



Promoting Electricity Usage Behaviors among Secondary School Dormitory Students to Reduce the School's Carbon Footprint

Kittikhun Seawsakul^{1,*}, Sawarin Nilauthai¹ and Thammik Khanthong¹

¹*Educational Research Development and Demonstration Institute, Srinakharinwirot University*

**Email: kittikhuns@g.swu.ac.th*

Received <15 Jul. 2025>; Revised <5 Nov. 2025>; Accepted <6 Nov. 2025>

Abstract

This research implemented a learning activity aimed at promoting efficient electricity usage behavior among secondary school dormitory students (Grades 7–12), with the goal of reducing electricity consumption that indirectly contributes to the school's carbon footprint. The findings revealed that students demonstrated significant improvements in both understanding and attitudes toward electricity use and its impact on global warming and greenhouse gas emissions. The average understanding score increased from 11.86 to 23.82 ($t = 39.89$, $p = .000$). Students' attitudes after participating in the learning activity also improved, rising from an average score of 4.29 to 4.46. In particular, students expressed stronger agreement with the idea that addressing global warming should begin with individual actions, with the average score increasing from 3.98 to 4.60. Students also changed their electricity usage behaviors, reducing the average daily usage of electrical appliances from 4.18 to 3.87 hours per day ($t = -4.82$, $p = .000$). Key behavior changes included reducing phone charging and computer usage time, unplugging devices, and turning off lights during the day. Electricity usage data collected from the dormitory students showed a reduction of 1,307 units compared to the previous year, which translates to a decrease in carbon footprint by 783 kgCO₂. After the learning activity, it was found that students' electricity usage behaviors were influenced by multiple factors, including personal habits, the environment, and social motivation. Therefore, promoting energy-saving behaviors should be approached holistically, focusing on three key aspects: providing knowledge, fostering motivation, and improving the residential environment. These strategies aim to instill long-term sustainable electricity usage behaviors in students.

Keywords: Electricity; Carbon Footprint; Dormitory Students

การส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนหอพักระดับมัธยมศึกษาที่ส่งผลต่อการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงเรียน

กิตติคุณ เชี่ยวสกุล^{1*} สวรินทร์ นิลอุทัย¹ และ ธรรมิก ชันทอง¹

¹สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

*Email: kittikhuns@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่มนักเรียนหอพักระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมของโรงเรียน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงด้านความเข้าใจและทัศนคติที่ดีต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จะส่งผลต่อภาวะโลกร้อนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ โดยคะแนนความเข้าใจเพิ่มจาก 11.86 เป็น 23.82 คะแนน ($t = 39.89, p = .000$) ทัศนคติหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 4.29 เป็น 4.46 นักเรียนมองว่าการแก้ไขปัญหาสภาวะโลกร้อนควรเริ่มต้นจากตัวเราเองโดยมีค่าเฉลี่ยขึ้นเป็น 4.60 จากก่อนหน้า 3.98 นักเรียนมีการเปลี่ยนพฤติกรรมในการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยลดเวลาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยจาก 4.18 เป็น 3.87 ชั่วโมงต่อวัน ($t = -4.82, p = .000$) พฤติกรรมที่ปรับเปลี่ยน ได้แก่ ลดเวลาชาร์จโทรศัพท์และการใช้คอมพิวเตอร์ การถอดปลั๊กและการปิดหลอดไฟในตอนกลางวัน ผลจากการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนในหอพักเปรียบเทียบกับปีที่แล้วมีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงไป 1,307 หน่วย คิดเป็นการลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็น 783 kgCO₂ หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น พฤติกรรมส่วนตัว สภาพแวดล้อม และการสร้างแรงจูงใจทางสังคม ดังนั้นการส่งเสริมพฤติกรรมประหยัดพลังงานควรดำเนินการควบคู่กันใน 3 ด้าน ได้แก่ การให้ความรู้ การสร้างแรงจูงใจ และการปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่พวกอาศัย เพื่อปลูกฝังพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในอนาคต

คำสำคัญ: พลังงานไฟฟ้า; คาร์บอนฟุตพริ้นท์; นักเรียนหอพัก

บทนำ

ในปัจจุบัน กิจกรรมของมนุษย์ล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การใช้พลังงาน การขนส่ง และการบริโภค ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปัญหาภาวะโลกร้อน โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่มีปริมาณมากและคงอยู่ในชั้นบรรยากาศได้นานถึง 200 ปี (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC, 1995) รายงานจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ระบุว่า ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ 263 ล้านตันในปี 2559 โดยมีแหล่งสำคัญจากภาคพลังงานถึง 74% (Sawangarom *et al.*, 2023) เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หลายหน่วยงานจึงใช้ “คาร์บอนฟุตพริ้นท์” เป็นตัวชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยหน่วยงานของผู้อยู่อาศัยได้ตั้งเป้าหมายสู่ Carbon Neutral ภายในปี 2050 และ Net Zero Emission ภายในปี 2065 (SWU Zero Carbon) ซึ่งประเทศไทยได้ประกาศเจตนารมณ์ในการประชุม COP26 (Conference of the Parties) ที่เมืองกลาสโกว์ ว่าจะบรรลุเป้าหมาย Carbon Neutrality ภายในปี 2050 และ Net Zero Greenhouse Gas Emission ภายในปี 2065 ซึ่งเป็นเป้าหมายเดียวกับที่ SWU ได้ตั้งไว้ ด้วยมาตรการลดการใช้พลังงาน เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟ LED การใช้เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 และส่งเสริมพลังงานทางเลือก เช่น solar cell การศึกษาการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะในระดับสถานศึกษาที่สามารถส่งเสริมพฤติกรรมลดการใช้พลังงานของนักเรียน อันจะนำไปสู่การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงเรียนอนาคต การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าในบริบทของโรงเรียนถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะในส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่โรงเรียนใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเปิดเครื่องปรับอากาศ พัดลม ไฟส่องสว่าง คอมพิวเตอร์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียน หอพัก และสำนักงาน ล้วนแต่มีส่วนในการใช้พลังงานที่มีแหล่งกำเนิดจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น การวัดผลและรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามมาตรฐานสากลที่ยอมรับทั่วโลก คือ GHG Protocol (The Greenhouse Gas Protocol) โดยในด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 Scopes (World Resources Institute and WBCSD, 2013) ได้แก่

