องอาศัยความร่วมมือจากประชาชนและหน่วยงานภาครัฐ รัฐวิสาหกิจและภาคเอกชนในด้านการอนุรักษ์พลังงานและการเลือกประเภทการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับการดำเนินกิจการต่าง ๆ เนื่องจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานถือเป็นเรื่องง่ายที่สุดและไม่มีค่าใช้จ่าย ประชาชนสามารถร่วมมือดำเนินการได้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยาประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 ขอขอบคุณเทศบาลเมืองพะเยา และหน่วยงานราชการที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ในการอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

การุณย์ ชัยวณิชย์ และ สุรัตน์ เศษโพธิ์. (2561). วิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์: กรณีศึกษา ระบบสมาร์ตกริดมหาวิทยาลัยพะเยา. *วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ*, *6*(2), 194-206. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/download/114345/116700/

กองนโยบายสิ่งแวดล้อม สำนักสิ่งแวดล้อม จังหวัดฟุกุโอกะ. (2563, 6 มกราคม). *เทคโนโลยีการฝังกลบแบบฟุกุโอกะ: ระบบฝังกลบขยะมูลฝอยแบบกึ่งใช้อากาศ*. https://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/542225_60422739_misc.pdf

ชนนิกานต์ คำยันต์ และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2559). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับเมืองและการสำรวจแผนทางเลือกเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับเมืองคาร์บอนต่ำ, *การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 15*. (9 หน้า). สุราษฎร์ธานี .

ธนวรกฤต โอฬารธนพร, สันติ วงค์ใหญ่, นราธิป วงษ์ปัน และ สุรัตน์ เศษโพธิ์. (2563). การประเมินก๊าซเรือนกระจกและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลตำบลแม่ทะ จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, *13*(2), 1-11. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/ltech/article/view/247935/170090

ภัทรานิษฐ์ ปริญญากุลเสฏฐ์. (2560). การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของโรงจัดการขยะแบบครบวงจร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. *วารสารการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย*, *4*, 46-55. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jpr2r/article/view/95519

รัชพร สิงขโรทัย. (2565, 26 มกราคม). โครงการ “การพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัด กรณีศึกษาจังหวัดกาฬสินธุ์”. http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/โครงการ-การพัฒนาแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัด-กรณีศึกษา-จังหวัดกาฬสินธุ์-19”

วิไลพร ชินพีระเสถียร. (2553). *การศึกษาความเป็นไปได้ของโรงคัดแยกขยะกรณีศึกษา เทศบาลตำบลทรายขาว อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี* [วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต] มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

สำนักงานสนับสนุนการวิจัย (วช.). (2556, 20 มกราคม). สู่สังคมคาร์บอนต่ำ: กระบวนทัศน์การพัฒนาและการขับเคลื่อน TRF Policy Brief. http://prp.trf.or.th/download/810/

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.). (2561, 4 มกราคม). ผลผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัดแบบปริมาณลูกโซ่ ฉบับ พ.ศ.2561. https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=5628&filename=gross_regional

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (อบก.). (2559ข, 4 มกราคม). *โครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นที่หลังคาอาคารตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (Solar rooftop project at SET building). โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)*. http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-database-and-statistics/t-ver-registered-project/item/904-set.html

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.). (2562ก, 20 กันยายน). *คู่มือการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ (Low Carbon City)*. http://ghgreduction.tgo.or.th/pmr-project-list/download/2588/217/17.html

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (อบก.). (2562ข, 4 มกราคม). *ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ*. http://ghgreduction.tgo.or.th/tver-method/tver-methodology-for-voluntary-greenhouse-gas-reduction.html

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (อบก.). (2563, 4 มกราคม). *ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)*. http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_578cd2cb78.pdf

