

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ
ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

Carbon Footprint of an Organization: A Case Study of the Department of Ordnance
Engineering Academic Division, Chulachomkiao Royal Military Academy

การุณย์ ชัยวานิชย์^{1*}
Karun Chaivanich^{1*}

¹กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
Department of Ordnance Engineering, Chulachomkiao Royal Military Academy

*E-mail: kchaivanich@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในด้านปัญหาภาวะโลกร้อน โดยมีสาเหตุจากการเพิ่มปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวงจรชีวิตขององค์กร อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของกองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าตามแนวทางประเมินขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยจำแนกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ โดยเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2562 ผลการวิจัย พบว่า ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเท่ากับ 79.027 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขอบเขตที่ 1 ขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 3 มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 21.247, 37.757 และ 20.107 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ โดยขอบเขตที่ 2 มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรมากที่สุดถึงร้อยละ 47.777 และเมื่อประเมินเป็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรต่อคนเท่ากับ 1.341 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังนั้นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนเพื่อลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นอันจะนำไปสู่การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อให้เกิดภาวะโลกร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม

Abstract

This research aims to studying in environmental problems on global warming by greenhouse gas (GHG) emission of human's activities. Carbon Footprint Organization (CFO) is a method to illustrating data of greenhouse gas emission in thorough life cycle of organization that will be caused to management guideline for greenhouse gas reduction efficiently. This research was evaluating CFO of department of ordnance engineering, academic division, Chulachomkiao royal military academy, under evaluation guideline of Thailand greenhouse gas management organization (public organization). The greenhouse gas protocol defines emissions as 3 scopes, scope 1: direct GHG emission, scope 2: indirect GHG emission by electric energy, and scope 3: other indirect GHG emission. Data were collected in year 2019. The result, found that, volume of CFO was 79.027 tons of carbon dioxide equivalent per ton of product (tCO₂e). First, second, and third scope had volume of CFO 21.247 tCO₂e, 37.757 tCO₂e, and 20.107 tCO₂e, respectively. Second scope had most CFO, 47.777 percent. When evaluated to CFO per person, it was 1.341 tCO₂e. Therefore, electric energy usage is urgently needed to reduce CFO, and would be caused to reducing in greenhouse gas, which effect to global warming, efficiently.

Keywords: Greenhouse Gas, Carbon Footprint Organization, Direct GHG Emissions,
Indirect GHG Emission

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอันเป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศโลกทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยเฉพาะการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมในช่วง 200 ปีที่ผ่านมา เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) หรือภาวะโลกร้อน (Global Warming) (กระทรวงพลังงาน, 2562) ปัญหาโลกร้อนจึงเป็นปัญหาสำคัญระดับโลกที่ทุกภาคส่วนต้องร่วมมือช่วยกันแก้ไขและประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งของประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (United Nation Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ที่ต้องร่วมรับผิดชอบในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามขีดความสามารถที่จะช่วยเหลือจัดการเกี่ยวกับภาวะโลกร้อน (จินต์ พันธุ์ชัยโย และคณะ, 2552) และประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระดับโลกถ่ายทอดลงสู่การปฏิบัติในระดับประเทศภายใต้ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ที่กำหนดประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 4 การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการลดก๊าซเรือนกระจก การปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การรับมือกับภัยพิบัติ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและ

สังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาและฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้สามารถสนับสนุนการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการมีคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน ยุทธศาสตร์การวิจัยแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ.2560-2564) ที่ให้ความสำคัญกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงได้กำหนดเป็นประเด็นวิจัยด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในด้านการพัฒนาองค์ความรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เหมาะสมการพัฒนาขีดความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศการเพิ่มศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (จิตกร หมายมั่น และคณะ, 2561) จากผลกระทบของภาวะโลกร้อนทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint Organization : CFO) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรที่อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับหน่วยงานบริษัทหรือโรงงานระดับอุตสาหกรรมและระดับประเทศ (รัชชัย ซอพฤกษา, 2560) และการศึกษาในระดับอุดมศึกษาของไทยปัจจุบันเริ่มมีการตื่นตัวและทำการศึกษากันมากขึ้น เช่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิตมีผลรวมคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเท่ากับ 34,354.83 tCO₂e หรือ ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ไพรัช อุสุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัตสี, 2557) วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยามีผลรวมคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเท่ากับ 76.62 tCO₂e (จิตกร หมายมั่น และคณะ, 2561) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีผลรวมคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรเท่ากับ 5,428 tCO₂e (ชุตินา สุขอนันต์, 2555)

กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธเป็นหน่วยขึ้นตรงของส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า มีภารกิจจัดการศึกษาอบรมแก่นักเรียนนายร้อยให้มีพื้นฐานความรู้สาขาวิศวกรรมอุตสาหการในระดับอุดมศึกษาเพียงพอสำหรับนายทหารสัญญาบัตรที่จะต้องปฏิบัติหน้าที่ผู้บังคับหมวดของหน่วยกำลังรบหรือหน่วยอื่น ๆ ในกองทัพบก และเป็นสถาบันการศึกษาของกองทัพบกในระดับอุดมศึกษา ซึ่งในปีการศึกษา 2562 มีจำนวนนักเรียนนายร้อยสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการรวมทั้งหมด 89 นาย มีข้าราชการนายทหารสัญญาบัตรจำนวน 11 นาย และข้าราชการต่ำกว่าสัญญาบัตรจำนวน 4 นาย ลูกจ้างประจำ 1 นายและพนักงานราชการจำนวน 1 นาย รวมทั้งสิ้น 106 นาย ซึ่งปัจจุบันยังไม่เคยดำเนินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและกองทัพบกให้ความสำคัญกับการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมและการลดการใช้พลังงานซึ่งหากมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดผลด้านสิ่งแวดล้อมและด้านพลังงานได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรครั้งนี้ประกอบด้วยกิจกรรมการดำเนินงานในองค์กรที่มีส่วนทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เช่น การใช้เชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การใช้กระดาษ และอื่น ๆ ทั้งนี้ผลจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจะทำให้ทราบแหล่งปล่อยและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสามารถนำผลการประเมินไปเป็นแนวทางในการวางแผนการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น โดยผลสะท้อนที่เป็นประโยชน์ต่อองค์กรนอกจากจะช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนจากสาเหตุก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานและช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของกองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนวิธีการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของกองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า มีรายละเอียดของการศึกษาดำเนินการวิจัย ดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้จะเริ่มจากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยด้านการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับองค์กรโดยศึกษาข้อมูลจากการดำเนินงานทั้ง 3 ขอบเขต จากนั้นดำเนินการ รวบรวมค่าปัจจัยของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO₂ Emission Factor) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน กระจก, 2558; ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล ฟิงรัตมี, 2557; International Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006) จากแหล่งข้อมูลสนับสนุนต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อหาปัจจัย และ วิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อนำมารวบรวมทำรายการแสดงผลการคำนวณหาค่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรต่อไป

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

ปัจจุบันองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกกำหนดการดำเนินกิจกรรมการประเมินคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ขององค์กรโดยพิจารณาการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก 3 ขอบเขต (องค์การบริหาร จัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) ได้แก่

1. ขอบเขตที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ การเผาไหม้ แบบอยู่กับที่ การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ การใช้งาน สารดับเพลิง การปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ เป็นต้น

2. ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานไอน้ำ

3. ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ได้แก่ การใช้ทรัพยากรในหน่วยทหาร การเดินทางของผู้บังคับบัญชาและข้าราชการทหาร และการขนส่ง เป็นต้น

อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ประเมินได้จะชี้บ่งชี้ผลกระทบด้าน สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินงานต่าง ๆ ขององค์กรเฉพาะศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร ้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเด็นอื่น ๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) การเกิดฝนกรด (Acidification) หรือความเป็นพิษ (Toxicity) มาใช้ในการประเมินร่วมด้วย