Scope 1 (Direct Emission) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนเป็นเจ้าของหรือควบคุมโดยตรง เช่น การใช้เชื้อเพลิงจากเครื่องยนต์ในยานพาหนะของโรงเรียนอย่างรถโรงเรียนหรือรถยนต์เพื่อการบริหารงาน หรือการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (generators) ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลว รวมถึงการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศและตู้แช่ต่าง ๆ ซึ่งในบริบทของโรงเรียนโดยทั่วไปแล้ว การปล่อยก๊าซในขอบเขตนี้มักจะมีปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับขอบเขตอื่น

Scope 2 (Indirect Emission) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก ซึ่งในบริบทของโรงเรียนจะหมายถึง การใช้ไฟฟ้า เป็นหลัก แม้ว่าโรงเรียนจะไม่ได้เป็นผู้ผลิตไฟฟ้าโดยตรง แต่การใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นย่อมส่งผลให้โรงไฟฟ้าต้องผลิตไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่ยังคงใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในโรงเรียน เช่น การใช้แสงสว่าง การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ และการทำงานของระบบปรับอากาศ

Scope 3 (Other Indirect Emission) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ เป็นขอบเขตที่ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของโรงเรียน แต่เป็นแหล่งกำเนิดที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยโรงเรียน ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับโรงเรียน ได้แก่ การเดินทางของนักเรียนและบุคลากรเป็นการเดินทางมาโรงเรียนด้วยรถยนต์ส่วนตัวหรือรถสาธารณะ การเดินทางเพื่อติดต่อธุรกิจเป็นการเดินทางของบุคลากรเพื่อไปอบรมหรือประชุมภายนอก การจัดซื้อจัดจ้างเป็นการผลิตและขนส่งอุปกรณ์การเรียน การจัดการขยะเป็นการบำบัดและกำจัดขยะที่เกิดขึ้นในโรงเรียน ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน เป็นต้น

การใช้งานไฟฟ้าภายในโรงเรียนและในชีวิตประจำวันนั้นมีส่วนอย่างมากในการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อม นอกจากจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วยังช่วยส่งเสริมความตระหนักรู้และพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพในโรงเรียน การสอนให้นักเรียนเข้าใจว่าการใช้ไฟฟ้าทุกยูนิตมีที่มาจากการผลิตที่ยังคงต้องพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก และกระบวนการผลิตนี้เองที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อโลก จะช่วยให้นักเรียนมองเห็นความเชื่อมโยงที่ชัดเจนระหว่างพฤติกรรมของตนเองกับปัญหาระดับโลก เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจในหลักการนี้แล้ว พฤติกรรมการประหยัดพลังงานที่เคยเป็นเพียงแค่ภาระเบียดเบียนของโรงเรียน จะกลายเป็นความรับผิดชอบส่วนบุคคลที่มาจากความตระหนักรู้ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ในอนาคต (Sanguanrat, 2020) ในระดับโรงเรียนของผู้อยู่อาศัยได้มีการศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนในหอพักซึ่งตรงกับ Scope 2 โดยตรวจสอบข้อมูลกับงานวิจัย (Udompornphibul and Thonghopit, 2015) พบว่ามีปัจจัยหลายด้านที่ส่งผลต่อพฤติกรรม คือ องค์ความรู้และระดับการศึกษา ซึ่งพบว่านักเรียนที่อยู่ในระดับสูงกว่ามัธยมแนวโน้มที่จะเข้าใจและมีพฤติกรรมประหยัดพลังงานที่ดีกว่า นอกจากนี้ สภาพเศรษฐกิจและค่านิยมของ

ครอบครัว ก็มีบทบาทสำคัญเช่นกัน เนื่องจากความสามารถในการชำระค่าไฟฟ้าและวัฒนธรรมการประหยัดของครอบครัวส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ของนักเรียน อย่างไรก็ตามการสร้างความรู้ความตระหนักรู้ ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในระยะยาว การให้การศึกษาที่เข้าถึงง่ายและกระตุ้นให้เห็นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จะช่วยให้นักเรียนมีแรงจูงใจที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

การสร้างความรู้ความตระหนักรู้ไม่ได้จำกัดอยู่แค่การให้ข้อมูลเชิงทฤษฎีเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการออกแบบกิจกรรมที่น่าสนใจและสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและตระหนักถึงการใช้พลังงานในชีวิตประจำวันอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการจัดกิจกรรมเช่นนี้ช่วยสร้างทัศนคติเชิงบวกต่อการอนุรักษ์พลังงานในกลุ่มเยาวชนได้เพิ่มขึ้น (Suebsumran and Saowiang, 2019) การสร้างความรู้ความตระหนักผ่านกิจกรรมเชิงพฤติกรรมเกี่ยวกับการประเมินและลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อส่งเสริมความเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว โดยผ่านการจัดกิจกรรม อบรมและการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้และการใช้ชีวิตร่วมกัน มีส่วนสำคัญในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงาน (Hayiwangoh, 2023) เป็นต้น

ดังนั้น การสร้างความรู้ความตระหนักรู้และการเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียน จึงมีความสำคัญต่อการวางแผนพัฒนาด้านพลังงานของสถานศึกษา เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าจำนวนมากย่อมส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Matrasongkram and Khunthong, 2020) การสร้างความรู้ความตระหนักรู้ในหมู่นักเรียนและการส่งเสริมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างรู้คุณค่าจึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยให้โรงเรียนสามารถกำหนดแนวทางลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมนั้นไม่ได้มาจากการบังคับ แต่มาจากการที่นักเรียนมีความเข้าใจในคุณค่าของการประหยัดพลังงานและการใช้ทรัพยากรอย่างมีสติ เมื่อนักเรียนตระหนักว่าทุกการเปิด-ปิด สวิตช์มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นักเรียนจะถูกเปลี่ยนจากผู้ใช้งานไปสู่การเป็นผู้ดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม และเมื่อนักเรียนเติบโตขึ้น ความรู้และพฤติกรรมเหล่านี้จะติดตัวไปและเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนสังคมให้เดินหน้าไปสู่เป้าหมาย Net Zero ในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการรู้พลังงานไฟฟ้าที่มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในหอพักโรงเรียน
3. เพื่อศึกษาแนวทางในการส่งเสริมพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่าของนักเรียนในหอพักโรงเรียน
4. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนในหอพักที่ส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เป็นสาเหตุปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1–6 ที่พักอาศัยในหอพักของโรงเรียนในหน่วยงานของผู้วิจัย ปีการศึกษา 2567 จำนวน 115 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยมีจำนวน 90 คน และจากกลุ่มตัวอย่างนี้มีนักเรียนที่พักอาศัยในหอพักต่อเนื่องกันอย่างน้อย 2 ปี จำนวน 56 เพื่อเก็บข้อมูลสถิติเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในปีก่อนหน้า คัดเลือกด้วยวิธีเจาะจงตามเกณฑ์ ได้แก่ เป็นนักเรียนที่พักในหอพักโรงเรียนมาแล้วไม่น้อยกว่า 3 เดือน และไม่รวมผู้ที่ไม่ประสงค์ให้ข้อมูลหรือไม่ได้พักในหอพัก การเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างดำเนินการผ่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของหอพักโรงเรียน โดยมีการขออนุญาตก่อนเข้าร่วมวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวิจัย 3 ประเภทเพื่อเก็บข้อมูล ได้แก่