อำนาจ วิชัย, สุรัตน์ เศษโพธิ์ และ นเรศ ใหญ่วงค์. (2564). การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง กรณีศึกษา: เทศบาลเมืองพะเยา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 29*(4), 701-713. http://www.intech.crru.ac.th/research_ind/doc/197_dissemin_241532-Article-Text-898861-1-10-20211016%20(1).pdf

Sununta, N., Sedpho, S., & Sampattagul, S.(2018). City Carbon Footprint Evaluation and Forecasting Case Study:Dan Sai Municipality.*Chemical Engineering Transactions, 63*, 277-282. https://doi.org/10.3303/CET1863047

ภาคผนวก ข รายการก๊าซเรือนกระจกและค่าศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

ตาราง 33 ค่า GWP ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรเคมี	ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ในช่วงระยะเวลา 100 ปี
Carbon dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	25
Nitrous oxide	N_2O	298
Hydrofluorocarbons		
HFC-23	CHF_3	14,800
HFC-32	CH_2F_2	675
HFC-125	CHF_2CF_3	3,500
HFC-134a	CH_2FCF_3	1,430
HFC-143a	CH_3CF_3	4,470
HFC-152a	CH_3CHF_2	124
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	3,220
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	9,810
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	1,030
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	794
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CH_3$	1,640
Perfluorinated compounds		
Sulphur hexafluoride	SF_6	22,800
Nitrogen trifluoride	NF_3	17,200
PFC-14	CF_4	7,390
PFC-116	$C2F_6$	12,200
PFC-218	$C3F_6$	8,830
PFC-318	$c-C_4F_8$	10,300
PFC-3-1-10	C_4F_{10}	8,860
PFC-4-1-12	C_5F_{12}	9,160
PFC-5-1-14	C_6F_{14}	9,300
PFC-9-1-18	$C_{10}F_{18}$	>7,500
Trifluoromethyl sulphur pentafluoride	SF_5CF_3	17,700

ตาราง 33 (ต่อ)

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรเคมี	ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ในช่วงระยะเวลา 100 ปี
HFE-125	CHF_2OCF_3	14,900
HFE-134	CHF_2OCHF_2	6,320
HFE-143a	CH_3OCF_3	756
HCFE-235da2	$CHF_2OCHClCF_3$	350
HFE-245cb2	$CH_3OCF_2CF_3$	708
HFE-245fa2	$CHF_2OCH_2CF_3$	659
HFE-245cb2	$CH_2OCF_2CHF_2$	359
HFE-347mcc3	$CH_3OCF_2CF_2CF_3$	575
HFE-345pcf2	$CHF_2CF_2OCH_2CF$	580
HFE-356pcc3	$CH_3OCF_2CF_2CHF_2$	110
HFE-449sl (HFE-7100)	$C_4F_9OCH_3$	297
HFE-569sf2 (HFE-7200)	$C_4F_9OC_2H_5$	59
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x)	$CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$	1,870
HFE-236ca12 (HG-10)	$CHF_2OCF_2OCHF_2$	2,800
HFE-338pcc13 (HG-01)	$CHF_2OCF_2CF_2OCHF_2$	1,500
PerFluoropolyethers		
PFPMIE		10,300
Hydrocabons and other compounds-Direct Effects		
Dimethylether		1
Methylene chloride		8.7
Methyl chloride		13