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

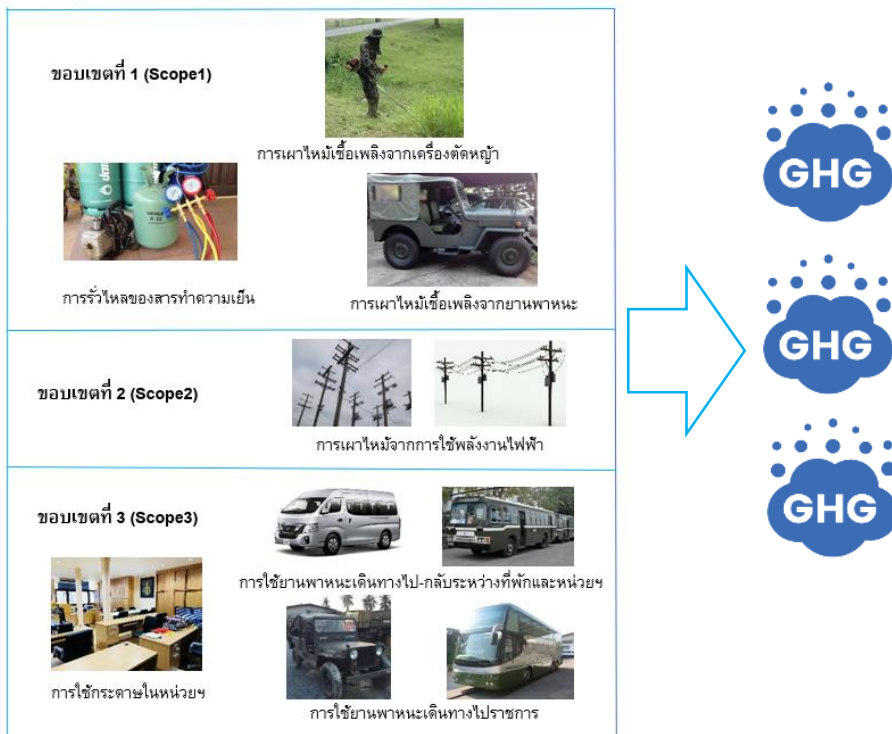
การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คำนวณจากการใช้ข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายใน องค์กรมาคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแสดงผลให้อยู่ในรูปของมวล (ตันหรือกิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) ดังสมการที่ 1

$$GHG_i = A_i \times EF_i \tag{1}$$

- GHG_i คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO₂eq)
- A_i คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (unit)
- EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO₂eq/unit)

งานวิจัยนี้ศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร โดยดำเนินการตามขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558) จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

1. กำหนดขอบเขต และระบุกิจกรรมแหล่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรศึกษาพร้อมทั้งประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) ที่เกิดจากกิจกรรมการดำเนินงานทั้งหมดภายในองค์กร
2. ออกแบบบันทึกเพื่อรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลที่เหมาะสมกับลักษณะการดำเนินการลักษณะกิจกรรมและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงลักษณะของข้อมูลที่องค์กรมีอยู่หรือสามารถดำเนินการเก็บรวบรวมได้
3. กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการกำหนดขอบเขตแบบควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) ตามลักษณะการดำเนินงานขององค์กรที่มีรูปแบบการกระจายงาน โดยประเมินผลการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรทั้งในลักษณะแยกย่อยแต่ละกิจกรรม และในลักษณะภาพรวมขององค์กรแบ่งเป็น 3 ขอบเขต โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 1 และตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ขอบเขตการเก็บข้อมูลของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

ระยะเวลาศึกษา

ระยะเวลาดำเนินการศึกษาดำเนินการโดยเก็บข้อมูลและคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรม และแหล่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมขององค์กรฯ ในระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2562

ตารางที่ 1 ขอบเขต ทรัพยากร แหล่งเก็บข้อมูล และแหล่งที่มาของค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขต	กิจกรรม/ทรัพยากรที่ใช้	แหล่งเก็บข้อมูล	แหล่งที่มา
ขอบเขตที่ 1	การใช้เชื้อเพลิงเครื่องตัดหญ้า (เบนซิน)	บันทึกการเบิกจ่ายสป3.	Ecoinvent2.0, IPCC 2006.
	การใช้เชื้อเพลิงพาหนะของหน่วย (ดีเซล)	บันทึกการเบิกจ่ายสป3.	Ecoinvent2.0, IPCC 2006.
	ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหล (R-22)	บันทึกการเติมสารทำความเย็น	World Meteorological, 2006.
ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	บันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้า	EF Thailand Grid Mix Electricity.
ขอบเขตที่ 3	การใช้กระดาษในหน่วยฯ	รายงานการเบิกจ่ายวัสดุ	Thai National LCI Database/MTEC.
	การใช้ยานพาหนะเดินทางไปราชการต่างจังหวัด	บันทึกการเบิกจ่าย สป3.	Thai National LCI Database/MTEC.
	การใช้ยานพาหนะเดินทางไปกลับ-ที่พัก และหน่วยฯ	บันทึกการใช้น้ำมันพาหนะ	Thai National LCI Database/MTEC.