2.1 แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าและคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน ใช้ทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้ เพื่อประเมินความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องผลกระทบจากการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หัวข้อการเรียนรู้เกี่ยวข้องกับเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสาเหตุและผลกระทบของก๊าซเรือนกระจก แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยและทั่วโลก แนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในระดับบุคคลและองค์กร การใช้พลังงานไฟฟ้าและพฤติกรรมประหยัดพลังงาน การออกแบบเนื้อหาอิงตามแนวคิด GreenComp – The European sustainability competence framework (Bianchi, Pisiotis and Cabrera, 2022) เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดการรับมือกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน

2.2 แบบสอบถามวัดทัศนคติต่อภาวะโลกร้อนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยใช้แบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนลิเคิร์ต (Likert Scale) ซึ่งเป็นรูปแบบคำถามที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบตามระดับความคิดเห็นที่มีต่อประเด็นคำถามจำนวน 14 ข้อ ครอบคลุมความตระหนักรู้ ความเชื่อ และทัศนคติต่อการมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงคำถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดลำดับความสำคัญของบุคคลหรือหน่วยงานในการเริ่มแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และเหตุผลของการประหยัดพลังงานในชีวิตประจำวัน การออกแบบอิงตามแนวคิด The theory of planned behavior: Frequently asked questions (Ajzen, 2020)

2.3 แบบสำรวจพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในหอพัก เพื่อสำรวจพฤติกรรมการใช้พลังงานของนักเรียนในชีวิตประจำวัน โดยให้นักเรียนระบุข้อมูล ระยะเวลาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด (หน่วยชั่วโมง/วัน) และความถี่ของพฤติกรรม (ทำเป็นประจำ ถึง ไม่เคยทำเลย) ครอบคลุมเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ พัดลม เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ ฯลฯ พร้อมใช้ข้อมูลจากมิเตอร์ไฟฟ้าในหอพัก โดยเป็นมิเตอร์ไฟฟ้าแบบแยกห้อง เพื่อคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามฐานข้อมูลการใช้พลังงานจริงรายเดือน แนวคิดที่ใช้ในการออกแบบอ้างอิงจาก Energy Behavior Models (Frederiks, Stenner and Hobman, 2015) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจพฤติกรรมการใช้พลังงานในครัวเรือนและกลุ่มเยาวชน

ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เครื่องมือวิจัยถูกตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยเกณฑ์การยอมรับคือ ≥ 0.5 ขึ้นไป จากนั้นปรับปรุงเครื่องมือก่อนใช้งานจริงปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองเก็บข้อมูลจริงในกลุ่มตัวอย่าง

3. การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

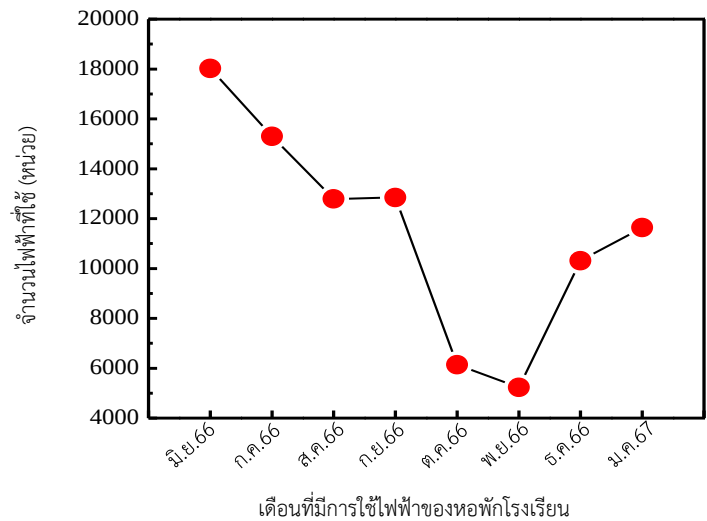
งานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 6 เดือน เพื่อประเมินผลของกิจกรรมส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการประหยัดพลังงานที่มีต่อพฤติกรรมของนักเรียนในหอพัก โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การคัดเลือกและชี้แจงผู้เข้าร่วม เริ่มจากการเปิดรับสมัครนักเรียนผ่านแบบฟอร์มใบสมัคร พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์และกระบวนการดำเนินกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) เพื่อประเมินความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพฤติกรรมการใช้พลังงาน

3.2 การดำเนินกิจกรรมและเก็บข้อมูลระหว่างกิจกรรม กิจกรรมตลอด 6 เดือนประกอบด้วย

- การประชาสัมพันธ์กิจกรรม นักสืบพลังงาน โดยผู้วิจัยจะทำการติดโปสเตอร์ให้ความรู้ตามจุดต่าง ๆ ทั่วบริเวณหอพักและโรงอาหารหอพัก เนื้อหาในโปสเตอร์จะนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของการใช้ไฟฟ้าต่อสิ่งแวดล้อม และเทคนิคการประหยัดพลังงานในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างดังภาพที่ 1 เพื่อให้นักเรียนสามารถค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเองในพื้นที่ของหอพัก โดยในทุก ๆ สองเดือน จะมีการจัดกิจกรรมตอบคำถามชิงรางวัล โดยอิงจากเนื้อหาในโปสเตอร์ที่นักเรียนได้ไปสำรวจมา การตอบคำถามผ่านแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ชนะที่ตอบคำถามได้ถูกต้องมากที่สุดและเป็นสามลำดับแรกเพื่อรับของรางวัล ซึ่งช่วยสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนอยากค้นหาข้อมูลด้วยตนเองมากขึ้น
- การอบรมเชิงปฏิบัติการโดยวิทยากรภายนอก เพื่อเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการอนุรักษ์พลังงาน เนื้อหาในการเรียนรู้ ได้แก่ 1. พลังงานไฟฟ้าและแหล่งกำเนิด 2. ผลกระทบของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อสิ่งแวดล้อม 3. ความหมายของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 4. วิธีลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 สำรวจ ขั้นตอนที่ 3 อธิบาย ขั้นตอนที่ 4 ขยายความรู้ และขั้นตอนที่ 5 ประเมินผล
- การติดตามพฤติกรรมการใช้พลังงาน โดยให้นักเรียนทดลองลดการใช้ไฟฟ้าตามคำแนะนำ พร้อมติดตามข้อมูลการใช้พลังงานจากระบบมิเตอร์ของโรงเรียน