ภาคผนวก ค ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงและไฟฟ้า

ตาราง 34 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงและไฟฟ้า

ชนิดของเชื้อเพลิง	หน่วย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด			รวม GHG (กิโลกรัม/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
		CO_2 (กิโลกรัม/หน่วย)	CH_2 (กิโลกรัม/หน่วย)	N_2O (กิโลกรัม/หน่วย)		
ประเภทการเผาไหม้อยู่กับที่						
ก๊าซธรรมชาติ	ลบ.ฟุต	5.722200E-02	1.020000E-06	1.020000E-07	0.0573	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ดีเซล	ลิตร	2.698722E+00	1.092600E-04	2.185200E-05	2.7080	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	ลิตร	1.679722E+00	2.662000E-06	2.662000E-06	1.6812	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	กิโลกรัม	3.110596E+00	4.929630E-05	4.929630E-06	3.1133	LPG 1 lite = 0.54 kg (DEDE)
ประเภทการเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่						
แก๊สโซลีนไม่มีการควบคุม	ลิตร	2.181564E+00	1.038840E-03	1.007360E-04	2.2376	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
แก๊สโซลีนติดตั้งเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (catalytic converter)	ลิตร	2.181564E+00	7.870000E-04	2.518400E-04	2.2763	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
ดีเซล	ลิตร	2.698722E+00	1.420380E-04	1.420380E-04	2.7446	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	ลิตร	1.493382E+00	1.650440E-03	5.324000E-06	1.5362	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	กิโลกรัม	2.765522E+00	3.056370E-03	9.859259E	2.8449	LPG 1 lite = 0.54 kg (DEDE)
ไฟฟ้า	kWh	N/A	N/A	N/A	0.5813	MTEC, G2G, 2009

ภาคผนวก ง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากภาคการขนส่งทางบก

ตาราง 35 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเดินทางด้วยรถประเภทต่าง ๆ

ประเภทรถยนต์	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	แหล่งข้อมูล
รถยนต์ขนาดเล็ก (1500 cc)	เบนซิน	km/L	17.770	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถยนต์ขนาดกลาง (1600 cc)	เบนซิน	km/L	15.238	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถยนต์ขนาดกลาง (1800 cc)	เบนซิน	km/L	13.796	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถยนต์ขนาดใหญ่ (2000 cc)	เบนซิน	km/L	12.248	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถยนต์เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	14.763	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	ดีเซล	km/L	6.369	American Petroleum Institute, 2004
รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 ตัน	ดีเซล	km/L	11.111	American Petroleum Institute, 2004
รถ NGV	CNG	km/L	11.905	American Petroleum Institute, 2004
รถ LPG	LPG	km/L	8.929	American Petroleum Institute, 2004
รถตู้โดยสาร	ดีเซล	km/L	10.204	American Petroleum Institute, 2004
รถโดยสารประจำทาง	ดีเซล	km/L	2.850	American Petroleum Institute, 2004
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาดเล็กกว่า 125 cc	เบนซิน	km/L	36.625	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 125 cc	เบนซิน	km/L	38.655	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาดเล็กกว่า 120 cc	เบนซิน	km/L	37.245	กรมควบคุมมลพิษ, 2551

ตาราง 35 (ต่อ)

ประเภทรถยนต์	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	แหล่งข้อมูล
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาดเล็กกว่า 150 cc	เบนซิน	km/L	27.625	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	37.640	กรมควบคุมมลพิษ, 2551
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	32.435	กรมควบคุมมลพิษ, 2551

ภาคผนวก จ ตัวแปรที่ใช้ในการคิดหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียตามระบบที่ใช้ในการบำบัด

ตาราง 36 ความสามารถที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนของการบำบัดน้ำเสีย

B0: ค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซมีเทนในน้ำเสียหรือตะกอนจุลินทรีย์	
COD	0.25 $kgCH_4/kgCOD$
BOD	0.6 $kgCH_4/kgBOD$

ตาราง 37 แฟคเตอร์การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียหรือตะกอนจุลินทรีย์ในแต่ละระบบ

ประเภทของระบบ	MCF IPCC 2006
Anaerobic filter	0.80
Anaerobic pond	0.80
Oxidation pond	0.00
Aerated lagoon	0.00
Polishing pond	0.20
Activated sludge	0.00
Chemical treatment	–
Rotating biological contractor	0.00
Stabilization pond	0.80
Sequencing batch reactor	0.00
UASB	0.80
Wetland	0.20
Storage basin	0.20

ภาคผนวก ฉ สถิติการใช้พลังงานของครัวเรือนปี พ.ศ. 2561 (จังหวัดพะเยา)

ตาราง 38 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประเภทต่าง ๆ ต่อครัวเรือนปี พ.ศ. 2561 (ต่อเดือน)