ผลการวิจัย

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรปี พ.ศ.2562 ในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากขั้นตอนการวิจัยตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้ทราบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรในแต่ละขอบเขตตามรายละเอียด ดังตารางที่ 2

1. ขอบเขตการดำเนินงานที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กรจากการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ

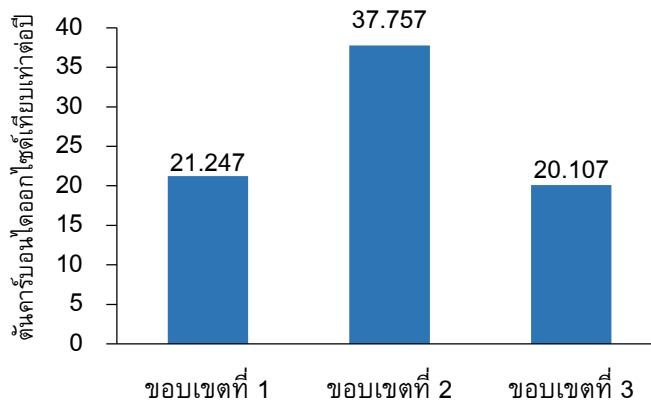
2. ขอบเขตการดำเนินงานที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการเก็บข้อมูลทุติยภูมิด้านการใช้ไฟฟ้าขององค์กร

3. ขอบเขตการดำเนินงานที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในด้านอื่น ๆ เช่น การใช้กระดาษในหน่วยฯ การใช้ยานพาหนะเดินทางไปราชการต่างจังหวัด และการใช้น้ำมันพาหนะเดินทางไป-กลับระหว่างที่พัก และหน่วยฯ ซึ่งการประเมินครั้งนี้เป็นการประเมินครั้งแรกขององค์กร จึงยังมีแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ได้นำมาศึกษาเนื่องจากความไม่พร้อมของข้อมูลที่น่ามาใช้ในการคำนวณ ได้แก่ สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มีปริมาณน้อยมาก นอกจากนี้ปั๊มติ๊กที่ใช้บำรุงต้นไม้เป็นปั๊มติ๊ก การจัดการน้ำเสียเป็นแบบบ่อเติมอากาศ ไม่มีการรั่วไหลของสารดับเพลิง และสารเคมีทำความสะอาดผลิตจากสารที่ไม่ได้ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจากการประสานงานด้านข้อมูลกับฝ่ายงานส่วนส่งกำลังบำรุงเกี่ยวกับการกำจัดของเสีย

และระบบบำบัดต่าง ๆ พบว่าไม่ได้มีการเก็บข้อมูลทางด้านกรก้าจัดของเสียไว้ การระบายน้ำเสียในแต่ละอาคารยังเป็นการระบายน้ำเสียที่ออกจากถังบำบัดสำเร็จรูปเป็นหลักและปล่อยลงสู่ธรรมชาติที่ไม่มีอัตรา การปล่อยที่แน่นอนและยังไม่มีมีการเก็บข้อมูลไว้ในปี 2562 นอกจากนี้ ไม่มีการใช้ Fire Pump, Generator ส่วนถึงดับเพลิงได้รับการตรวจสอบสภาพ และปริมาณสารเคมีเป็นประจำตามระยะเวลา จึงไม่ได้นำมา คำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยในขอบเขตของงานวิจัยนี้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรปี พ.ศ.2562

ขอบเขต	กิจกรรม/ทรัพยากรที่ใช้	ปริมาณที่ใช้	ค่าปัจจัย	ปริมาณ CFO (tCO ₂ e)
ขอบเขตที่ 1	การใช้เชื้อเพลิงเครื่องตัดหญ้า (เบนซิน)	120 L	2.2376 (CO ₂ e/L)	0.268
	การใช้เชื้อเพลิงพาหนะของหน่วย (ดีเซล)	120 L	2.7446 (CO ₂ e/L)	0.329
	ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหล (R-22)	11.41kg	1810 (CO ₂ e/kg)	20.65
ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	64,865 kWh	0.5821 (CO ₂ e/kWh)	37.757
ขอบเขตที่ 3	การใช้กระดาษหน่วยฯ	235 kg	2.0859 (CO ₂ e/kg)	0.492
	การใช้ยานพาหนะเดินทางไปราชการต่างจังหวัด	360.14 L	2.7446 (CO ₂ e/L)	0.988
	การใช้ยานพาหนะเดินทางไป-กลับที่พักและหน่วยฯ	6754.2 L	2.7446 (CO ₂ e/L)	18.53



ภาพที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

ตารางที่ 3 ร้อยละของผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร ปี พ.ศ.2562

ขอบเขต	การดำเนินการขององค์กร	การปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจก		
		tCO ₂ e/Year	ร้อยละของภาพรวม	ร้อยละของขอบเขต
ขอบเขตที่ 1	การใช้เชื้อเพลิงเครื่องตัดหญ้า (เบนซิน)	0.268	0.339	1.2633
	การใช้เชื้อเพลิงพาหนะของหน่วย (ดีเซล)	0.329	0.4167	1.549
	ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหล (R-22)	20.65	26.137	97.186
	รวมขอบเขตที่ 1	21.247	26.862	100
ขอบเขตที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	37.757	47.777	100
	รวมขอบเขตที่ 2	37.757	47.777	100
ขอบเขตที่ 3	การใช้กระดาษหน่วยฯ	0.492	0.62	2.448
	ใช้ยานพาหนะเดินทางไปราชการต่างจังหวัด	0.988	1.25	4.938
	ใช้ยานพาหนะเดินทางไปกลับที่พัก และหน่วยฯ	18.537	23.457	92.612
	รวมขอบเขตที่ 3	20.107	25.327	100
	รวมขอบเขตทั้งหมด	79.027	100	100

จากตารางที่ 3 และภาพที่ 2 แสดงผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมในขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง พบว่า มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรเท่ากับ 21.247 tCO₂e โดยปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหล ส่งผลให้เกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคือ 20.65 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 26.137 รองลงมาคือการใช้เชื้อเพลิงยานพาหนะ(ดีเซล) 0.329 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 0.4167 และการใช้เชื้อเพลิงเครื่องตัดหญ้า(เบนซิน) 0.268 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 0.339 ส่วนในขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ.2562 พบว่า มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 37.757 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 47.777 และในขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม พบว่า มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรเท่ากับ 20.107 tCO₂e โดยการใช้น้ำมันพาหนะเดินทางไป-กลับระหว่างที่พักและหน่วยฯ มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรมากที่สุด คือ 18.537 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 23.457 รองลงมา คือ การใช้น้ำมันพาหนะเดินทางไปราชการต่างจังหวัด 0.988 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 1.25 และการใช้กระดาษในหน่วยฯ 0.492 คิดเป็นร้อยละ 0.62 และเมื่อประเมินเป็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรต่อคนเท่ากับ 1.341 tCO₂e

การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้ง 3 ขอบเขต พบว่าขอบเขตที่ 2 มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรมากที่สุดเท่ากับ 37.757 tCO₂e หรือคิดเป็นร้อยละ 47.777 รองลงมา คือขอบเขตที่ 1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร เท่ากับ 21.247 tCO₂e หรือคิดเป็นร้อยละ 26.862 และขอบเขตที่ 3 คือ 20.107 tCO₂e หรือคิดเป็นร้อยละ 25.327 ดังนั้นในปีพ.ศ.2562 กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรรวมทั้ง 3 ขอบเขตเท่ากับ 79.027 tCO₂e แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลำดับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

ขอบเขต	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		
	ลำดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	tCO ₂ e/Year	ร้อยละ
ขอบเขตที่ 1	ลำดับที่ 2	21.247	26.862
ขอบเขตที่ 2	ลำดับที่ 1	37.757	47.777
ขอบเขตที่ 3	ลำดับที่ 3	20.107	25.327
	รวม	79.027	100

อภิปรายผลการวิจัย

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของกองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าในครั้งนี้เป็นการจัดทำครั้งแรก โดยผลการศึกษาทำให้ทราบแหล่งกำเนิดและกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก ๆ ที่สำคัญของหน่วยฯ กล่าวคือ กิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของหน่วยฯ ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหล การใช้น้ำมันเดินทางไป-กลับ ระหว่างที่พักของหน่วยฯ การใช้น้ำมันเดินทางไปราชการต่างจังหวัด การใช้กระดาษของหน่วยฯ การใช้เชื้อเพลิงพาหนะของหน่วย (ดีเซล) และ การใช้เชื้อเพลิงเครื่องตัดหญ้า (เบนซิน) ตามลำดับ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลในการประเมินและวางแผนแนวทางการจัดการสำหรับการประเมินในครั้งต่อไป โดยกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหน่วยฯ มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสำนักงาน อาคารเรียน ห้องเรียน และอาคารปฏิบัติการเทคโนโลยี เป็นหลัก จากผลจากการวิจัยที่ได้พบว่า กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ขอบเขตที่ 2 เป็นขอบเขตที่ส่งผลให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับวิถีกร หมายมัน และคณะ (2561); ไพรัช อุศุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัมย์ (2557); ชูติมา สุขอนันต์ (2555) ขณะที่ สุรวุฒิ สุทธา และดุษฎิพร หิรัญ (2562) พบว่า กิจกรรมที่มีส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรมากที่สุด คือ กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้น จึงควรดำเนินการทำการศึกษาเพื่อบ่งชี้กิจกรรมของหน่วยทหารฯ หรือแหล่งที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง เพื่อลดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า โดยจะต้องมีแนวทางการลดภาวะโลกร้อนที่ควรนำไปปฏิบัติอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ได้แก่ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล ไบโอดีเซล และเอทานอล การปลูกต้นไม้ใหญ่เพื่อให้ร่มเงาบังแสงแดดรอบอาคาร ตัดฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา ฝ้าเพดาน และผนังอาคาร ใช้หลอดประหยัดไฟ และใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ใช้น้ำ ใช้ไฟอย่างประหยัด และใช้อย่างรู้คุณค่า ใช้แสงแดดให้เป็นประโยชน์ และใช้หลัก 3R: Reduce, Reuse, Recycle และนำกลับมาใช้ใหม่ให้เป็นปกติวิสัย เพื่อนำไปกำหนดมาตรการควบคุมหรือลดการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อไป (ฐิติกร หมายมัน และคณะ, 2560)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าซึ่งได้ให้ข้อมูลและข้อคิดเห็นต่าง ๆ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาตรวจสอบให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงต้นฉบับบทความดังกล่าวนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. (2562). รายงานการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้พลังงานจากการใช้พลังงาน 6 เดือนแรก ปี 2562. สืบค้นจาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/item/download/19400_36538e4cf380030b2b2178c511c9fbc1
- จินต์ พันธุ์ชัยโย, ณีฐการย์ วงศ์ทองเหลือ, นราทิพย์ ณ ระนอง, พสุพร สมบูรณ์ธนสาร และอริศรา พรหมิงมาศ. (2552). การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการรีไซเคิลของอุตสาหกรรมขวดแก้ว กรณีศึกษา บริษัทบางกอกกล๊าสจำกัด. *วารสารบริหารธุรกิจ*, 32(1), 32-41.
- ชุตติมา สุขอนันต์. (2555). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.
- จิตติกร หมายมั่น, สมบัติ ทิมทรัพย์, อติกร เสรีพัฒนานนท์ และบัณฑิต รัตนไตร. (2560). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(1), 56-66.
- จิตติกร หมายมั่น, สมบัติ ทิมทรัพย์, อติกร เสรีพัฒนานนท์ และบัณฑิต รัตนไตร. (2561). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(2), 109-205.
- ธัชชัย ช่อพุกษา. (2560). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรสำหรับการใช้เชื้อเพลิงในกิจกรรมโลจิสติกส์สีเขียว. *การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 ประจำปี พ.ศ.2560* (หน้า 1185-1194). กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- ไพรัช อุกุภรัตน์ และหาญพล พึ่งรัมย์. (2557). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 22(1), 1-12.
- สุรวุฒิ สุธา และดุชะฎิพร หิรัญ. (2562). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 26(1), 227-233.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2558). *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร*. กรุงเทพมหานคร: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2552). *ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามกลุ่มอุตสาหกรรมของประเทศไทย*. สืบค้นจาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_emission/products_emission.pnc
- International Greenhouse Gas Inventories Programme (IPCC). (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas*. Retrieved from online: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- วันที่รับบทความ 4 มี.ค. 63, วันที่แก้ไขบทความ 24 พ.ค. 63, วันที่ตอบรับบทความ 1 มิ.ย. 63