3.3 การประเมินผลหลังจบกิจกรรม หลังจบกิจกรรม นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) แบบสอบถามวัดทัศนคติ และแบบประเมินพฤติกรรมการใช้พลังงาน ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในหอพักจะถูกนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบก่อน-หลังเข้าร่วมกิจกรรม เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในเชิงสถิติ



ภาพที่ 2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนในหอพักโรงเรียน

ในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 90 คน จากทั้งหมดของนักเรียนในหอพักโรงเรียน 115 คน (คิดเป็น 78.26%) ที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้ โดยระดับชั้นการศึกษาของนักเรียนที่เข้าร่วมแบ่งเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 คิดเป็น 12.22 % ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คิดเป็น 12.22 % ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คิดเป็น 4.44 % ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 คิดเป็น 43.33 % ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 คิดเป็น 26.67 % และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 คิดเป็น 1.11 % ความรู้เบื้องต้นด้านสิ่งแวดล้อม โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับคำว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (คิดเป็น 95.56%), ภาวะโลกร้อนและก๊าซเรือนกระจก (คิดเป็น 98.89%) อย่างไรก็ตาม มีนักเรียน 22 คน (คิดเป็น 24.44%) ที่ไม่รู้จักคำว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์

2. ผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมดำเนินการเป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยมีการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมด้วยแบบทดสอบ ผลของข้อมูลพบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 11.86 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 23.82 คะแนน การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบ t-test พบค่า t มีค่า 39.89 และ p มีค่า .000 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมส่งผลต่อการพัฒนาความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าและผลกระทบของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อย่างมีนัยสำคัญ และสะท้อนถึงผลของกิจกรรมในการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	n	$\bar{x}$	SD	t	p
ก่อนเรียน	90	11.86	3.80	39.89	.000*
หลังเรียน	90	23.82	3.47		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลจากการเปรียบเทียบทัศนคติก่อนและหลังการจัดกิจกรรม พบว่านักเรียนมีทัศนคติที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะความเข้าใจว่าพฤติกรรมรายบุคคล เช่น การใช้ไฟฟ้า การเผาขยะ หรือการกินอาหารเหลือ สามารถส่งผลต่อภาวะโลกร้อน ก่อนการจัดกิจกรรม นักเรียนอาจจะรับรู้ปัญหาโลกร้อนเป็นเรื่องใหญ่และไกลตัว โดยไม่เชื่อมโยงกับการกระทำในชีวิตประจำวันของตนเอง หลังจัดกิจกรรมมีการนำเสนอข้อมูลที่เชื่อมโยงพฤติกรรมเล็ก ๆ น้อย ๆ เช่น การเปิดไฟทิ้งไว้ หรือการกินอาหารเหลือ เข้ากับปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทำให้นักเรียนมองเห็นภาพรวมได้ชัดเจนขึ้น ว่าทุกการกระทำของตนเองล้วนมีส่วนในการสร้างคาร์บอนฟุตพริ้นท์ นอกจากนี้ นักเรียนยังมีมุมมองที่เปลี่ยนไปเกี่ยวกับความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อการวางแผนในระดับองค์กร และเห็นถึงความจำเป็นในการบูรณาการประเด็นภาวะโลกร้อนเข้าสู่กระบวนการเรียนการสอนในโรงเรียน โดยผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบค่า t มีค่า 5.35 และ p มีค่า .000 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมที่จัดขึ้นสามารถส่งเสริมทัศนคติที่ดีขึ้นของนักเรียนต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยนักเรียนมีความเข้าใจ ตระหนักรู้ และเห็นถึงบทบาทของตนในการมีส่วนร่วมลดผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ประเด็นคำถาม	ก่อน $\bar{x}_1$	หลัง $\bar{x}_2$	ผลต่าง $\bar{x}_2 - \bar{x}_1$
1. ปัญหาสภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาที่มีความใกล้ตัวเรามากที่สุด	4.61	4.69	0.08
2. อุณหภูมิที่สูงขึ้นในแต่ละปีเกิดจากปัญหาสภาวะโลกร้อนเป็นหลัก	4.42	4.51	0.09
3. ปัญหาสภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ง่าย	4.30	4.39	0.09
4. การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดสามารถช่วยลดปัญหาสภาวะโลกร้อนได้	4.37	4.47	0.10
5. การคำนวณปริมาณก๊าซของแหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจก ของแต่ละหน่วยงานในแต่ละประเทศเป็นข้อมูลที่ช่วยส่งเสริมให้คนตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมได้	4.33	4.42	0.09
6. การมีปริมาณเศษอาหารเหลือทิ้งจำนวนมากส่งผลต่อปัญหาสภาวะโลกร้อน	4.39	4.48	0.09
7. การจัดการเรียนการสอนเรื่องปัญหาสภาวะโลกร้อนและก๊าซเรือนกระจก มีความจำเป็นในการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาและโรงเรียน	4.09	4.33	0.24
8. การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้ชีวิตของคนให้ตระหนักถึงปัญหาสภาวะโลกร้อนเป็นไปได้ยาก	4.30	4.43	0.13
9. ตัวเราเองใช้ไฟฟ้า น้ำมัน กินอาหารเหลือ และเผาขยะเพียงคนเดียวอาจจะส่งผลต่อปัญหาสภาวะโลกร้อน	3.77	4.27	0.50
10. การเปิดเครื่องปรับอากาศควรเปิดใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า	4.37	4.53	0.17
11. การเปิดเครื่องปรับอากาศถึงแม้ว่าจะส่งผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ก็ยังมีคามจำเป็นที่ต้องเปิด	4.27	4.39	0.12
12. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นเรื่องที่ควรให้ความรู้แก่ทุกคน	4.32	4.44	0.12
13. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อองค์กรในการวางแผนเพื่อพัฒนา	4.20	4.47	0.27
14. ถ้าไม่มีการจัดการเรื่อง คาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว	4.37	4.66	0.29
ค่าเฉลี่ยรวม	4.29	4.46	0.17
T	5.35		
P	.000*		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการเปรียบเทียบทัศนคติก่อนและหลังการจัดกิจกรรมในตารางที่ 3 ในเรื่องบทบาทของผู้มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาสภาวะโลกร้อนพบว่า ก่อนเข้าร่วมกิจกรรม นักเรียนมองว่าการแก้ไขปัญหาควรเริ่มต้นจาก ตัวเราเอง เป็นอันดับแรก ตามด้วย ครอบครัว ซึ่งเป็นหน่วยที่ใกล้ชิดที่สุด และอันดับสามคือ สถานศึกษา โดยให้ความสำคัญกับบทบาทของการให้ความรู้และจัดการศึกษาเพื่อแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม หลังจากเข้าร่วมกิจกรรม ลำดับความสำคัญของ สถานศึกษา ได้เปลี่ยนมาอยู่ในอันดับที่สี่ และถูกแทนที่ด้วย ชุมชน ที่เลื่อนขึ้นมาอยู่อันดับที่สาม สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นว่าพฤติกรรมและความคิดของบุคคลได้รับอิทธิพลจากการสังเกตและการเลียนแบบผู้อื่น การที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน ได้เห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเพื่อน ๆ และได้เห็นพลังของการทำงานเป็นทีม ทำให้นักเรียนมองว่าการเปลี่ยนแปลงในระดับกลุ่มหรือชุมชนเป็นสิ่งสำคัญและสามารถสร้างผลกระทบในวงกว้างได้ ในด้านพฤติกรรมการใช้พลังงานในหอพัก พบว่า ก่อนกิจกรรม นักเรียนให้ความสำคัญกับการประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นอันดับแรก รองลงมาคือความเคยชิน และการอนุรักษ์พลังงานตามลำดับ หลังการเรียนรู้ ลำดับความสำคัญเปลี่ยนไป โดยการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมขยับขึ้นมาเป็นอันดับสอง แสดงถึงพัฒนาการเชิงทัศนคติที่ดีขึ้นต่อการใช้พลังงานอย่างมีความรับผิดชอบ การที่ลำดับความสำคัญของ หน่วยงานภาครัฐ ยังคงอยู่ในอันดับสุดท้ายทั้งก่อนและหลังการจัดกิจกรรมนั้น สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังคงมองว่าหน่วยงานเหล่านี้เป็นปลายทางหรือเป็นเรื่องที่อยู่ไกลตัวสำหรับการแก้ไขปัญหาสภาวะโลกร้อน ซึ่งอาจเป็นเพราะนโยบายต่าง ๆ เป็นภาพรวมระดับประเทศ ไม่ใช่การปฏิบัติที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับพฤติกรรมส่วนบุคคลในแต่ละวัน และการปลูกฝังจากครอบครัวและสถานศึกษา ยังคงมีลำดับที่คงเดิม (อันดับ 4) แสดงให้เห็นว่านักเรียนมองว่าปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งที่อยู่ภายนอกตัวบุคคล ซึ่งแม้จะมีบทบาทในการปลูกฝังและให้ความรู้ แต่พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดในหอพักนั้น นักเรียนมองว่าควรเกิดจากบทบาทของ ตัวเราเอง เป็นหลัก