ลำดับ	ชนิดของพลังงาน	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	น้ำมันเบนซิน (Gasoline)	30
2	น้ำมันดีเซล (Diesel)	537
3	แก๊สโซฮอล์ (Gasohol)	537
4	แก๊สสำหรับยานพาหนะ (Gas for Vehicles)	9
5	แก๊สที่ใช้ในครัวเรือน (Gas used in households)	54
6	น้ำมันไบโอดีเซล (Biodiesel)	2
7	ไฟฟ้า (Electricity)	342
8	ถ่านไม้และฟืน (Charcoal and firewood)	32
	รวมการใช้ด้านพลังงานทั้งสิ้น (Total)	**1,470**

ภาคผนวก ช ข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองพะเยา พ.ศ. 2561

ตาราง 39 ข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองพะเยา พ.ศ. 2561

ที่	เดือน	ปริมาณน้ำเข้าระบบ(ลบ.ม)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)	น้ำเข้า (Influent)								น้ำปล่อยทิ้ง (Effluent Stabilization NO.3)							
				pH	อุณหภูมิ °C	DO (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)	Q&G (mg/l)	pH	อุณหภูมิ °C	DO (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)	Q&G (mg/l)
1	มกราคม	148,711.25	22,555.61	7.26	23.75	0.03	107.12	34.90	22.12	19.60	2.26	2.60	8.46	22.81	6.50	83.76	18.57	3.94	5.60	1.28	3.20
2	กุมภาพันธ์	108,769.19	16,501.35	7.24	25.18	0.59	115.57	71.77	22.36	15.12	1.94	2.20	8.77	24.28	7.14	76.47	27.86	6.79	10.64	1.46	2.60
3	มีนาคม	84,246.44	12,921.82	7.33	27.21	0.23	139.28	88.80	28.57	22.40	1.78	2.60	8.72	25.79	4.92	103.88	28.91	4.57	7.28	0.47	1.40
4	เมษายน	179,328.99	22,017.07	7.28	27.26	0.91	148.47	88.75	20.24	1.68	0.56	1.80	8.78	26.83	7.35	111.27	29.77	4.88	1.12	1.31	4.80
5	พฤษภาคม	183,269.21	22,466.78	7.18	28.74	3.84	124.53	51.17	16.16	2.80	0.53	0.80	8.72	28.41	4.86	94.16	28.40	4.08	3.36	0.73	2.00
6	มิถุนายน	143,903.11	23,617.71	7.19	28.42	2.62	119.53	73.33	15.94	5.60	0.98	3.00	8.85	27.88	5.64	85.31	31.84	2.86	2.80	0.73	2.40
7	กรกฎาคม	230,023.00	31,130.53	7.32	28.71	3.50	101.87	43.67	10.20	2.80	1.34	3.60	8.88	28.35	6.67	76.48	31.50	1.46	3.36	1.23	1.40
8	สิงหาคม	223,470.00	33,630.99	7.52	28.93	2.97	95.39	35.32	12.56	5.60	2.42	0.80	8.79	28.56	6.64	70.00	21.66	2.18	2.80	1.90	0.80
9	กันยายน	192,439.00	25,353.50	7.56	28.74	3.37	73.70	24.00	8.27	3.36	0.68	0.20	8.76	28.59	5.43	76.00	20.23	1.32	2.24	1.14	0.60
10	ตุลาคม	203,857.00	27,423.40	7.34	28.46	2.93	79.92	24.90	8.99	6.16	0.51	2.00	8.61	28.15	5.59	67.69	21.07	1.27	4.48	0.37	0.80
11	พฤศจิกายน	173,435.00	26,110.60	7.33	27.40	2.94	67.98	20.48	8.46	8.96	18.00	1.60	8.57	26.92	5.95	57.68	17.36	1.09	3.92	0.17	2.00
12	ธันวาคม	164,950.00	26,947.14	7.38	26.42	3.06	73.91	25.50	8.91	8.40	0.22	0.80	8.50	25.18	6.20	57.74	17.83	0.70	4.48	0.19	1.20
SUM		2,036,402.19	290,676.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AVG		169,700.18	23,168.27	7.33	27.44	2.25	103.94	48.55	15.23	8.54	2.60	1.83	8.70	25.15	6.07	74.22	24.58	2.93	4.34	0.96	1.93
Mix		230,023.00	12,921.82	7.56	28.93	3.84	148.47	88.80	28.57	22.40	2.60	3.60	8.88	28.59	7.35	111.27	31.84	6.79	10.64	1.90	4.80
Min		84,246.44	12,921.82	7.18	23.75	0.03	67.98	20.48	8.27	1.68	0.22	0.20	8.70	8.56	4.86	76.00	17.36	0.70	1.12	0.47	0.60
Std.		-		44,079.00	≤ 40	>2	≤ 120	≤ 50	≤ 20	≤ 20	≤ 2	≤ 5	-	≤ 40	> 2	≤ 120	≤ 50	≤ 20	≤ 20	≤ 2	≤ 5
NC-detect		***		ค่าไฟฟ้าข้อมูลจากระบบ AMR การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, BOD น้ำออกจากระบบ (Filtrate)																