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบทัศนคติในรูปแบบการเรียงลำดับความสำคัญ

ประเด็นคำถาม	ก่อน		หลัง	
	สำคัญลำดับที่	$\bar{x}_1$	สำคัญลำดับที่	$\bar{x}_2$
ปัญหาสภาวะโลกร้อนสามารถแก้ไขได้โดยไม่ต้องเริ่มจากใครก่อนตามลำดับ				
ตัวเราเอง	1	3.98	1	4.60
ครอบครัว	2	3.29	2	3.44
ชุมชน	4	2.63	3	2.97
สถานศึกษาและโรงเรียน	3	2.68	4	2.40
หน่วยงานภาครัฐ	5	2.42	5	1.59
การใช้ไฟฟ้าในห้องพักของนักเรียนมีการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดเนื่องจากเรื่องใดตามลำดับ				
การประหยัดค่าใช้จ่าย	1	4.54	1	4.37
การรักษารักษาพลังงานและสิ่งแวดล้อม	3	2.78	2	3.64
ความเคยชินของตัวเอง	2	3.39	3	3.04
ทำตามนโยบายด้านพลังงาน	5	1.82	5	1.97
การปลูกฝังจากครอบครัวและสถานศึกษา	4	2.47	4	1.98

ข้อมูลผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม พบว่า นักเรียนมีแนวโน้มลดระยะเวลาในการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าลง หลังผ่านกระบวนการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ จากการอบรมเชิงปฏิบัติการโดยวิทยากรภายนอก การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า t เท่ากับ -4.82 และค่า p เท่ากับ $.000$ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.05$ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่อวันจากพฤติกรรมนักเรียน

รายการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งาน	จำนวนเวลาที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า (ชั่วโมง ต่อ วัน)		
	ก่อน ($\bar{x}_1$)	หลัง ($\bar{x}_2$)	ผลต่าง ($\bar{x}_2 - \bar{x}_1$)
1. การเปิดหลอดไฟให้แสงสว่าง	4.84	4.57	-0.28
2. การเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อความบันเทิง เช่น โทรทัศน์ มือถือ ทีวี	5.16	4.84	-0.31
3. การเปิดใช้คอมพิวเตอร์ ไอแพด หรือ แท็บเล็ต	5.29	4.74	-0.54
4. ระยะเวลาการชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ	4.69	4.08	-0.62
5. การเปิดพัดลม	3.79	3.52	-0.27
6. การเปิดแอร์	5.06	4.88	-0.18
7. การเปิดใช้เครื่องทำน้ำอุ่น	2.00	1.89	-0.11
8. การเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่น	2.59	2.42	-0.17
ค่าเฉลี่ยรวม	4.18	3.87	-0.31
T	-4.82		
p	.000*		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.05$

ผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม (ตารางที่ 5) พบว่านักเรียนมีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 5.11$, $p = .000$, $\alpha = .05$) หลังจากได้รับการส่งเสริมความรู้และความตระหนักด้านพลังงาน โดยพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัด ได้แก่ การปิดไฟเมื่อออกไปทานข้าว (เฉลี่ยเพิ่มจาก 3.64 เป็น 3.82), การปิดคอมพิวเตอร์นอน (3.03 เป็น 3.19), การถอดปลั๊กหลังใช้งาน (3.06 เป็น 3.32) และการปิดไฟในอาคารเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ (2.91 เป็น 3.23) นอกจากนี้ ยังพบว่าการเปิดเครื่องทำน้ำอุ่นขณะอาบน้ำมีการใช้อย่างพอเหมาะมากขึ้น

(เฉลี่ยเพิ่มจาก 1.78 เป็น 2.33) สะท้อนถึงความพยายามของนักเรียนในการลดการใช้พลังงานในชีวิตประจำวันอย่างมีจิตสำนึกมากขึ้น

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความถี่ของพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

รายการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งาน	แปลผลคะแนนจากความถี่ของการใช้ไฟฟ้า		
	ก่อน ($\bar{x}_1$)	หลัง ($\bar{x}_2$)	ผลต่าง ($\bar{x}_2 - \bar{x}_1$)
1. นักเรียนออกไปทานข้าว จะ ปิด หลอดไฟทุกครั้ง	3.64	3.82	0.18
2. นักเรียนออกไปทานข้าว จะ ชาร์จ แบตเตอรี่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าไว้ทุกครั้ง	2.54	2.66	0.11
3. นักเรียนจะ เปิด โคมไฟไว้ตอนนอน	3.03	3.19	0.16
4. นักเรียน ถอดปลั๊ก เครื่องใช้ไฟฟ้าออกทุกครั้งหลังใช้งาน	3.06	3.32	0.27
5. นักเรียน เปิด ม่านบังแดดเพื่อใช้แสงสว่างจากภายนอก	3.02	3.13	0.11
6. นักเรียน เปิด แอร์ หรือพัดลม ทุกครั้งเมื่อถึงห้อง	1.96	2.08	0.12
7. เมื่อนักเรียน ปิด แอร์แล้วรู้สึกหนาว จะทำการ ปิด แอร์	3.08	3.27	0.19
8. นักเรียน เปิด เครื่องทำน้ำอุ่นขณะอาบน้ำ	1.78	2.33	0.56
9. นักเรียน เปิด หน้าต่างแทนการเปิดแอร์	2.41	2.60	0.19
10. ตอนกลางวันที่มีแสงสว่าง วันนักเรียนเห็นไฟภายในอาคารเปิด อยู่ นักเรียนจะช่วยปิดไฟ	2.91	3.23	0.32
ค่าเฉลี่ยรวม	2.96	2.74	0.22
T	5.11		
p	.000*		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถิติการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนในช่วงเดือน 6 ของการเก็บข้อมูล ข้อมูลสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนที่พักอาศัยในหอพัก จำนวน 56 คนซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่พักอาศัยอย่างต่อเนื่องจากปีการศึกษา 2566 ถึง ปีการศึกษา 2567 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าระหว่างปีการศึกษา 2566 กับปีการศึกษา 2567 โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันคือระหว่างเดือนกันยายน ถึง กุมภาพันธ์ ของแต่ละปีการศึกษา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและตารางวันหยุดของโรงเรียนประจำปี 2566 และ 2567 มีความสอดคล้องกัน ทำให้พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในแต่ละช่วงเวลา เช่น ช่วงวันหยุดหรือช่วงปิดภาคเรียน ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่จากข้อมูลในช่วงเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายนของปี 2567 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2566 โดยมีสาเหตุมาจากการที่นักเรียนนำเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนตัว เช่น พัดลม โน้ตบุ๊ก iPad ทีวีเปาผม และกระติกน้ำร้อนเข้ามาใช้ในหอพักเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนกลุ่มนี้ได้พักอาศัยในหอพักอย่างต่อเนื่องจากปีที่แล้วทำให้มีการสะสมจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับในระยะแรกของการจัดกิจกรรม นักเรียนบางส่วนอาจยังไม่ให้ความสนใจหรือยังไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้อย่างเต็มที่ ทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้ายังคงอยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อกิจกรรมดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง และนักเรียนเริ่มมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้และแรงบันดาลใจในการประหยัดพลังงานร่วมกันในกลุ่ม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการประหยัดไฟฟ้าไปในทางที่ดีขึ้น จากการสอบถามนักเรียนในหอพักได้มีนักเรียนกล่าวว่า “นักเรียนมีการรวมกลุ่มกันไปทำงานในห้องเพื่อนสลับกันไปแทนที่จะแยกทำในห้องของตนเอง” “นักเรียนมีการปิดไฟและโคมไฟก่อนเข้านอน ซึ่งต่างจากเดิมที่เคยเปิดไฟนอน” และ “นักเรียนลดการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มองว่าไม่จำเป็นลง” ในภาพรวมของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปีการศึกษา 2567 พบว่า นักเรียนกลุ่มดังกล่าวมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปีการศึกษา 2566 (โดยข้อมูลอ้างอิงจากการเก็บหน่วยไฟฟ้าที่นักเรียนใช้จริงของหอพักโรงเรียน) การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไปจะใช้ Emission Factor หรือ ปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละประเทศ สำหรับประเทศไทย ค่า Emission Factor อย่างเป็นทางการที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้า โดยอ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2021) คือ 0.5986 kgCO₂/kWh สูตรการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้า คือ

$$\text{Carbon Footprint (kgCO}_2\text{)} = \text{หน่วยการใช้ไฟฟ้า (kWh)} \times \text{Emission Factor (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

ตารางที่ 6 แสดงผลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนในหอพัก

เดือน	ปีการศึกษา 2566		ปีการศึกษา 2567		t
	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากการใช้ไฟฟ้า (kgCO ₂)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากการใช้ไฟฟ้า (kgCO ₂)	
กันยายน	6,162	3,689	6,360	3,807	0.65
ตุลาคม	3,053	1,828	6,225	3,726	6.51
พฤศจิกายน	2,627	1,573	6,465	3,870	8.88
ธันวาคม	5,543	3,318	2,638	1,579	-8.55
มกราคม	6,112	3,659	2,809	1,681	-10.74
กุมภาพันธ์	7,141	4,275	4,834	2,894	-4.89
รวม	30,638	18,341	29,331	17,558	-0.96

เมื่อเปรียบเทียบภาพรวมทั้งสองปีการศึกษาในตารางที่ 6 พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนในปีการศึกษา 2567 ลดลงจากปีการศึกษา 2566 โดยมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในปี 2566 รวม 18,341 kgCO₂ ลดลงเหลือ 17,558 kgCO₂ ในปี 2567 คิดเป็นการลดลงประมาณ 783 kgCO₂ จากการวิเคราะห์ค่า t พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CFO) ในบางช่วงเดือนระหว่างปีการศึกษา 2566 และ 2567 การที่ค่า t ในช่วงเดือนตุลาคม และพฤศจิกายนมีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าในบางช่วงเวลา ปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่ได้ลดลงแต่กลับเพิ่มขึ้น ซึ่งมาจากการที่นักเรียนได้นำอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ามาใช้งานในหอพักเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าและนักเรียนอยู่ในช่วงของการเริ่มปรับตัวในการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยเฉพาะในช่วงครึ่งหลังของปีการศึกษา 2567 เมื่อเทียบกับปี 2566 (ธันวาคม-กุมภาพันธ์) และในภาพรวมของทั้งสองปีนี้ ที่มีค่า t เป็นลบแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงาน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการประหยัดพลังงานของนักเรียนที่เริ่มเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหลังจากที่มีการรณรงค์และจัดกิจกรรม

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดขึ้นสามารถส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มนักเรียนหอพักได้อย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยที่พบว่าคะแนนความรู้และความเข้าใจของนักเรียนเพิ่มขึ้นจาก 11.86 เป็น 23.82 คะแนน และทัศนคติที่ดีขึ้นต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า สอดคล้องกับงานวิจัยของการศึกษาเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจและทัศนคติ ด้านพลังงาน (Udompornphibul and Thonghopit, 2015) ซึ่งระบุว่า การสร้างความตระหนักรู้และการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานมีผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียน โดยรางวัลทำหน้าที่เป็นแรงจูงใจภายนอก ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและเปลี่ยนจากการรับข้อมูลเพียงอย่างเดียว มาเป็นการเรียนรู้เชิงรุกผ่านกิจกรรม นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนได้รับอิทธิพลจากการสังเกตและการเลียนแบบผู้อื่นในสังคม ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงานของนักเรียน (Sanguanrat, 2020) การที่นักเรียนเริ่มให้ความสำคัญกับการประหยัดพลังงานเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น จากเดิมที่ให้ความสำคัญกับการประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นหลัก แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทัศนคติเชิงบวกที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในกิจกรรมนี้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในหอพักโรงเรียนได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลัก 3 ด้าน ได้แก่ พฤติกรรมส่วนบุคคล สภาพแวดล้อมทางกายภาพ และปัจจัยทางจิตวิทยาและสังคม

1.1 ปัจจัยด้านพฤติกรรมและนิสัยส่วนบุคคล ประกอบด้วยความรู้ ความเข้าใจ ทัศนคติ และการปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้า นักเรียนที่ตระหนักถึงความสำคัญของการประหยัดพลังงานมักมีพฤติกรรมที่ส่งผลต่อการลดการใช้ไฟฟ้า เช่น การปิดไฟเมื่อออกจากห้อง และการถอดปลั๊กเครื่องใช้ไฟฟ้าหลังใช้งาน

1.2 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและสิ่งอำนวยความสะดวก สิ่งแวดล้อมภายในห้องพักและประเภทของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้มีผลต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานอย่างมาก หอพักที่ออกแบบให้มีแสงธรรมชาติเพียงพอ หรือใช้วัสดุที่ช่วยระบายอากาศได้ดี จะลดความจำเป็นในการเปิดไฟและเครื่องปรับอากาศ อีกทั้งการกำหนดระเบียบชัดเจนเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ส่วนกลาง เช่น การปิดไฟเมื่อไม่มีผู้ใช้งานก็สามารถส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนได้

1.3 ปัจจัยด้านจิตวิทยาและสังคม นักเรียนที่เข้าใจว่าการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพช่วยลดค่าใช้จ่ายและรักษาสิ่งแวดล้อมจะมีแนวโน้มแสดงพฤติกรรมประหยัดพลังงานมากขึ้น นอกจากนี้ แรงผลักดันทางสังคม เช่น การปฏิบัติตามกลุ่มเพื่อนที่มีแนวคิดด้านการอนุรักษ์พลังงานและกิจกรรมประหยัดพลังงานไฟฟ้า เช่น การแข่งขันประหยัดพลังงานระหว่างหอพัก หรือการรณรงค์ภายในโรงเรียน ถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนไปในทางที่ดี

2. แนวทางในการส่งเสริมพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในหอพักโรงเรียนควรดำเนินการแบบองค์รวม ครอบคลุมทั้ง 3 ด้านหลัก ได้แก่ การให้ความรู้ การสร้างแรงจูงใจ และการปรับปรุงสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยในด้านการให้ความรู้และปลูกฝังจิตสำนึก พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การให้ข้อมูลผ่านโปสเตอร์และการอบรมเชิงปฏิบัติการ สามารถเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจาก 11.86 เป็น 23.82 คะแนน ความรู้ที่ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงทัศนคติที่ดีขึ้น ซึ่งสนับสนุนแนวทางของ Suebsurman and Saowiang (2019) ที่ชี้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยสร้างทัศนคติเชิงบวกต่อการอนุรักษ์พลังงานได้ ในส่วนด้านการสร้างแรงจูงใจ การจัดกิจกรรมเชิงสร้างสรรค์ เช่น นักสืบพลังงาน ที่มีการให้รางวัล ถือเป็นแรงจูงใจภายนอกที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจเรียนรู้เชิงรุก นอกจากนี้ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของแรงจูงใจทางสังคม โดยหลังเข้าร่วมกิจกรรม นักเรียนให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม เพิ่มขึ้นมาเป็นอันดับสองรองจากการประหยัดค่าใช้จ่าย และเกิดพฤติกรรมเลียนแบบเชิงบวก เช่น การรวมกลุ่มทำงานในห้องเดียวกันเพื่อลดการใช้ไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sanguanrat (2020) ที่พบว่า การสังเกตและเลียนแบบพฤติกรรมในกลุ่มสังคมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการอนุรักษ์พลังงาน ในท้ายที่สุดคือด้านการปรับปรุงสภาพแวดล้อมและสิ่งอำนวยความสะดวก แม้การวิจัยนี้จะเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม แต่ผลการศึกษาชี้ว่าสภาพแวดล้อมเป็นหนึ่งในสามปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม การมีอุปกรณ์ประหยัดพลังงานและการออกแบบอาคารที่เอื้อต่อการรับแสงธรรมชาติ จะช่วยส่งเสริมให้พฤติกรรมการประหยัดพลังงานที่ถูกปลูกฝังขึ้นใหม่นั้นเกิดขึ้นได้ง่ายและมีความยั่งยืน ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Hayiwangoh (2023) ที่เน้นการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้และการใช้ชีวิตเพื่อส่งเสริมความเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ดังนั้น การผสมผสานทั้งสามแนวทางนี้เข้าด้วยกันจึงเป็นกลยุทธ์ที่ช่วยส่งเสริมในการปลูกฝังพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตของกลุ่มนักเรียนได้