ภาคผนวก ซ ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2555-2562

ตาราง 40 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นภายในเขตเทศบาลเมืองพะเยาปี พ.ศ. 2555-2562

เดือน	ปี พ.ศ. (ตัน)							
	2554*	2555*	2556*	2557*	2558	2559	2560	2561
มกราคม	806.00	810.00	775.00	806.00	553.82	550.82	553.82	546.72
กุมภาพันธ์	728.00	705.00	715.00	728.00	500.22	500.22	500.22	551.95
มีนาคม	806.00	790.00	775.00	808.00	553.82	553.82	553.82	544.82
เมษายน	780.00	790.00	758.00	780.00	535.95	525.95	535.95	551.20
พฤษภาคม	806.00	800.00	775.00	806.00	553.82	553.82	553.82	549.82
มิถุนายน	706.00	775.00	750.00	780.00	553.95	535.95	535.95	545.82
กรกฎาคม	811.00	800.00	800.00	806.00	553.82	553.82	553.82	550.95
สิงหาคม	806.00	810.00	810.00	806.00	553.82	553.82	553.82	546.95
กันยายน	707.00	750.00	780.00	780.00	535.95	535.95	535.95	540.82
ตุลาคม	806.00	774.00	785.00	806.00	553.82	553.82	553.82	543.21
พฤศจิกายน	768.00	750.00	789.00	780.00	535.95	535.95	535.95	546.95
ธันวาคม	812.00	773.00	806.00	806.00	553.82	553.82	553.82	548.82
รวม	9,342.00	9,327.00	9,318.00	9,490.00	6,518.73	6,507.73	6,520.72	6,568.00

หมายเหตุ: * ได้จากการคำนวณและจดบันทึกของพนักงาน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	อำนาจ วิชัย
วัน เดือน ปี เกิด	6 กรกฎาคม 2523
สถานที่เกิด	พะเยา
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2551 บธ.ม. (บริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา, จ.พะเยา พ.ศ. 2548 ทษ.บ. (เทคโนโลยีภูมิทัศน์), มหาวิทยาลัยแม่โจ้, จ. เชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	315 หมู่ที่ 4 ตำบลงิม อำเภอปง จังหวัดพะเยา 56000
ผลงานตีพิมพ์	อำนาจ วิชัย, สุรัตน์ เศษโพธิ์ และนเรศ ใหญ่วงศ์. (2020). การประเมินก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง กรณีศึกษา: เทศบาลเมืองพะเยา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 29(4), 701-713. อำนาจ วิชัย, สุรัตน์ เศษโพธิ์ และการุณย์ ชัยวณิชย์. (2565). การศึกษาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง กรณีศึกษา: เทศบาลเมืองพะเยา. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 14(20), 30-44.