3. การใช้พลังงานไฟฟ้าของนักเรียนในหอพักโรงเรียนเป็นกิจกรรมที่ส่งผลโดยตรงต่อการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อม (Scope 2) ของโรงเรียน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Matrasongkram and Khunthong (2020) ที่ระบุว่าการใช้ไฟฟ้าจำนวนมากย่อมส่งผลต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงดังกล่าว โดยภายหลังจากจัดกิจกรรมส่งเสริมพฤติกรรมเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างลดลง 1,307 หน่วย เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อนหน้า การลดลงนี้สามารถคำนวณเป็นการลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ถึง 783 kgCO₂ โดยใช้วิธีคำนวณตามค่า Emission Factor ของประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของนักเรียนโดยตรง ซึ่งเห็นได้จากข้อมูลเชิงปริมาณที่ชี้ว่า ระยะเวลาการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันลดลงจาก 4.18 ชั่วโมง เหลือ 3.87 ชั่วโมง ($t = -4.82, p = .000$) พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดคือ การลดเวลาชาร์จโทรศัพท์มือถือและการใช้คอมพิวเตอร์ ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การให้ความรู้และการสร้างความตระหนักรู้ให้แก่ นักเรียนไม่เพียงแต่เปลี่ยนทัศนคติ แต่ยังนำไปสู่การลงมือปฏิบัติที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้น การส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่มนักเรียนจึงเป็นแนวทางที่สามารถช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสถานศึกษาได้

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. การส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด ควรจัดกิจกรรมให้ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของการใช้ไฟฟ้าเกินความจำเป็น โดยเน้นเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อน รวมถึงกิจกรรมส่งเสริม เช่น การแข่งขัน “หอพักต้นแบบประหยัดพลังงาน” และการแต่งตั้งผู้นำนักเรียน (Energy Leaders) เพื่อเป็นต้นแบบพฤติกรรมที่ดี

2. ปรับปรุงอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมในหอพัก แนะนำให้เปลี่ยนมาใช้หลอด LED ติดตั้งเซ็นเซอร์เปิด-ปิดไฟในพื้นที่ส่วนกลาง และปรับปรุงอาคารให้มีการระบายอากาศและรับแสงธรรมชาติได้ดี เพื่อลดการใช้พลังงาน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การเปรียบเทียบเทคโนโลยีประหยัดพลังงาน วิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น หลอดไฟ LED และแอร์อินเวอร์เตอร์ และศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนในอุปกรณ์หรือระบบพลังงานทดแทน เพื่อวางแผนใช้งบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมภายในโรงเรียน
2. การติดตามพฤติกรรมในระยะยาว ศึกษาความต่อเนื่องของพฤติกรรมการใช้พลังงาน เพื่อประเมินความต่อเนื่องของมาตรการหรือกิจกรรมที่ดำเนินการไปแล้ว และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันหรือที่บ้านของนักเรียนเอง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจากสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปี พ.ศ. 2567 สัญญาเลขที่ 569/2567

จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หมายเลขรับรองโครงการวิจัย SWUEC-672424 จากหน่วยจริยธรรมและมาตรฐานการวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

References

- Ajzen, I. (2020). The theory of planned behavior: Frequently asked questions. **Human Behavior and Emerging Technologies**, 2(4), 314-324.
- Bianchi, G., Pisiotis, U. and Cabrera, M. (2022). **GreenComp – The European sustainability competence framework**. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Frederiks, E. R., Stenner, K. and Hobman, E. V. (2015). Household energy use: Applying behavioural economics to understand consumer decision-making and behaviour. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 41(1), 1385-1394.
- Hayiwangoh, N. (2023). Carbon footprint assessment and greenhouse gas emission reduction guideline to promote green universities of Rajabhat University southern area group in Thailand (in Thai). **Doctoral Dissertation**. Yala: Yala Rajabhat University.
- Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC. (1995). **Climate change**. Geneva: World Meteorological Organization and United Nations Environment Programme.
- Matrasongkram, N. and Khunthong, S. (2020). Assessment of carbon footprint and water footprint from electricity consumption of activities in educational buildings (in Thai). **Proceedings of the 4th Academic Conference, Kasetsart University Sriracha Campus** (pp. 52-60). Chonburi: Kasetsart University Sriracha Campus.
- Sanguanrat, S. (2020). Factors affecting the participation behavior in energy conservation of students at Rattanakosin Sompoch Bangkhen School (in Thai). **Master's Thesis**. Phayao: University of Phayao.
- Sawangarom, L., Boonprom, P., Suttimas, S. and Phetphan, P. (2023). Carbon footprint assessment from waste disposal in Saladan Sub-district Municipality, Krabi Province (in Thai). **Journal of Energy and Environmental Technology**, 10(1), 57-65.
- Suebsurman, D. and Saowiang, T. (2019). The development for instructional learning packages on home electrical appliances for Mathayomsuksa 3 students, Banlinphapittayakom School, Sisaket Province (in Thai). **Journal of Academic and Research, Northeastern University**, 9(2), 1-10.
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (2021). **Calculation of greenhouse gas emissions from electricity production and consumption** (in Thai). Bangkok: Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization).

- Udompornphibul, C. and Thonghopit, S. (2015). A comparative study of energy literacy among secondary school students: A case study of 3 districts in Lopburi Province (in Thai). **Journal of Energy Research**, 12(2), 20-34.
- World Resources Institute and WBCSD. (2013). Technical guidance for calculating Scope 3 emissions (version 1.0). Retrieved 20 June 2024, from **Greenhouse Gas Protocol**: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf