ระบบจัดการข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว

Information System Design for Carbon Footprint Management at Khunying Long Learning Resources Center using Green Office Criteria

นางสาวไกรศรี ไกรฤกษ์

Kraisri Krairiksh

รายงานทางเทคนิคของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Technical Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Science Program in

Management of Information Technology

Prince of Songkla University

2564

ชื่อสารนิพนธ์ ระบบจัดการข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้ คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว

ผู้เขียน นางสาวไกรศรี ไกรฤกษ์

สาขาวิชา การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....

(ดร.ชิดชนก โชคสุชาติ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีนา มะตาหยง)

.....กรรมการ

(ดร.อนันท์ ชกสุริวงค์)

.....กรรมการ

(ดร.ชิดชนก โชคสุชาติ)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์)

ประธานกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

ชื่อสารนิพนธ์	ระบบจัดการข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว
ผู้เขียน	นางสาวไกรศรี ไกรฤกษ์
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการข้อมูล เพื่อการนำเสนอปริมาณก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ให้ตอบสนองการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว ประจำปี 2564 โดยมีขอบเขตข้อมูลในการวิจัย ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมัน ข้อมูลปริมาณการใช้กระดาษ ข้อมูลปริมาณขยะของเสีย ข้อมูลปริมาณก๊าซมีเทน และข้อมูลปริมาณ Carbon Footprint การออกแบบและพัฒนาระบบใช้ SDLC Model แบบ Agile เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการพัฒนาตามกรอบเวลาการตรวจประเมินที่หน่วยงานกำหนด แบ่งระยะการพัฒนาเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนาส่วนจัดการข้อมูล ผู้วิจัยได้ออกแบบเว็บแอพพลิเคชั่นสำหรับการนำเข้า จัดเก็บ และรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมต่าง ๆ ตามขอบเขตข้อมูลที่กำหนด และจำกัดการเข้าถึงเฉพาะผู้ที่ได้รับสิทธิเท่านั้น เพื่อควบคุมความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลในระบบ ระยะที่ 2 การพัฒนาส่วนนำเสนอข้อมูล ผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการประมวลผลและรูปแบบการแสดงผลของเว็บแอพพลิเคชั่นให้เหมาะสมกับชุดข้อมูลภายใต้ขอบเขตที่กำหนด เพื่อให้เกิดความเข้าใจในชุดข้อมูลได้อย่างง่ายดาย ไม่ซับซ้อน และสามารถตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวได้อย่างครบถ้วน ผลการวิจัยพบว่า ระบบสามารถนำเสนอข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและรายงานการใช้ทรัพยากรของหน่วยงานได้ครบถ้วนถูกต้องตามเกณฑ์สำนักงานสีเขียว โดยแสดงให้เห็นแนวโน้มและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงร้อยละ 44.9 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า และแสดงปริมาณการใช้ทรัพยากรที่ลดลงเมื่อเทียบกับเป้าหมายทั้ง 6 ด้าน ผลการประเมินประสิทธิภาพจากคณะกรรมการผู้ตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวและผู้บริหารหน่วยงานอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 4.8 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมากที่สุด นอกจากนี้ระบบยังสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องบนระบบปฏิบัติการทั้ง Window, MacOS, Android และ iOS เพิ่มความสะดวกในการใช้งานแก่คณะทำงานและผู้เกี่ยวข้อง ในการเข้าถึงและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ขยายผลต่อไป

Minor Thesis Title	Information System Design for Carbon Footprint Management at Khunying Long Learning Resources Center using Green Office Criteria
Author	Ms. Kraisri Krairiksh
Major Program	Management of Information Technology
Academic Year	2021

Abstract

This study aims to present an information system design approach for data management and data visualization of Carbon Footprint at Khunying Long Learning Resources Center (KYL) according to Green Office Criteria 2021. The scope of the study includes information on electricity consumption, water consumption, fuel consumption, paper consumption, waste production, methane emission and carbon footprint equivalence. The design and development utilize an Agile SDLC Model for rapid development within the limited timeframe. The development is divided into two phases: Phase 1 - Development of data management: the researcher designed a web application for collecting, storing, and processing data within the specified scope and set restricted access for an authorized group of people to control the accuracy and reliability of the information within the system. Phase 2 - Development of data visualization: the researcher designed a logical algorithm for the system and a suitable display pattern for the specified data set on the web application to help users understand the information more easily without any complications, together with being able to fully answer the Green Office Assessment Criteria. The results showed that the system can perfectly display the result of Carbon Footprint Emission and Natural Resources Usage at KYL as defined in the Green Office Criteria that Carbon Footprint gets lower than the previous year for 44.9% and the resources has been decreased in all 6 targets. The system has also received an adequate result at average 4.8 on the satisfaction assessment survey from the Green Office Audit Committee and KYL executives' team which can be interpreted as a very high level. In addition, the system can correctly function on most commonly used operating systems, including Windows, MacOS, Android, and iOS, which helps increase the ease of use for the KYL Green Library Committee and other stakeholders in order to access or use the data for further analysis.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความกรุณาช่วยเหลือและสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ชิดชนก โชคสุชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการทำสารนิพนธ์ที่ผ่านมา ตลอดจนให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ในการพลักดันให้ผู้วิจัยเข้าร่วมนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ The 2nd SEA-STEM International Conference จนได้รับการตีพิมพ์ในฐานข้อมูลระดับสากลอย่าง IEEE และ Scopus นับเป็นประสบการณ์ที่มีคุณค่าสำหรับผู้วิจัยเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีนา มะตาหยง และ ดร. อนันท์ ชกสุริวงค์ คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ ผู้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาและจัดทำสารนิพนธ์ให้เกิดความสมบูรณ์และก่อประโยชน์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารและคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักทรัพยากรการเรียนรู้ คุณหญิงหลงฯ สำหรับความร่วมมือในการทดสอบใช้งานระบบอย่างเต็มที่ โดยเฉพาะคุณอัษฎายุธ อุบลกาญจน์ นักวิชาการคอมพิวเตอร์ ผู้สนับสนุนหลักในการพัฒนาระบบทางเทคนิคทั้งหมด ให้สำเร็จลุล่วงตามแผนที่กำหนดไว้ จนได้รับคำชื่นชนจากคณะกรรมการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ผู้ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนผู้วิจัย จนสามารถดำเนินการวิจัยและจัดทำสารนิพนธ์ได้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่กำหนด

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอพระขอบคุณคณาจารย์ทุกท่าน ทั้งในและนอกสาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้ให้ความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำสารนิพนธ์ทั้งหมด ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตร ผู้ให้ความช่วยเหลือในการประสานงาน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจและเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และสังคมรอบข้างต่อไป

ไกรศรี ไกรฤกษ์

สารบัญ

บทคัดย่อ **2**

Abstract **3**

กิตติกรรมประกาศ **4**

สารบัญ **5**

สารบัญตาราง **7**

สารบัญภาพ **8**

1.บทนำ **9**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา **9**

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย **10**

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ **11**

1.4 ขอบเขตของการวิจัย **11**

1.4.1 ขอบเขตด้านข้อมูล 11

1.4.2 ประชากรเป้าหมาย 11

1.4.3 การออกแบบและพัฒนาระบบ 11

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **14**

2.1 ทฤษฎีและหลักการ **14**

2.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก 14

2.1.2 การตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว 17

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **20**

2.2.1 ระบบจัดการข้อมูล (Information System) 20

2.2.2 การนำเสนอข้อมูล (Data Visualization) 23

3. วิธีดำเนินการวิจัย **27**

3.1 Planning Phase **28**

3.1.1 System Analysis (System Request) 28

3.1.2 Project Management (Project Schedule) 29
3.2 Analysis Phase 30
3.2.1 Use Case 31
3.2.2 Process Model (DFD) 32
3.2.3 Data Model (ERD) 35
3.3 Design Phase 37
3.3.1 System Architecture Design 37
3.3.2 User Interface Design 38
3.4 Implementation Phase 39
3.4.1 การทดสอบระบบ (Test Case) 39
3.4.2 การประเมินประสิทธิภาพและการสร้างความตระหนักรู้ 48
4. ผลการดำเนินงานวิจัย 49
4.1 ผลการวิจัย 49
4.1.1 การจัดเก็บข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก 49
4.1.2 การนำเสนอข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก 58
4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 68
4.1.4 การทดสอบระบบ 70
4.1.5 การประเมินประสิทธิภาพในการใช้งาน 71
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 72
5.1 สรุปผลการวิจัย 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 72
บรรณานุกรม 74
ภาคผนวก 76
ภาพผนวก ก 79
ภาพผนวก ข 83
ประวัติผู้เขียน 93

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามหนังสือมาตรฐานสำนักงานสีเขียวปี 2562[5]..... 15
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบกระบวนการและวิธีการในการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลตามเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ..... 20
ตารางที่ 3 แผนผังกระบวนการพัฒนา Web Application..... 27
ตารางที่ 4 การมอบหมายงานและกรอบระยะเวลาการพัฒนา Web Application..... 29
ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความต้องการฟังก์ชั่นการทำงานและคุณลักษณะอื่น ๆ ของระบบ..... 30
ตารางที่ 6 Test Case สำหรับ Unit Testing..... 39
ตารางที่ 7 Test Case สำหรับ Integration Testing..... 41
ตารางที่ 8 Test Case สำหรับ System Testing..... 46
ตารางที่ 9 Test Case สำหรับ Acceptance Testing..... 47
ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ตามเกณฑ์สำนักงานสีเขียวปี 2564..... 50
ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ของการเก็บข้อมูลและการแสดงผลก๊าซเรือนกระจก..... 57
ตารางที่ 12 ค่าใช้จ่ายจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 3 อันดับ..... 64
ตารางที่ 13 ปริมาณ CF จากกิจกรรมทั้งหมดในปี 2564 (ระหว่างเดือนมกราคม - มิถุนายน 2564)..... 64
ตารางที่ 14 สรุปผลการใช้ทรัพยากรและเป้าหมายที่หน่วยงานกำหนด..... 69
ตารางที่ 15 ผลการทดสอบการทำงานของระบบบนระบบปฏิบัติการและ Test Case ที่กำหนด..... 70
ตารางที่ 16 ผลประเมินการใช้งานและประสิทธิภาพของระบบ..... 71

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 รูปแบบการนำเสนอข้อมูลจากเครื่องมือ Carbon Catalogue 24
ภาพที่ 2 กราฟปริมาณพื้นที่ระบบนิเวศน์บนโลกแบ่งตามประเภทของพื้นผิว 25
ภาพที่ 3 อัตราส่วนการปล่อยมลพิษเทียบกับปริมาณ Carbon Footprint (CF) ทั่วโลก 25
ภาพที่ 4 ข้อมูลการใช้พลังงานทดแทนทั่วโลก 26
ภาพที่ 5 โครงสร้างการทำงานของระบบ (Context Diagram) 32
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลในระบบ (DFD Diagram) 34
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลในระบบ (ER Diagram) 36
ภาพที่ 8 โครงสร้างการทำงานของระบบ (System Architecture Design) 37
ภาพที่ 9 การออกแบบหน้ารวมหมวดหมู่แบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูล 38
ภาพที่ 10 การออกแบบหน้า Dashboard ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก 38
ภาพที่ 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ของหน่วยงาน 68

1.บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร เป็นหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนพันธกิจมหาวิทยาลัยในด้านการเรียนการสอนและการวิจัย โดยเป็นแหล่งเรียนรู้ที่ให้บริการทรัพยากร สารสนเทศหลากหลายทั้งในรูปแบบตัวเล่ม ทรัพยากรฉบับอิเล็กทรอนิกส์ วารสาร ฐานข้อมูล สื่อและอุปกรณ์ สนับสนุนการเรียนรู้ ตลอดจนพื้นที่และการสร้างสภาพแวดล้อมเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ทุกรูปแบบ นอกจากบุคลากรและนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์แล้ว สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ยังให้บริการครอบคลุมถึงบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อให้สามารถศึกษาหาความรู้ได้ตลอดชีวิต และจากแผนยุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัย ปี 2561 – 2565 กำหนดให้มีการขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับการอนุรักษ์ พลังงานและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น[1] ดังจะเห็นในยุทธศาสตร์ที่ 1 การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ มีการกำหนดแนวทางการดำเนินงานให้พัฒนาทรัพยากรบุคคลทุกช่วงวัย เพื่อพร้อมรับการพัฒนาด้านต่าง ๆ หนึ่งในนั้นมีด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ยุทธศาสตร์ที่ 2 การวิจัยหรือนวัตกรรมที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศ ได้มีการกล่าวถึงการผลักดันให้มีการสร้างผลงานวิจัยและนวัตกรรมด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอยู่ด้วย และยุทธศาสตร์ที่ 3 การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหาร ได้มีการกล่าวถึงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการในด้านโครงสร้างการบริหารและระบบงาน เพื่อพัฒนาเป็นองค์กรต้นแบบในการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และเพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580) ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในเรื่องการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม วิธีคิดและวิถีชีวิต และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศที่กล่าวถึงการเติมโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน สนับสนุนและส่งเสริมการผลิตและบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในวงกว้าง[2]

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ จึงได้เริ่มการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมโดยได้เข้าร่วมเครือข่ายห้องสมุดสีเขียว เมื่อปี 2559 และได้แต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม เพื่อขับเคลื่อนกิจกรรมปลูกจิตสำนึกและสร้างความตระหนักรู้แก่บุคลากรและผู้ใช้บริการอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ในปี 2561 สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ได้ผ่านการตรวจประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานห้องสมุดสีเขียว และได้กำหนดเป้าหมายในการเข้าร่วมการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว ในปี 2564 เพื่อเพิ่มความเข้มข้นในการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากโครงการสำนักงานสีเขียว (Green Office) เป็นโครงการที่มุ่งเน้นการดำเนินงานของสำนักงานให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและการมีส่วนร่วมของบุคลากร การลดใช้พลังงาน การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดของเสียและขยะ การลดใช้สารเคมีอันตราย การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศ ด้วยเหตุนี้หน่วยงานจึงต้องศึกษาวิธีการคำนวณและรายงานก๊าซเรือนกระจกตามเกณฑ์กำหนด แต่เนื่องจากหน่วยงานยังไม่

มีระบบจัดการข้อมูลที่เหมาะสม ส่งผลให้การเก็บข้อมูลต้นทางที่เกี่ยวข้อง อันประกอบด้วย ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณการใช้กระดาษ และปริมาณขยะ กระจัดกระจายและไม่ยืดหยุ่นต่อการแก้ไข อีกทั้งอาจเกิดความผิดพลาดและซ้ำซ้อนของข้อมูล เนื่องจากการส่งต่อข้อมูลระหว่างกัน ทำให้การรวบรวมข้อมูลเพื่อการคำนวณก๊าซเรือนกระจกอาจล่าช้าและไม่แม่นยำ นอกจากนี้หน่วยงานยังไม่มีรูปแบบในการนำเสนอข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม เข้าใจง่าย และเข้าถึงได้อย่างสะดวกรวดเร็วตลอดเวลา เพื่อใช้ในการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว และตรวจติดตามผลการดำเนินงานตามเป้าหมายที่หน่วยงานกำหนด

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว เพื่อเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลและเป็นช่องทางนำเสนอข้อมูลก๊าซเรือนกระจกและข้อมูลสิ่งแวดล้อมด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่คณะกรรมการ ผู้บริหาร และผู้เกี่ยวข้องที่ต้องการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ขยายผลอื่น ๆ ต่อไป โดยมุ่งเน้นให้ระบบสามารถลดความซ้ำซ้อนและความยุ่งยากในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบการตรวจประเมิน และสามารถนำเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ครบถ้วน และเข้าใจง่ายตามเกณฑ์การประเมินกำหนด อีกทั้งช่วยเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงอย่างไม่มีข้อจำกัด ด้วยการพัฒนาในรูปแบบ Web Application งานวิจัยฉบับนี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการจัดการโครงการและการพัฒนา Web Application โดยเลือกใช้ SDLC Model แบบ Agile เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการพัฒนาให้ทันกรอบเวลาการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวที่หน่วยงานกำหนด ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความต้องการจากโจทย์ของหน่วยงานและเอกสารข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ออกแบบส่วนนำเข้าและส่วนนำเสนอข้อมูล ทดสอบการใช้งานตามการออกแบบระบบทั้งหมด และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานจากผู้เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย คณะกรรมการผู้ตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวและผู้บริหารของหน่วยงาน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหากระบบดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ระบบดังกล่าวจะสามารถเป็นแบบอย่างให้กับหน่วยงานอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสามารถขยายผลต่อไปยังสังคมรอบข้างของมหาวิทยาลัยในการสร้างความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อมให้เกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบและปัจจัยในการจัดการข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ เพื่อตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียว

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถรวบรวมข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

1.3.2 สามารถนำเสนอข้อมูลเพื่อการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวได้ตรงตามเกณฑ์กำหนดได้อย่างชัดเจน เข้าใจง่าย และสามารถนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ต่อยอดได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านข้อมูล

ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมัน ข้อมูลปริมาณการใช้กระดาษ ข้อมูลปริมาณขยะของเสีย ข้อมูลปริมาณก๊าซมีเทน และข้อมูลปริมาณ Carbon Footprint

1.4.2 ประชากรเป้าหมาย

กรรมการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวจากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และผู้บริหารสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ

1.4.3 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว เป็นการพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอพพลิเคชั่นที่สามารถรองรับการทำงานและการแสดงผลแบบ Responsive Website ได้ และสามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการ Window, MacOS, Android และ iOS ได้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้ออนไลน์ ทุกที ทุกเวลา การทำงานของระบบสามารถแบ่งส่วนการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การพัฒนาส่วนรวบรวมข้อมูล

สิทธิผู้ใช้ระบบ ส่วนรวบรวมข้อมูลเป็นส่วนของระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่นำมาใช้คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามสูตรที่กำหนด ซึ่งผู้ใช้งานที่จะสามารถเข้าใช้งานระบบในส่วนนี้ได้จะต้องมีสิทธิในการเข้าถึงเท่านั้น ซึ่งในกรณีศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดสิทธิให้คณะทำงานด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ที่เกี่ยวข้องและรับผิดชอบข้อมูลในหมวดต่าง ๆ เป็นผู้แก้ไขข้อมูลในระบบได้ จำนวน 10 คน จากจำนวนกรรมการทั้งหมด 17 คน

ส่วนประกอบของระบบ การออกแบบระบบในส่วนนี้จะประกอบด้วย

- หน้าเข้าสู่ระบบเพื่อยืนยันสิทธิสำหรับผู้เข้ากรอกข้อมูล (Login Page)
- แบบฟอร์มสำหรับเพิ่มข้อมูล (Add Page)
- แบบฟอร์มสำหรับแก้ไขข้อมูล (Edit Page)
- หน้าแสดงรายการข้อมูลที่เพิ่ม (List Page)
- หน้าแสดงหมวดหมู่รายการทั้งหมด (Categories Page)

เครื่องมือในการพัฒนาระบบ การพัฒนาระบบในครั้งนี้เลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาประกอบด้วย

1. Front End: ใช้ NuxtJS และ Bootstrap (UI) พัฒนาแบบฟอร์ม และ Responsive Website
2. Back End: ใช้ NodeJS พัฒนาส่วนประมวลผลและติดต่อฐานข้อมูล
3. Database: ใช้ PostgreSQL พัฒนาฐานข้อมูลจัดเก็บข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์

ส่วนที่ 2 การพัฒนาส่วนวิเคราะห์และแสดงผล

สิทธิผู้ใช้ระบบ การพัฒนาระบบในส่วนนี้เป็นการพัฒนาเพื่อนำเสนอผลของการคำนวณข้อมูลจากส่วนที่ 1 และออกแบบให้เป็นรูปแบบแนวโน้มที่เข้าใจง่ายและใช้งานสะดวก เหมาะสำหรับผู้ตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวและผู้บริหารของหน่วยงาน ในการติดตามผลการดำเนินงานต่าง ๆ ของคณะทำงาน การใช้งานระบบในส่วนนี้จึงออกแบบให้สามารถเข้าถึงได้อย่างอิสระ (Public) โดยไม่ต้องมีการยืนยันตัวตนก่อนเข้าใช้งาน

ส่วนประกอบของระบบ การแสดงผลในส่วนนี้จะแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ลักษณะ ประกอบด้วย

ลักษณะที่ 1 Dashboard สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วยส่วนย่อย 2 ส่วนคือ ส่วนวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล และส่วนกราฟนำเสนอข้อมูล กราฟประกอบด้วยกราฟย่อยจำนวน 5 กราฟ คือ

1) กราฟแสดงอัตราส่วนก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภท เปรียบเทียบข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี
2) กราฟแสดงแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภท ย้อนหลัง 5 ปี
3) กราฟแสดงรายละเอียดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภทในรอบปี
4) กราฟแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในรอบปี แยกตามพื้นที่
5) กราฟแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกรายเดือน แยกตามประเภทกิจกรรม

ลักษณะที่ 2 กราฟแสดงปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เปรียบเทียบรายเดือนในหนึ่งปี ประกอบด้วยกราฟย่อยจำนวน 5 กราฟ คือ 1) กราฟแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้า 2) กราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำ 3) กราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำมัน 4) กราฟแสดงปริมาณการใช้กระดาษ 5) กราฟแสดงปริมาณขยะ

ลักษณะที่ 3 ส่วน export ข้อมูล สำหรับส่งออกข้อมูลก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปีไปวิเคราะห์ในด้านอื่น เช่น การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ทั้งหมดของหน่วยงาน เป็นต้น

การพัฒนาระบบในแต่ละขั้นตอน จำเป็นจะมีผู้เกี่ยวข้องในการออกแบบ พัฒนา และทดสอบ ประกอบด้วย

1. Staff หมายถึง ผู้ใช้งานระบบที่เป็นคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ได้สิทธิในการเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลในระบบ (กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน แบบสุ่ม จากคณะทำงานทั้งหมด 17 คน)

2. System Analysis (SA) หมายถึง ผู้ดูแลและออกแบบระบบ ทำหน้าที่วิเคราะห์ความต้องการ ออกแบบ ทดสอบ และประเมินผลการทำงานภาพรวมของระบบทั้งหมด

3. Programmer หมายถึง ผู้พัฒนาระบบในทางเทคนิค

4. Evaluator หมายถึง กรรมการผู้ตรวจประเมินมาตรฐานสำนักงานสีเขียว (กลุ่มตัวอย่างทุกคน)

ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยจะทำหน้าที่ในส่วน SA ซึ่งแสดงบทบาทและหน้าที่ดังแสดงในตารางที่ 3

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและหลักการ

2.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ [2] เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้พลังงานไฟฟ้า การทำอุตสาหกรรมหรือการเกษตร ตลอดจนการคมนาคมและการขนส่ง ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ฤดูกาล ระดับน้ำทะเลและการละลายของน้ำแข็งขั้วโลก และปัญหาเหล่านี้มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น การดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน และเพื่อให้การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการคำนวณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรง ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มภายในอาคาร กระบวนการจากปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการผลิต การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการเดินทางและการขนส่ง การบำบัดน้ำเสียและการฝังกลบที่ก่อให้เกิดก๊าซมีเทน และการรั่วไหลของสารเคมีจากการใช้ผลิตภัณฑ์เคมีในการทำความสะอาด

ประเภทที่ 2 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ การผลิตไฟฟ้า แม้การใช้พลังงานไฟฟ้าจะไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในสถานที่ที่ใช้งาน แต่การเกิดก๊าซเรือนกระจกมาจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล จึงถือเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม

ประเภทที่ 3 กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ได้แก่ กิจกรรมอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เช่น การใช้น้ำประปาในองค์กร การใช้วัสดุสำนักงานประเภทกระดาษเป็นต้น

การบ่งชี้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออก สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า Carbon Footprint[3] ซึ่งหมายถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนที่ถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมและการดำเนินภารกิจต่าง ๆ ขององค์กร[4] สามารถคำนวณได้จากสูตร Emission ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างข้อมูลกิจกรรมกับสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังแสดงในสูตร

Carbon Footprint (CF) = Activity Data (AD) x Emission Factor (EF)

Activity Data (AD) คือ ข้อมูลกิจกรรมที่มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
เช่น การใช้เชื้อเพลิง (ลิตร/วัน, ลิตร/เดือน,ลิตร/ปี)

Emission Factor (EF) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
เช่น kgCO_2/ลิตร, kgN_2O/ลิตร, kgCH_4/ลิตร (ลิตร/วัน, ลิตร/เดือน,ลิตร/ปี)

ตามมาตรฐานสำนักงานสีเขียวกำหนดกิจกรรมที่นำมาคำนวณ CF ประกอบด้วย 1) หน่วยการใช้ไฟฟ้า 2) หน่วยการใช้น้ำประปา 3) ปริมาณขยะฝังหลบ 4) ปริมาณน้ำเสีย 5) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และ 6) ปริมาณการใช้กระดาษ และได้รวบรวมค่า EF อ้างอิงตามแนวทางของ The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) และฐานข้อมูลระดับชาติของแต่ละประเทศ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามหนังสือมาตรฐานสำนักงานสีเขียวปี 2562[5]

ประเภท	EF (kg CO_2)	หน่วย	อ้างอิง
ทรัพยากร/ไฟฟ้า			
น้ำประปา-การประปานครหลวง	0.8006	m^3	Thai national database
น้ำประปา - การประปาส่วนภูมิภาค	0.3238	m^3	Thai national database
น้ำประปา - การนิคมอุตสาหกรรม	0.2891	m^3	Thai national database
ไฟฟ้า CPO (GtoG)	0.5821	kwh	TGO
กระดาษ	2.0859	kg	Thai National LCI Database/MTEC

ประเภท	EF (kg CO_2)	หน่วย	อ้างอิง
ของเสีย (พิจารณาการฝังกลบขยะ)			
เศษผ้า	2.0000	kg	IPCC 2006 Vol.5 Waste
กระดาษ / กระดาษกล่อง	2.9300	kg	IPCC 2006 Vol.5 Waste
เศษอาหาร	2.5300	kg	IPCC 2006 Vol.5 Waste
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.0000	kg	IPCC 2006 Vol.5 Waste
กิ่งไม้ ต้นหญ้าจากสวน	3.2700	kg	IPCC 2006 Vol.5 Waste
ยาง หนัง	3.1300	kg	IPCC 2006 Vol.5 Waste
ขยะทั่วไป	2.3200	kg	TGO
เศษไม้	3.3300	kg	TGO
ปุ๋ยหมักอินทรีย์ จากการจัดการมูลฝอยสด (หมักแบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ)	0.2552	kg	Thai National LCI Database/MTEC
เชื้อเพลิง			
น้ำมันดีเซล	2.7446	L	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT
ก๊าซโซลีน	2.2376	L	IPCC
ก๊าซโซฮอล์	2.2376	L	IPCC
ก๊าซหุงต้ม (LPG) จากก๊าซธรรมชาติ	3.1133	kg	IPCC
สารเคมี			
Sodium Chloride	0.1937	kg	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
Acetic acid	2.5702	kg	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
Sodium Hydroxide	1.1148	kg	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
Sodium sulphate	0.4695	kg	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
Hydrochloric acid	1.3325	kg	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a

ประเภท	EF (kg CO_2)	หน่วย	อ้างอิง
Sulfuric acid	0.1219	kg	Ecoinvent 3.4
Alcohol	1.2381	kg	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
Potassium hydroxide	1.9272	kg	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
Nitric acid	0.6504	kg	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a
Sodium hypochlorite	0.8712	kg	Ecoinvent 3.4

2.1.2 การตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว

ที่มาและความสำคัญ

โครงการสำนักงานสีเขียว (Green Office) เป็นโครงการที่จัดขึ้นโดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำหรับตรวจประเมินการดำเนินงานขององค์กรอย่างตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม มีจุดประสงค์เพื่อเน้นการดำเนินงานอย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของสำนักงาน ด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและการมีส่วนร่วมของบุคลากร การลดใช้พลังงาน การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดของเสียและขยะ การลดใช้สารเคมีอันตราย การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี พ.ศ. 2561 – 2580 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในเรื่องการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม วิธีคิดและวิถีชีวิต และสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศที่กล่าวถึงการเติมโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน สนับสนุนและส่งเสริมการผลิตและบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในวงกว้าง [6]

การดำเนินโครงการ

การดำเนินการโครงการดังกล่าวจะเปิดรับสมัครหน่วยงานเพื่อเข้าร่วมโครงการทุกปี โดยจะมีคณะกรรมการเข้าตรวจประเมินการปฏิบัติงานของหน่วยงานตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดซึ่งจะมีการปรับเปลี่ยนเกณฑ์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์สภาพแวดล้อมที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด ซึ่งในปี 2564 หน่วยงานที่เข้ารับการตรวจประเมินจะต้องดำเนินการจัดเตรียมเอกสารและ

ข้อมูลตามหลักเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวปี 2563 ซึ่งมีการให้คะแนนและรายละเอียดหัวข้อในหมวดต่าง ๆ ดังนี้ [7]

หมวดที่ 1 การกำหนดนโยบาย การวางแผนการดำเนินงานและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง อัตราส่วนคะแนนคิดเป็นร้อยละ 25 มีหัวข้อย่อยประกอบด้วย

1.1 การกำหนดนโยบายสิ่งแวดล้อม เป้าหมายและแผนงานด้านสิ่งแวดล้อม

1.2 คณะทำงานด้านสิ่งแวดล้อม

1.3 การระบุประเด็นปัญหาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

1.4 กฎหมายและข้อกำหนดอื่น ๆ ด้านสิ่งแวดล้อม

1.5 การจัดการก๊าซเรือนกระจก

1.6 แผนงานโครงการที่นำไปสู่การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

1.7 การตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวภายในสำนักงาน (สำหรับหน่วยงานที่ต่ออายุการรับรอง)

1.8 การทบทวนโดยฝ่ายบริหาร

หมวดที่ 2 การสื่อสารและสร้างจิตสำนึก อัตราส่วนคะแนนคิดเป็นร้อยละ 15 มีหัวข้อย่อยประกอบด้วย

2.1 การฝึกอบรมให้ความรู้และประเมินความเข้าใจ

2.2 การรณรงค์และประชาสัมพันธ์แก่พนักงาน

หมวดที่ 3 การใช้พลังงานและทรัพยากร อัตราส่วนคะแนนคิดเป็นร้อยละ 15 มีหัวข้อย่อยประกอบด้วย

3.1 การใช้น้ำ

3.2 การใช้พลังงาน (ไฟฟ้าและเชื้อเพลิง)

3.3 การใช้ทรัพยากรอื่น ๆ

3.4 การประชุมและการจัดนิทรรศการ

หมวดที่ 4 การจัดการของเสีย อัตราส่วนคะแนนคิดเป็นร้อยละ 15 มีหัวข้อย่อยประกอบด้วย

4.1 การจัดการของเสียในสำนักงาน

4.2 การจัดการน้ำเสียในสำนักงาน

หมวดที่ 5 สภาพแวดล้อมและความปลอดภัย อัตราส่วนคะแนนคิดเป็นร้อยละ 15 มีหัวข้อย่อยประกอบด้วย

5.1 อากาศในสำนักงาน

5.2 แสงในสำนักงาน

5.3 เสียง

5.4 ความน่าอยู่

5.5 การเตรียมพร้อมต่อสภาวะฉุกเฉิน

หมวดที่ 6 การจัดซื้อและจัดจ้าง อัตราส่วนคะแนนคิดเป็นร้อยละ 15 มีหัวข้อย่อยประกอบด้วย

6.1 การจัดซื้อสินค้า

6.2 การจัดจ้าง

ผลการตรวจประเมิน

การตรวจประเมินจะแบ่งผลการตรวจประเมินออกเป็น 4 ระดับ ประกอบด้วย

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน
ระดับดีเยี่ยม (G ทอง)	ร้อยละ 90 ขึ้นไป
ระดับดีมาก (G เงิน)	ร้อยละ 80 – 89
ระดับดี (G ทองแดง)	ร้อยละ 60 - 79
ไม่ผ่านการรับรอง	ต่ำกว่าร้อยละ 60

ซึ่งหน่วยงานที่ผ่านการรับรองในระดับดีเยี่ยมจะต้องรับการตรวจประเมินอีกครั้งโดยคณะกรรมการระดับประเทศ [8]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ระบบจัดการข้อมูล (Information System)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ภาษา php ในการพัฒนาเว็บไซต์ และใช้ MySQL ในการพัฒนาฐานข้อมูล ซึ่งมีกระบวนการในการประเมินผลการพัฒนาระบบแบ่งเป็นการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและการประเมินจากผู้ใช้งานระบบ ดังแสดงในตารางที่ 10.1 ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดว่าเทคโนโลยีที่นำมาใช้ค่อนข้างแพร่หลาย จึงต้องการทดสอบการใช้เครื่องมือใหม่ ๆ ในการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลโดยเลือกใช้เทคนิคการพัฒนาแบบ Full Stack Framework ด้วย NodeJS ในการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อลดภาระให้กับ Server เนื่องจากมีการแบ่งการทำงานแต่ละส่วนออกจากกัน เพิ่มความเร็วในการแสดงผลเว็บไซต์ แต่หากไม่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต ผู้ใช้ก็ยังสามารถใช้งานหน้าเว็บบางส่วนได้ และในส่วนของฐานข้อมูลเลือกใช้ PostgreSQL เนื่องจากข้อมูลในระบบเป็นข้อมูลตัวเลขและการคำนวณต้องอาศัยการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่ง MySQL จะรองรับข้อมูลได้จำนวนหนึ่งเท่านั้น จึงเลือกใช้ฐานข้อมูลที่รองรับข้อมูลได้จำนวนมากกว่า นอกจากนี้ PostgreSQL ยังสนับสนุนการดำเนินการข้อมูล (เพิ่ม ลบ แก้ไข) ที่เสถียรและรวดเร็วกว่า MySQL[9]

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบกระบวนการและวิธีการในการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลตามเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ

ระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว						
Title	Similarity			Method	Tool	Result
	Most	Medium	Low			
2557_การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อรองรับการตรวจประเมินคุณภาพภายในสถานศึกษาระดับอาชีวศึกษา[10]		/		**ส่วนประกอบระบบ** 1.ส่วนจัดการและกำหนดสิทธิ 2.ส่วนจัดการข้อมูลผลการดำเนินงาน 3.ส่วนจัดการเอกสารอ้างอิง 4.ส่วนรายงาน	php - webapp MySQL - DB	ระบบสารสนเทศในการบริหารจัดการ ติดตาม ตรวจสอบ และดำเนินการด้านการประกันคุณภาพ ในสถานศึกษาอาชีวศึกษา

ระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว						
Title	Similarity			Method	Tool	Result
	Most	Medium	Low			
				การประเมินผล (ค่าเฉลี่ย, S.D.) ผู้เชี่ยวชาญ และ ผู้ใช้งาน 1.ความสามารถในการทำงาน 2.ความต้องการขอผู้ใช้ 3.การใช้งานระบบ 4.ผลลัพธ์จากระบบ 5.ความปลอดภัย		
2562_ระบบจัดการข้อมูลวิชาการ มหาวิทยาลัยจำปาสัก[11]		/		ใช้ **SDLC Model** ในการออกแบบระบบ **การประเมินผล (ค่าเฉลี่ย, S.D.) ผู้เชี่ยวชาญ** 1. Functional Requirements Test 2. Functional Test 3. Usability Test 4. Security Test **ผู้ใช้งาน** 1. ความถูกต้องของโปรแกรม 2. ความสามารถในการทำงานของโปรแกรม	php - webapp MySQL - DB	ระบบสารสนเทศ

ระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว						
Title	Similarity			Method	Tool	Result
	Most	Medium	Low			
				3. การออกแบบโปรแกรม 4. การรักษาความปลอดภัย		
2558_การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนงานตรวจสอบภายใน : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา[12]		/		**ADDIE Model:** วิเคราะห์ (Analysis) ออกแบบ (Design) พัฒนา (Development) ทดสอบ (Implement) ประเมินผล (Evaluation) **ประเมินผล (ค่าเฉลี่ย)** **ผู้เชี่ยวชาญ** 1. การทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ 2. ความสามารถของระบบ 3. การออกแบบ 4. ความปลอดภัย **ผู้ใช้งาน** 1. การนำเข้าข้อมูล 2. การประมวลผล 3. การแสดงผล	php - webapp MySQL - DB	ระบบสารสนเทศ

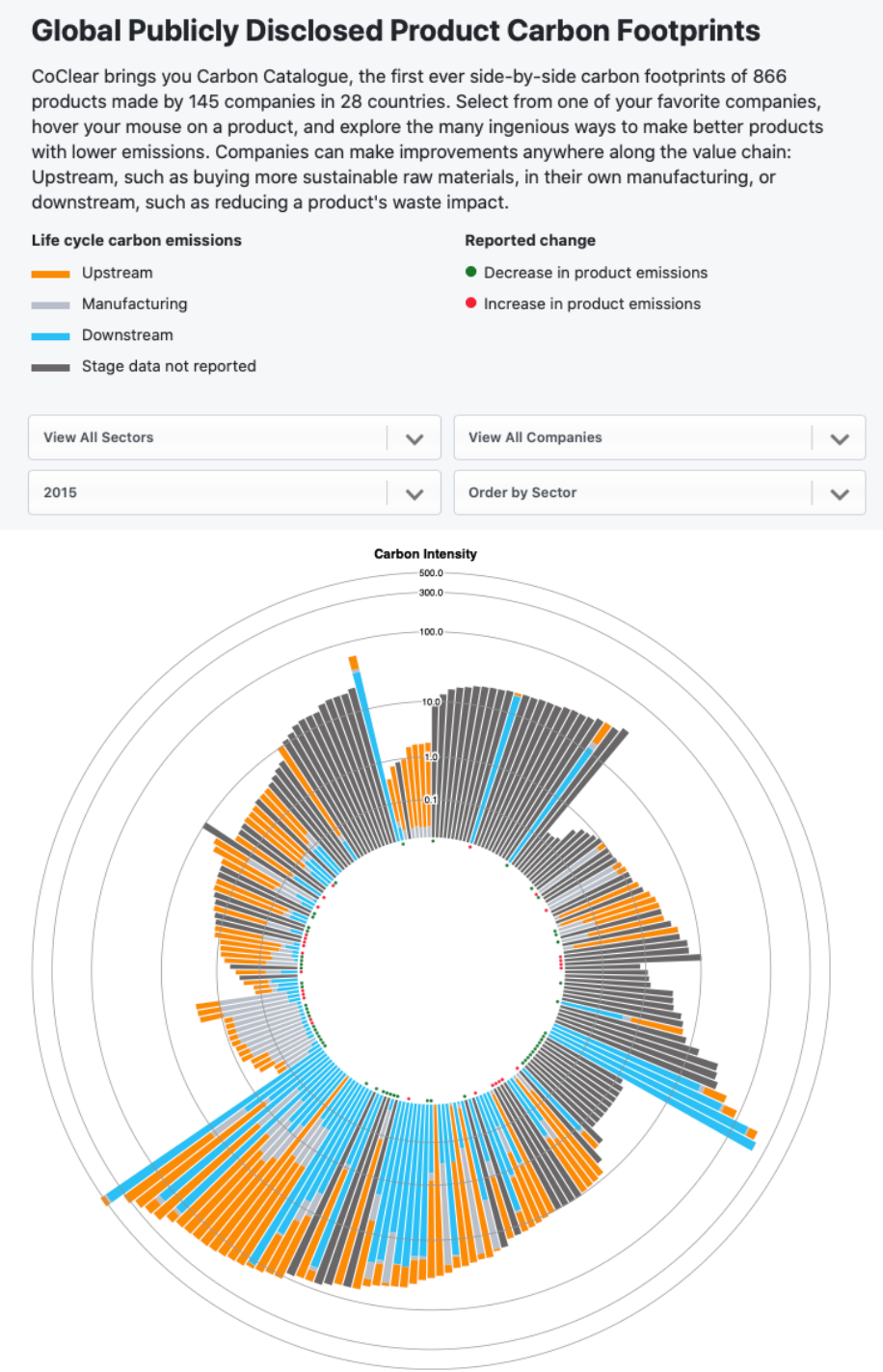
ระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว						
Title	Similarity			Method	Tool	Result
	Most	Medium	Low			
2562_ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการข้อมูลการประเมินผลงานวิชาการ PULINET 2019[13]	/			Responsive Web Design การพัฒนาระบบ 1. ออกแบบฐานข้อมูล 2. ออกแบบขั้นตอนการทางานของระบบ 3. การใช้งานระบบสารสนเทศ	php (CodeIgniter 3) - webapp MySQL - DB	ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการข้อมูลการประเมินผลงานวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 9

2.2.2 การนำเสนอข้อมูล (Data Visualization)

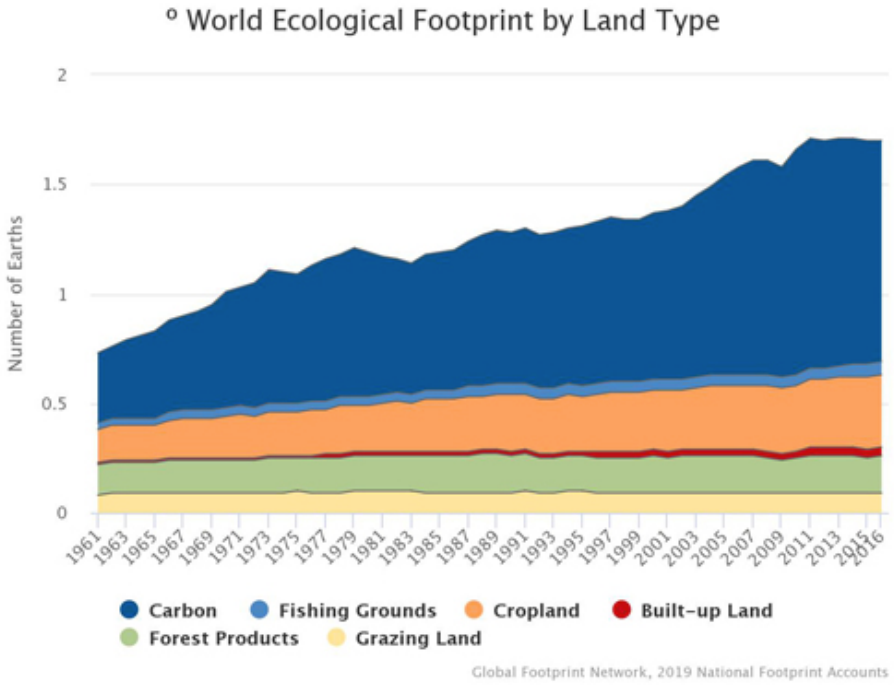
จากการศึกษางานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องด้านการนำเสนอข้อมูล Carbon Footprint (CF) สามารถนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบลักษณะการนำเสนอข้อมูลภาพของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ได้ โดยสามารถสรุปรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจได้ดังนี้

Robert Florida[14] นำเสนอเครื่องมือที่ใช้ในการรายงานข้อมูลชื่อว่า Carbon Catalogue แสดงปริมาณ CF ในวงจรการผลิตตั้งแต่กระบวนการแปรรูปวัตถุดิบไปจนถึงการผลิตจนเป็นสินค้า มีรูปแบบดังแสดงในภาพที่ 1

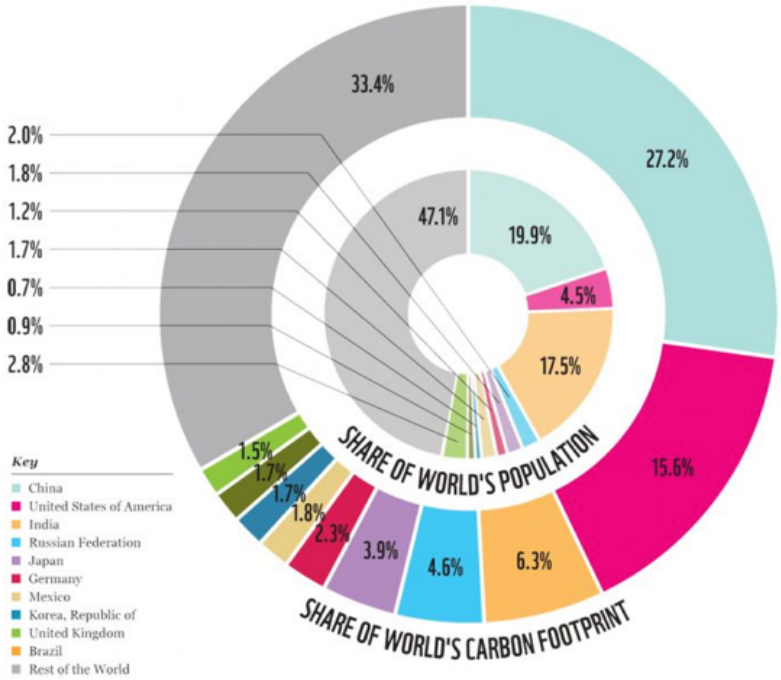
Global Footprint Network[4] นำเสนอการรายงานข้อมูล Carbon Footprint ไว้หลายรูปแบบดังแสดงในภาพที่ 2 ถึง 4



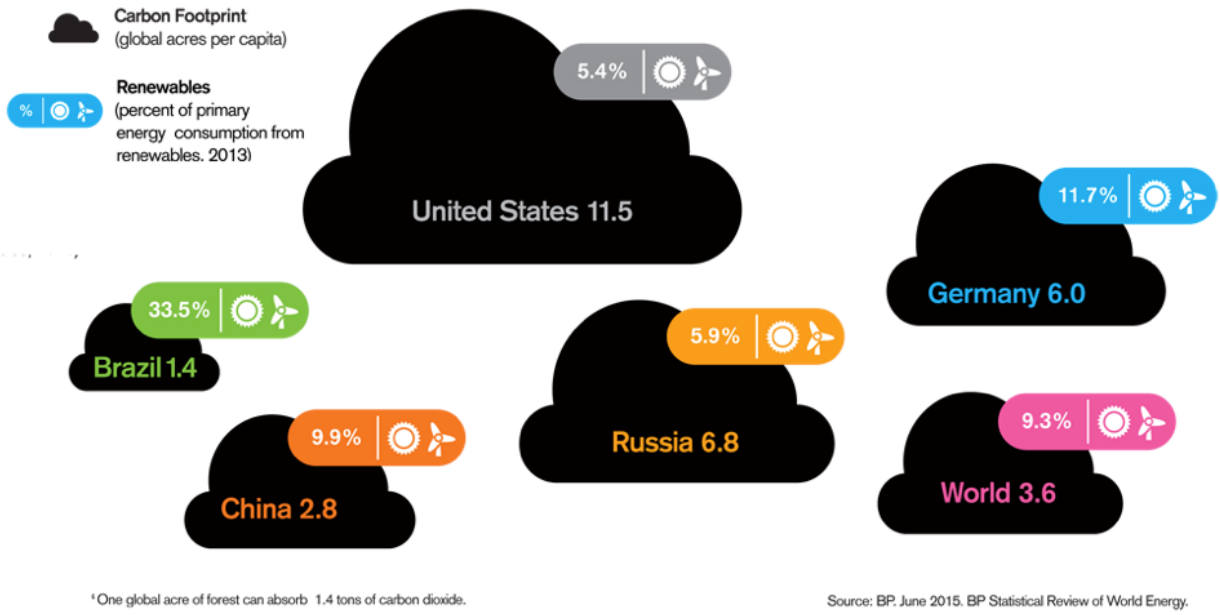
ภาพที่ 1 รูปแบบการนำเสนอข้อมูลจากเครื่องมือ Carbon Catalogue



ภาพที่ 2 กราฟปริมาณพื้นที่ระบบนิเวศน์บนโลกแบ่งตามประเภทของพื้นผิว



ภาพที่ 3 อัตราส่วนการปล่อยมลพิษเทียบกับปริมาณ Carbon Footprint (CF) ทั่วโลก



ภาพที่ 4 ข้อมูลการใช้พลังงานทดแทนทั่วโลก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว มีกระบวนการในการศึกษา ค้นคว้าและวิจัย รายละเอียดตามขั้นตอนต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แผนผังกระบวนการพัฒนา Web Application

3.1 Planning Phase

การวางแผนการดำเนินงานเป็นขั้นตอนเริ่มต้นในพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการแก้ปัญหาและเพิ่มศักยภาพในการเข้าถึงข้อมูล สามารถแบ่งกระบวนการได้เป็น 2 ส่วน คือ

3.1.1 System Analysis (System Request)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียวปี 2564 ความหมายและการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก และปัญหาการจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในปัจจุบันของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ สามารถสรุปความจำเป็นได้ดังนี้

System Request - ระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจก
Project Sponsor: คณะทำงานจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ผู้บริหาร และบุคลากรสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ
Business Need: พัฒนา Web Application เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าถึงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ให้สามารถตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียว ช่วยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และนำเสนอข้อมูลเชิงภาพในรูปแบบที่เข้าใจง่าย และสามารถเข้าถึงได้อย่างไม่มีข้อจำกัด สะดวก รวดเร็ว และข้อมูลถูกต้อง
Business Requirements: 1. ระบบสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ไว้ในที่เดียวได้ โดยสามารถลดความซ้ำซ้อนและความผิดพลาดจากการรวบรวมข้อมูลที่กระจัดกระจายได้ 2. ระบบสามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้อย่างถูกต้อง 3. ระบบสามารถนำเสนอข้อมูลเชิงภาพตามตัวชี้วัดของเกณฑ์สำนักงานสีเขียวได้อย่างชัดเจน ครบถ้วนและถูกต้อง
Business Value: 1. สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ สามารถผ่านเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวในตัวชี้วัดเรื่องข้อมูลก๊าซเรือนกระจกและการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องได้ 2. สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ สามารถกำหนดนโยบายและมาตรการในการจัดการปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม จากผลการนำเสนอข้อมูลเชิงภาพของระบบ 3. คณะทำงานด้านสิ่งแวดล้อมและคณะกรรมการผู้ตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว สามารถเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยข้อมูลมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อได้
Special Issue or Constraints: ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณก๊าซเรือนกระจกบางส่วนหน่วยงานไม่เคยมีการจัดเก็บมาก่อน เช่น ข้อมูลการใช้กระดาษ

3.1.2 Project Management (Project Schedule)

จากปัญหาและความต้องการระบบข้างต้นนั้น ผู้วิจัยสามารถกำหนดระยะเวลาในการดำเนินโครงการได้ดังนี้

ตารางที่ 4 การมอบหมายงานและกรอบระยะเวลาการพัฒนา Web Application

ระบบจัดการข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานสำนักงานสีเขียว																					
ID	Task Name	Duration (Days)	Start	Finish	Predecessor	Assign To	2564												2565		
							Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
	Planning																				
1	ศึกษาเกณฑ์สำนักงานสีเขียว	7	Mon (4/1/64)	Mon (11/1/64)		Kraisri															
2	ศึกษารูปแบบการจัดเก็บข้อมูลในปัจจุบัน	5	Tue (12/1/64)	Sun (17/1/64)		Kraisri															
3	ศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบจัดการข้อมูล	2	Mon (18/1/64)	Wed (20/1/64)		Kraisri															
4	ศึกษารูปแบบ Data Visualization	3	Thu (21/1/64)	Sun (24/1/64)		Kraisri															
5	ศึกษาแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล	50	Mon (2/8/64)	Mon (20/9/64)	16	Kraisri															
	Analysis																				
6	กำหนดรูปแบบในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	20	Mon (25/1/64)	Mon (22/2/64)		Kraisri															
7	กำหนดรูปแบบกราฟที่จะนำมาใช้แสดงผล	15	Tue (1/6/64)	Tue (15/6/64)	14	Kraisri															
8	กำหนดโจทย์ในการวิเคราะห์ผล	45	Tue (21/9/64)	Fri (15/10/64)	5	Kraisri															
	Design																				
9	ออกแบบ Data Flow Diagram	5	Tue (23/2/64)	Sun (28/2/64)		Kraisri															
10	ออกแบบ ER Diagram	7	Mon (1/3/64)	Wed (10/3/64)		Kraisri															
11	ออกแบบ Flowchart ของระบบ	4	Thu (11/3/64)	Mon (15/3/64)		Kraisri															
12	ออกแบบ UI ของหน้าเว็บไซต์	10	Tue (16/3/64)	Fri (26/3/64)		Kraisri															
	Implementation																				
13	พัฒนาระบบส่วนนำเข้าข้อมูล	50	Mon (5/4/64)	Fri (21/5/64)		Programmer															
14	ทดสอบระบบและตรวจความถูกต้องของการคำนวณ	10	Mon (24/5/64)	Mon (31/5/64)		Kraisri															
15	นำเข้าข้อมูลในระบบจริงและตรวจความถูกต้องของข้อมูล	14	Tue (1/6/64)	Tue (15/6/64)		Team															
16	พัฒนาระบบส่วน Dashboard และกราฟ	45	Mon (21/6/64)	Mon (19/7/64)		Programmer															
17	ตรวจความถูกต้องของข้อมูลและการคำนวณ	10	Tue (20/7/64)	Fri (30/7/64)		Kraisri															
18	สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล	45	Mon (18/10/64)	Fri (26/11/64)	8	Kraisri															
19	จัดทำตัวเล่มรายงาน	50	Mon (29/11/64)	Mon (31/1/65)	17	Kraisri															

จะเห็นได้ว่า ผู้วิจัยมีภาระงานคิดเป็นร้อยละ 85 ของงานทั้งหมด โดยมีหน้าที่หลักในการเป็นผู้จัดการโครงการ วิเคราะห์และออกแบบระบบ ทดสอบ เผยแพร่ นำไปให้ผู้ใช้ได้ทดสอบ และรายงานสรุปผล

3.2 Analysis Phase

จากความต้องการระบบที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์รายละเอียดความต้องการและสามารถแบ่งความต้องการได้เป็น 2 กลุ่มคือความต้องการด้านการทำงานของระบบ (Functional Requirement) และความต้องการด้านคุณลักษณะของระบบ (Nonfunctional Requirement)

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความต้องการฟังก์ชั่นการทำงานและคุณลักษณะอื่น ๆ ของระบบ

ระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจก	
Functional Requirements:	
1. การบันทึกข้อมูล	1.1 ระบบสามารถเช็คความครบถ้วนของข้อมูลได้ โดยหากผู้ใช้ใส่ข้อมูลไม่ครบถ้วนจะมีข้อความแจ้งเตือนและไม่สามารถกดปุ่มบันทึกได้
	1.2 ระบบเช็คความซ้ำซ้อนของข้อมูลได้ โดยกรองเฉพาะปีและเดือนที่ยังไม่เคยมีการกรอกข้อมูลมาให้ในขั้นตอนการเพิ่มรายการ
	1.3 ระบบเปิดให้สามารถแก้ไข หรือลบข้อมูลที่เคยมีการบันทึกไว้ในระบบได้
	1.4 ระบบสามารถจัดเก็บและบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้องครบถ้วน
	1.5 ระบบเก็บ Log บันทึกการเพิ่มลบแก้ไขในระบบ เพื่อการตรวจสอบความผิดพลาดในภายหลัง
2. การคำนวณข้อมูล	2.1 ระบบสามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ของหน่วยงานได้อย่างถูกต้อง
	2.2 ระบบสามารถคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้า น้ำ น้ำมัน กระดาษ ของหน่วยงานได้อย่างถูกต้อง
	2.3 ระบบสามารถคำนวณปริมาณก๊าซมีเทน ปริมาณขยะ ของหน่วยงานได้อย่างถูกต้อง
3. การรายงานข้อมูล	3.1 ระบบสามารถแสดงแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานได้ (Dashboard)
	3.2 ระบบสามารถแสดงอัตราส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดได้ (Dashboard)
	3.3 ระบบสามารถจำแนกกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปีได้ (Dashboard)
	3.4 ระบบสามารถระบุปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละพื้นที่ของหน่วยงานได้ (Dashboard)

ระบบจัดการข้อมูลก๊าซเรือนกระจก	
	3.5 ระบบสามารถแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือนของหน่วยงานได้ (Dashboard)
	3.6 ระบบสามารถแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้า น้ำ น้ำมัน กระดาษ และปริมาณขยะในแต่ละปีได้ (Report)
Nonfunctional Requirements:	
1. Operational	ระบบสามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ Window, MacOS, Android และ iOS
	ระบบสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา
	ระบบสามารถใช้งานบน Web Browser ใดก็ได้
	Dashboard และ Report สามารถเข้าถึงได้อย่างอิสระ (Public Access)
2. Security	การเพิ่มข้อมูลสามารถทำได้เฉพาะคณะทำงานด้านสิ่งแวดล้อมของหน่วยงานเท่านั้น
3. Performance	ระบบสามารถแสดงผลข้อมูล Dashboard และ Report ได้ภายใน 250 ms โดยคำนวณจากเวลา Request และ Response ใน Dev Tool ของ Browser

3.2.1 Use Case

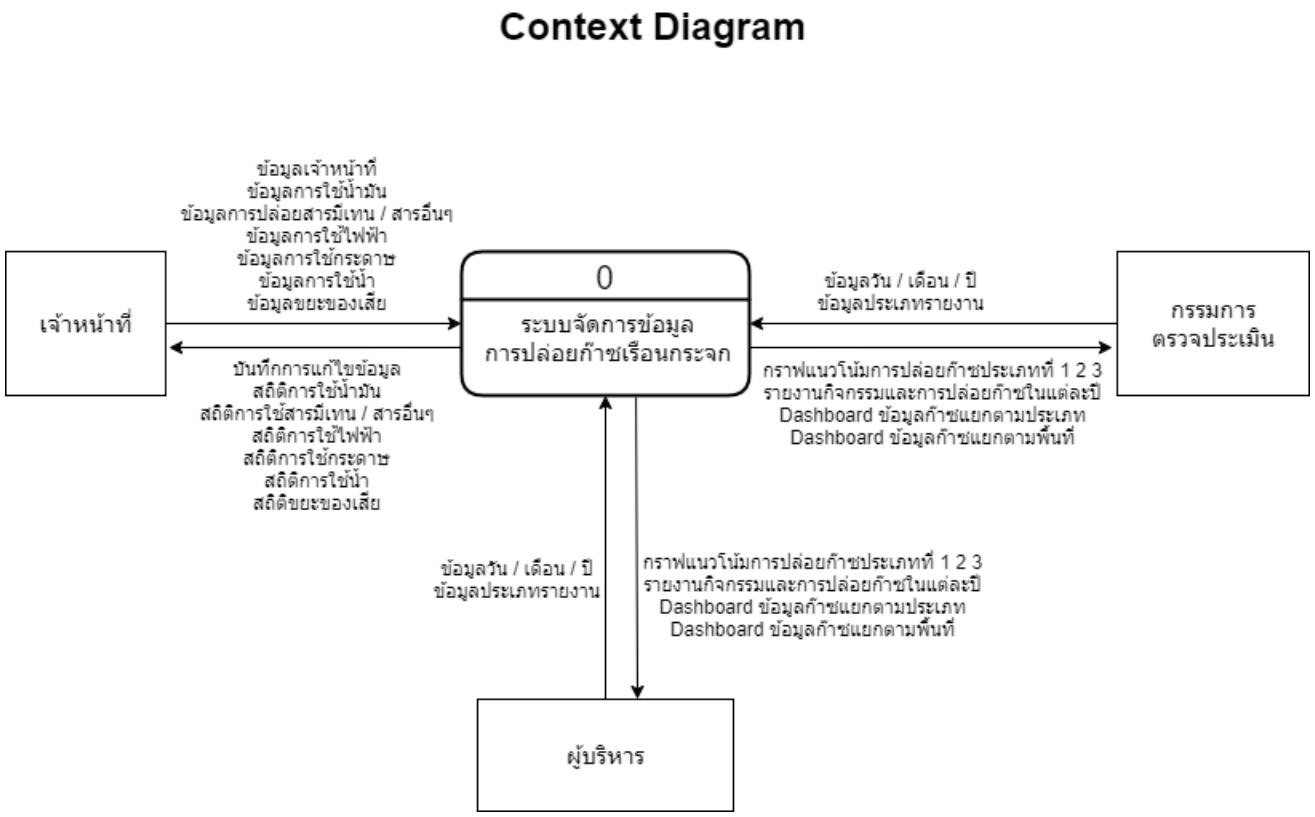
จากผลการวิเคราะห์ความต้องการ ผู้วิจัยสามารถแบ่งฟังก์ชั่นการทำงานของระบบได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ **1) ส่วนบันทึกข้อมูล** เป็นหน้าเว็บไซต์แบบฟอร์มออนไลน์ที่ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลที่เกี่ยวข้องในหมวดหมู่ต่าง ๆ ได้ โดยระบบจะทำการตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล หากกรอกข้อมูลไม่ครบ ระบบจะไม่สามารถทำการบันทึกข้อมูลได้ และนอกจากนี้ระบบยังสามารถเลือกแสดงตัวเลือกเฉพาะปีที่ยังไม่เคยมีการเพิ่มข้อมูลเพื่อป้องกันความสับสนและความซ้ำซ้อนที่อาจเกิดขึ้นจากการกรอกข้อมูลได้

2) ส่วนคำนวณข้อมูล เป็นส่วนที่คำนวณปริมาณการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อเตรียมข้อมูลเพื่อแปลงเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกและนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกับปีก่อนหน้า โดยระบบจะมีการคำนวณผลรวมที่จำเป็น ค่าเฉลี่ยต่อคน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากส่วนที่เกี่ยวข้อง และแปลงหน่วยในข้อมูลบางชุดเพื่อให้ง่ายและสอดคล้องต่อรูปแบบการเก็บข้อมูลในปัจจุบัน

3) ส่วนแสดงผลรายงาน เป็นส่วนที่นำเสนอข้อมูลเชิงภาพ ที่สามารถนำเสนอข้อมูลได้ 2 ลักษณะคือ Dashboard วิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจก และ Graph วิเคราะห์ปริมาณการใช้ทรัพยากรในหมวดต่าง ๆ

3.2.2 Process Model (DFD)

ในกระบวนการนี้จะเป็นการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานระบบในบทบาทต่าง ๆ กระบวนการทำงานที่เกิดในระบบ และทิศทางการไหลของข้อมูลและความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ ในระบบ นำเสนอในรูปแบบแผนภาพดังนี้

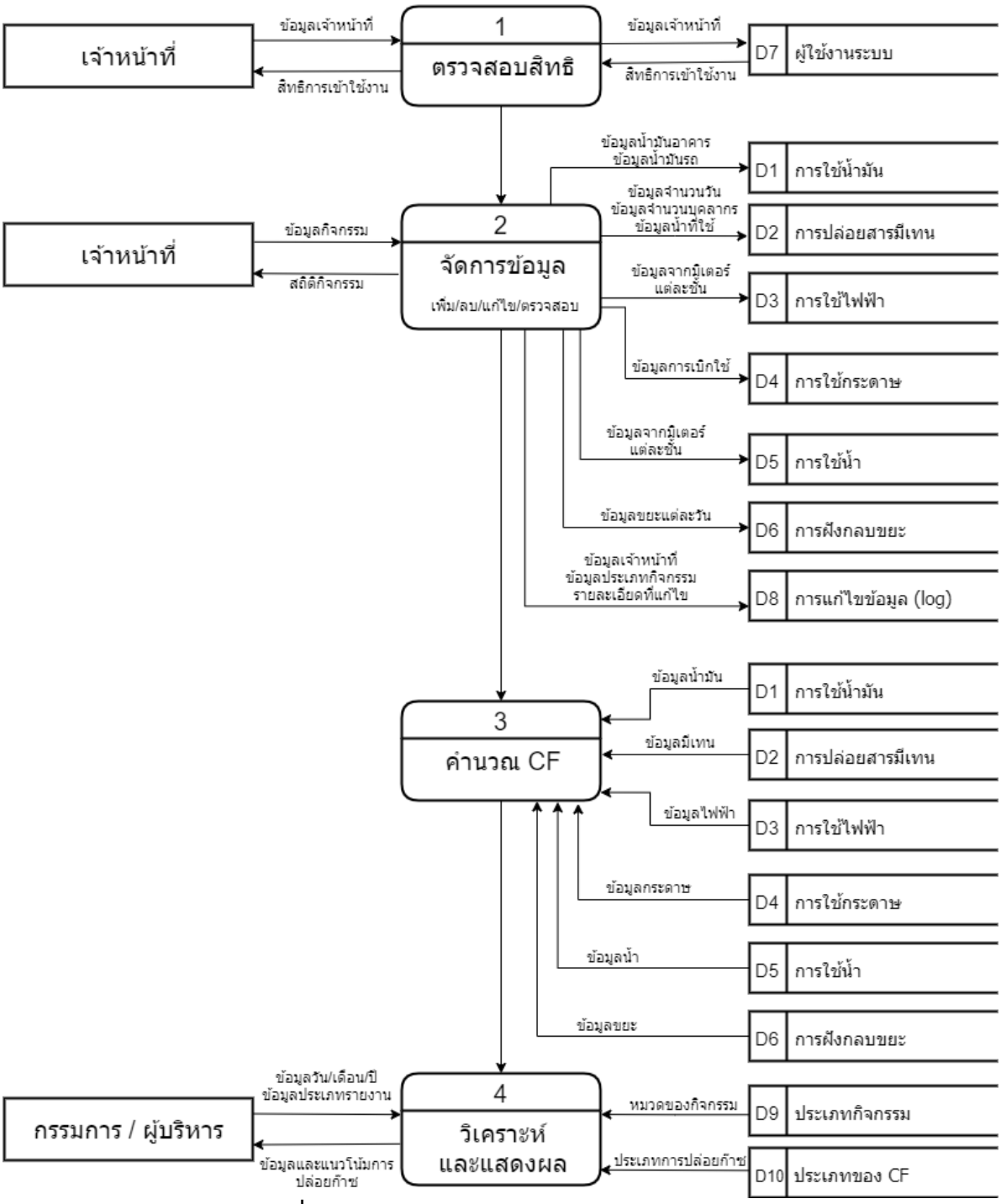


ภาพที่ 5 โครงสร้างการทำงานของระบบ (Context Diagram)

แผนผัง Context Diagram

แสดงภาพรวมการทำงานของระบบและผู้เกี่ยวข้องที่ใช้งานระบบ โดยระบุภาพรวมข้อมูลเข้า - ออกของระบบในผู้ใช้แต่ละประเภท ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้มีผู้ใช้ระบบ 3 กลุ่ม ประกอบด้วย

1. **เจ้าหน้าที่** ทำหน้าที่นำเข้าข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเภทที่ 1 2 และ 3 ดังระบุในตารางที่ 16 เพื่อนำไปคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงาน
2. **กรรมการตรวจประเมิน** ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานตามเกณฑ์กำหนดของสำนักงานสีเขียว โดยจะต้องตรวจสอบข้อมูลประกอบด้วย 1) การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของหน่วยงาน 2) การกำหนดเป้าหมายในการจัดการก๊าซเรือนกระจก 3) และการแสดงแนวโน้มปริมาณก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงาน จึงต้องรับทราบข้อมูลรายงานกิจกรรมและการปล่อยก๊าซในแต่ละปี กราฟแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ Dashboard ข้อมูลก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบต่าง ๆ
3. **ผู้บริหาร** ทำหน้าที่ตรวจติดตามการดำเนินกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมของคณะทำงาน รับทราบปริมาณการปล่อยก๊าซของหน่วยงานอย่างสม่ำเสมอและเป็นปัจจุบัน และกระตุ้นให้บุคลากรเห็นความสำคัญของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงาน จึงต้องรับทราบข้อมูลรายงานกิจกรรมและการปล่อยก๊าซในแต่ละปี กราฟแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ Dashboard ข้อมูลก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลในระบบ (DFD Diagram)

แผนผัง Data Flow Diagram (Level 0)

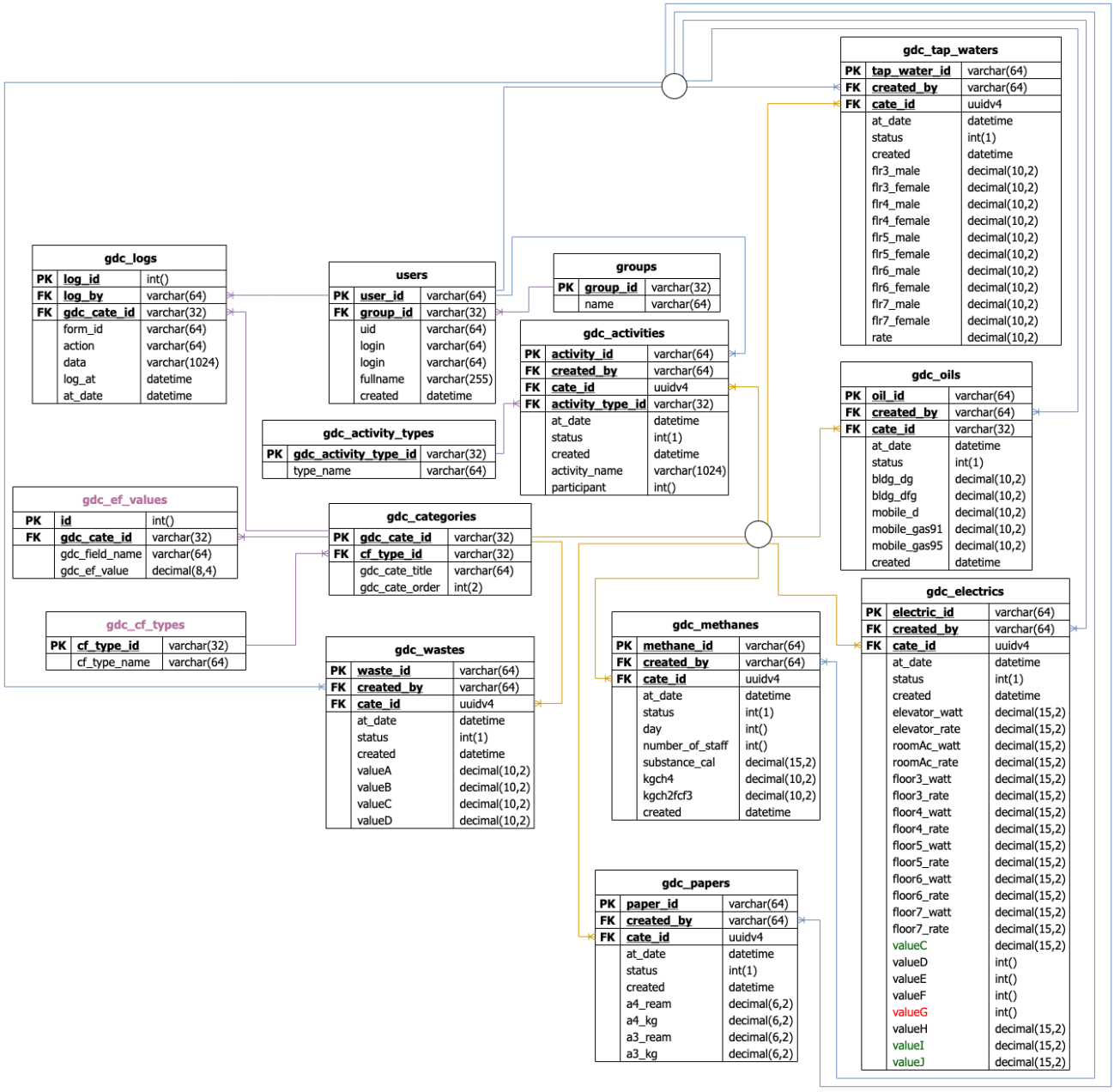
แสดงกระบวนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม ผู้เกี่ยวข้องในแต่ละส่วนของโปรแกรม และทิศทางการไหลของข้อมูลทั้งหมดในโปรแกรม ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้มีกระบวนการทำงานของระบบใหญ่ ๆ ของระบบประกอบด้วย

1. **การตรวจสอบสิทธิ** เป็นกระบวนการตรวจสอบสิทธิของผู้นำเข้าและจัดเก็บข้อมูลภายในระบบ ซึ่งเป็นหน้าที่ของคณะทำงานจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม เขียนแทนว่า “เจ้าหน้าที่” ในแผนภาพ
2. **จัดการข้อมูล** เป็นกระบวนการที่เจ้าหน้าที่ทำการ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในระบบ เพื่อนำไปใช้คำนวณเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CF) ต่อไป
3. **คำนวณ CF** เป็นกระบวนการที่ระบบทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากเจ้าหน้าที่ ซึ่งจะแปลงข้อมูลดิบให้กลายเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทต่าง ๆ
4. **วิเคราะห์และแสดงผล** เป็นกระบวนการที่ระบบนำผลการคำนวณทั้งหมดมาแปลงเป็นแนวโน้มและภาพข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้กลุ่มกรรมการผู้ตรวจประเมินและผู้บริหารสามารถเข้าใจข้อมูลได้อย่างง่ายดายและสะดวกรวดเร็ว

3.2.3 Data Model (ERD)

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลชุดต่าง ๆ ดังแสดงในแผนภาพที่ 7 ซึ่งมีฐานข้อมูลในระบบทั้งหมด ประกอบไปด้วย

1. ตารางการใช้น้ำมัน (gdc_oils)
2. ตารางปริมาณก๊าซมีเทน (gdc_methanes)
3. ตารางการใช้ไฟฟ้า (gdc_electrics)
4. ตารางการใช้น้ำ (gdc_waters)
5. ตารางการใช้กระดาษ (gdc_papers)
6. ตารางการปริมาณขยะ (gdc_wastes)
7. ตารางผู้ใช้และตารางสิทธิ (users, groups)
8. ตารางหมวดหมู่ (gdc_catagories)
9. ตารางการบันทึก (gdc_logs)
10. ตารางค่าสัมประสิทธิ์คำนวนก๊าซเรือนกระจก (gdc_ef_values)
11. ตารางประเภทของก๊าซเรือนกระจก (gdc_cf_types)
12. ตารางกิจกรรมและประเภทกิจกรรม (gdc_activities, gdc_activity_types)

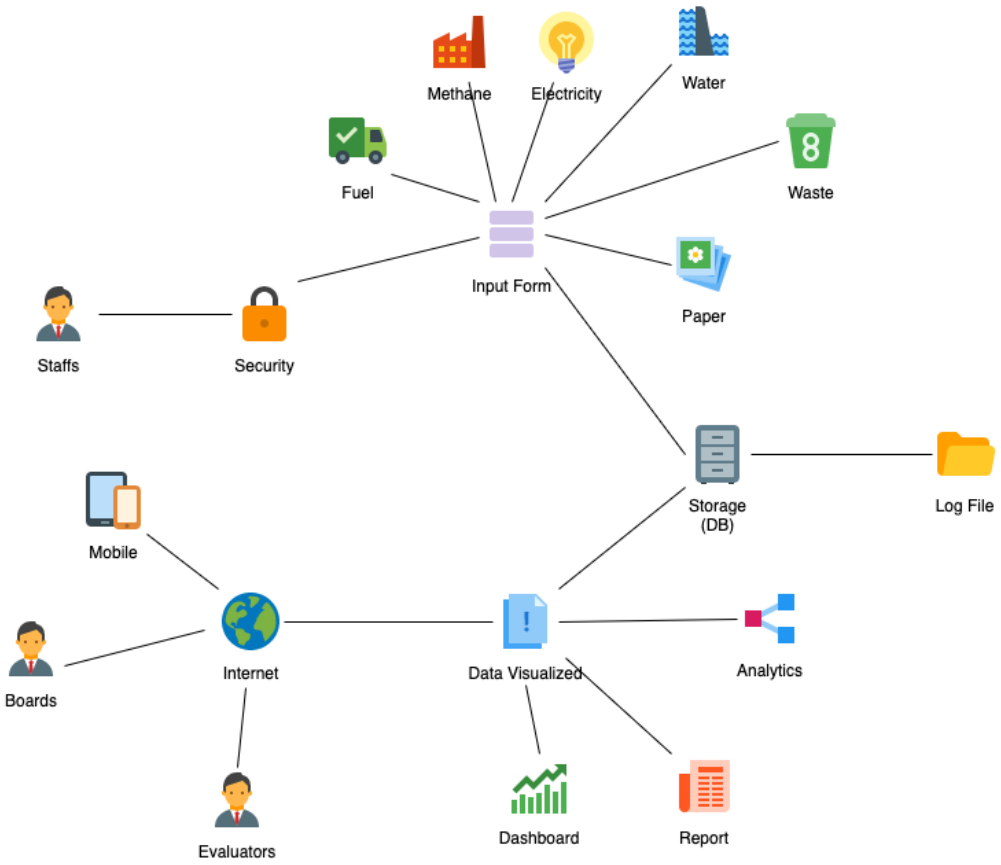


ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลในระบบ (ER Diagram)

3.3 Design Phase

3.3.1 System Architecture Design

การออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบสารสนเทศ แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้หน้าแบบฟอร์มต่าง ๆ ในระบบ การตรวจสิทธิในการเพิ่มข้อมูลของผู้ใช้ก่อนเพิ่มข้อมูลลงในระบบ การจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล การจัดเก็บบันทึกการแก้ไขของระบบ (Log File) การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ และความสัมพันธ์ของผู้ใช้ในบทบาทผู้บริหารและกรรมการตรวจประเมินที่ต้องเข้าดูข้อมูลเชิงภาพของระบบ รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โครงสร้างการทำงานของระบบ (System Architecture Design)

โดยเลือกใช้เทคโนโลยีแบบ Full Stack Framework ในการพัฒนาระบบทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย

Front End: Bootstap และ Nuxtjs สำหรับพัฒนาหน้าเว็บส่วน Input Form เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทำ Responsive Website

Back End: Nodejs พัฒนาส่วนประมวลผลเบื้องหลัง เนื่องจากสามารถใช้งานร่วมกับ Interactive Graph ได้

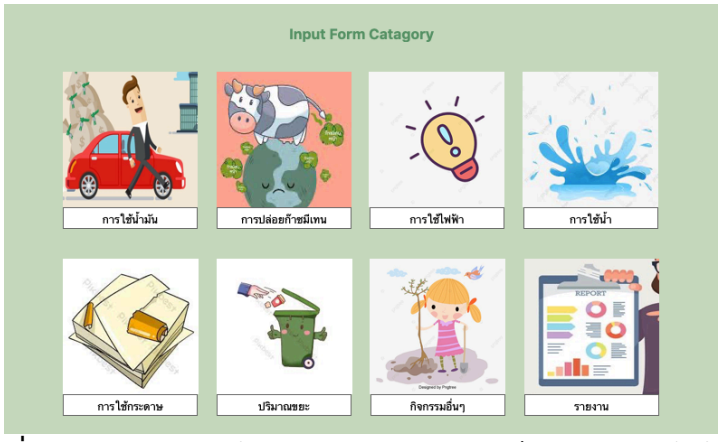
Database: PostgreSQL พัฒนาส่วนฐานข้อมูลเนื่องจากเหมาะกับงานที่ต้องประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่และซับซ้อน

Data visualization: Highcharts พัฒนาส่วนแสดงผลข้อมูล เนื่องจากมีรูปแบบกราฟหลากหลาย ใช้งานง่าย และเป็นแบบ Interactive Graph

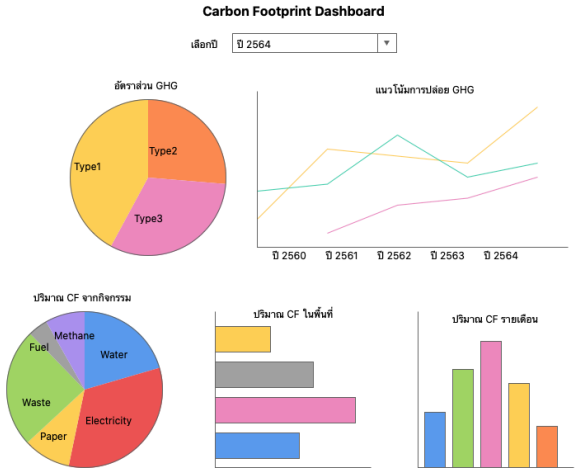
3.3.2 User Interface Design

ผู้วิจัยได้ออกแบบ UI สำหรับการรวบรวมข้อมูล และการแสดงผลเชิงภาพ โดยส่วนรวบรวมข้อมูลจะมีหน้าเว็บไซต์ประกอบด้วย

1. หน้ารวมหมวดหมู่แบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูล
2. หน้าแบบฟอร์มสำหรับเพิ่มข้อมูล ประกอบด้วย 7 แบบฟอร์ม
3. หน้าแบบฟอร์มสำหรับแก้ไขข้อมูล ประกอบด้วย 7 แบบฟอร์ม
4. หน้ารวมรายการข้อมูลของแต่ละหมวดหมู่ ประกอบด้วย 7 หน้ารายการ
5. หน้าแสดงข้อมูลเชิงภาพแบบ Dashboard แสดงข้อมูลก๊าซเรือนกระจก
6. หน้าแสดงข้อมูลเชิงภาพแบบ Graph แสดงข้อมูลการใช้ทรัพยากรทั้ง 5 เรื่อง



ภาพที่ 9 การออกแบบหน้ารวมหมวดหมู่แบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 10 การออกแบบหน้า Dashboard ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก

3.4 Implementation Phase

3.4.1 การทดสอบระบบ (Test Case)

ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลจะถูกนำไปใช้เพื่อประกอบการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวปี 2564 ของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ในวันที่ 30 สิงหาคม 2564 โดยจะมีขั้นตอนในการทดสอบระบบด้วยผู้ใช้งานระบบในบริบทต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 6 Test Case สำหรับ Unit Testing

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
Login Function	Login with PSU Passport and be Green Library Staff	เข้าสู่ระบบสำเร็จ และแสดงหน้ารวมหมวดหมู่แบบฟอร์ม	Programmer	มีนาคม 2564
	Login with PSU Passport but not a Green Library Staff	เข้าสู่ระบบไม่สำเร็จ และแสดงข้อความ "The username or password not match, please try again"		
	Login with other email but be Green Library Staff	เข้าสู่ระบบไม่สำเร็จ และแสดงข้อความ "The username or password not match, please try again"		
	Login with other email but not a Green Library Staff	เข้าสู่ระบบไม่สำเร็จ และแสดงข้อความ "The username or password not match, please try again"		
Add Function in Form 1-6	Enter complete data	สามารถเพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูลได้ครบถ้วนและถูกต้อง ทั้ง 6 แบบฟอร์ม		เมษายน 2564
	Enter missing data	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
Edit Function in Form 1-6	Enter complete data	สามารถแก้ไขและบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลได้ครบถ้วนและถูกต้องทั้ง 6 แบบฟอร์ม		เมษายน 2564
	Enter missing data	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
Delete Function in Form 1-6	Push Delete Button	สามารถลบข้อมูลจากหน้าแสดงรายการ และเปลี่ยนสถานะของ record ในฐานข้อมูลได้ครบถ้วนและถูกต้อง ทั้ง 6 แบบฟอร์ม		เมษายน 2564
Log File in Form 1-6	Login success	บันทึก user, action, datetime และ status "true" ใน json file		เมษายน 2564
	Login fail	บันทึก user, action, datetime และ status "false" ใน json file		
	Add complete data	บันทึก form_id, action, data, datetime ในตาราง gdc_logs		
	Add incomplete data	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Edit with complete data	บันทึก form_id, action, data, datetime ในตาราง gdc_logs		
	Edit with incomplete data	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Delete data	บันทึก form_id, action, data, datetime ในตาราง gdc_logs		

ขั้นตอนที่ 1 Unit Testing : เป็นการทดสอบการทำงานของระบบในระดับฟังก์ชั่นต่าง ๆ ผู้ดำเนินการทดสอบระบบในขั้นดังกล่าวคือผู้พัฒนาระบบ (Programmer) มีการทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานทั้งหมด 5 ส่วนคือ 1) Login 2) Add 3) Edit 4) Delete 5) Log File

ตารางที่ 7 Test Case สำหรับ Integration Testing

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
Collecting Data	Add complete data in Form 1 (Fuel)	บันทึกข้อมูลการใช้น้ำมันลงตาราง gdc_oils และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน	Kraisri	พฤษภาคม 2564
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Add incomplete data in Form 1 (Fuel	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Edit with complete data in Form 1 (Fuel)	บันทึกข้อมูลการใช้น้ำมันลงตาราง gdc_oils และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Edit with incomplete data in Form 1 (Fuel)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Delete data in Form 1 (Fuel)	ปรับสถานะในตาราง gdc_oils เป็น 0 และบันทึกลง gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
	Add complete data in Form 2 (Methane)	บันทึกและคำนวณข้อมูลก๊าซมีเทนลงตาราง gdc_methanes และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		พฤษภาคม 2564
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Add incomplete data in Form 2 (Methane)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
	Edit with complete data in Form 2 (Methane)	บันทึกและคำนวณข้อมูลก๊าซมีเทน ลงตาราง gdc_methanes และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Edit with incomplete data in Form 2 (Methane)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Delete data in Form 2 (Methane)	ปรับสถานะในตาราง gdc_methanes เป็น 0 และบันทึกลง gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
	Add complete data in Form 3 (Electricity)	บันทึกและคำนวณข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ลงตาราง gdc_electrics และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		พฤษภาคม 2564
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Add incomplete data in Form 3 (Electricity)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Edit with complete data in Form 3 (Electricity)	บันทึกและคำนวณข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ลงตาราง gdc_electrics และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Edit with incomplete data in Form 3 (Electricity)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Delete data in Form 3 (Electricity)	ปรับสถานะในตาราง gdc_electrics เป็น 0 และบันทึกลง gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
	Add complete data in Form 4 (Paper)	บันทึกและคำนวณข้อมูลการใช้กระดาษ ลงตาราง gdc_papers และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		พฤษภาคม 2564
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Add incomplete data in Form 4 (Paper)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Edit with complete data in Form 4 (Paper)	บันทึกและคำนวณข้อมูลการใช้กระดาษ ลงตาราง gdc_papers และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Edit with incomplete data in Form 4 (Paper)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Delete data in Form 4 (Paper)	ปรับสถานะในตาราง gdc_papers เป็น 0 และบันทึกลง gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
	Add complete data in Form 5 (Water)	บันทึกและคำนวณข้อมูลการใช้น้ำ ลงตาราง gdc_waters และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		พฤษภาคม 2564
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Add incomplete data in Form 5 (Water)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Edit with complete data in Form 5 (Water)	บันทึกและคำนวณข้อมูลการใช้น้ำ ลงตาราง gdc_waters และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Edit with incomplete data in Form 5 (Water)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Delete data in Form 5 (Water)	ปรับสถานะในตาราง gdc_tap_waters เป็น 0 และบันทึกลง gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
	Add complete data in Form 6 (Waste)	บันทึกข้อมูลปริมาณขยะลงตาราง gdc_wastes และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		พฤษภาคม 2564
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Add incomplete data in Form 6 (Waste)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Edit with complete data in Form 6 (Waste)	บันทึกข้อมูลปริมาณขยะลงตาราง gdc_wastes และ gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		
		แสดงข้อมูลหน้ารายการรวมได้ถูกต้อง		
	Edit with incomplete data in Form 6 (Waste)	ปุ่ม "บันทึก" ไม่ active และแสดงข้อความ "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบ"		
	Delete data in Form 6 (Waste)	ปรับสถานะในตาราง gdc_wastes เป็น 0 และบันทึกลง gdc_logs ได้ถูกต้องและครบถ้วน		

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
Analyze Data	Compare Carbon Footprint with previous year	คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกของปีปัจจุบัน และปีก่อนหน้าได้ และเปรียบเทียบปริมาณความแตกต่าง พร้อมระบุเป็นร้อยละความต่างได้ถูกต้อง		กรกฎาคม 2564
	Carbon Footprint Percentage (all type) 5 years	คำนวณอัตราส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภทในแต่ละปี ย้อนหลัง 5 ปี ได้ถูกต้อง		
	Carbon Footprint Trends 5 years	คำนวณแนวโน้มปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภทในระยะเวลา 5 ปี ได้ถูกต้อง		
	Calculate Carbon Footprint by Activities	วิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมทั้งหมดในแต่ละปีได้ถูกต้อง		
	Calculate Carbon Footprint by Areas	วิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดในแต่ละพื้นที่ของหน่วยงานในหนึ่งปีได้ถูกต้อง		
	Calculate Carbon Footprint Monthly	วิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดในแต่ละเดือนจากกิจกรรมทั้งหมดได้ถูกต้อง		
Data Visualization	Carbon Footprint Dashboard	สามารถแสดงข้อมูลเปรียบเทียบปีก่อนหน้าได้อย่างถูกต้อง สามารถแสดงกราฟต่าง ๆ บน Dashboard ได้อย่างถูกต้องทั้ง 5 กราฟ		กรกฎาคม 2564
	Activities Reports	สามารถแสดงข้อมูลเปรียบเทียบปีก่อนหน้าได้อย่างถูกต้อง สามารถแสดงกราฟปริมาณการใช้ในเดือนต่าง ๆ ของปีปัจจุบันและปีก่อนหน้าได้อย่างถูกต้องทั้ง 5 กราฟ		

ขั้นตอนที่ 2 Integration Testing : เป็นการทดสอบการทำงานของระบบในส่วนภาพรวมการทำงานระหว่างฟังก์ชั่นและหน้าต่าง ๆ ของระบบ ผู้ดำเนินการทดสอบระบบคือ ผู้ออกแบบระบบ ในที่นี้คือทำการวิจัยในครั้งนี้นั่นเอง (Kraisri)

ตารางที่ 8 Test Case สำหรับ System Testing

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
Operational	Device Testing	ระบบสามารถทำงานและแสดงผลบน PC, มือถือ และ iPad ได้อย่างถูกต้อง	Kraisri	สิงหาคม 2564
	Accessibility	ระบบสามารถเข้าใช้งานได้ตลอด 24 ชม. ทุกวัน		
	Browser Testing	ระบบสามารถถูกใช้งานบนเบราว์เซอร์มาตรฐานได้อย่างถูกต้อง ประกอบด้วย (Chrome, Firefox, Safary, Edge)		
Security	Enter page "เพิ่มข้อมูล"	สามารถเข้าถึงหน้าดังกล่าวได้ด้วยการ login		สิงหาคม 2564
	Enter page "รายงาน"	สามารถเข้าถึงหน้าดังกล่าวได้โดยไม่ต้อง login		
Performance	Enter page "Dashboard"	เข้าถึงหน้าดังกล่าวได้ภายใน 250 ms		สิงหาคม 2564
	Enter page "Report"	เข้าถึงหน้าดังกล่าวได้ภายใน 250 ms		

ขั้นตอนที่ 3 System Testing : เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตามความต้องการด้านคุณลักษณะ (Nonfunctional Requirement) ผู้ดำเนินการทดสอบระบบคือ ผู้ออกแบบระบบ ในที่นี้คือทำการวิจัยในครั้งนี้นั่นเอง (Kraisri)

ตารางที่ 9 Test Case สำหรับ Acceptance Testing

Test Module	Test Case	Expected goal	Tester	Schedule
Usability Test (กรรมการตรวจประเมิน)	กำหนดหัวข้อแบบสอบถาม และสำรวจความพึงพอใจจากกรรมการทั้งหมด 4 คน (ทั้งหมด)	ผู้ใช้มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ถึง มากที่สุด	กรรมการตรวจประเมิน	กันยายน 2564
Usability Test (ผู้บริหาร)	กำหนดหัวข้อแบบสอบถาม และสำรวจความพึงพอใจจากผู้บริหารทั้งหมด 4 คน (ทั้งหมด)	ผู้ใช้มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ถึง มากที่สุด	ผู้บริหาร	กันยายน 2564

ขั้นที่ 4 Acceptance Testing : เป็นการทดสอบระบบจากผู้ใช้งานกลุ่มผู้บริหาร และกรรมการตรวจประเมิน ผู้วิจัยจะทำการประเมินผลความพึงพอใจการใช้งานระบบจากกลุ่มผู้ใช้ทั้งหมด โดยแบ่งหัวข้อการประเมินออกเป็น 5 ข้อ ประกอบด้วย

1) ความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล
2) การสื่อความหมายของแดชบอร์ดและกราฟชัดเจนและเข้าใจง่าย
3) ความเหมาะสมของรูปแบบการนำเสนอข้อมูล
4) ข้อมูลสามารถตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวได้
5) การใช้ประโยชน์จากข้อมูล

3.4.2 การประเมินประสิทธิภาพและการสร้างความตระหนักรู้

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ผลข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจาก Dashboard ของระบบ และนำเสนอแนวทางการวิเคราะห์ผลให้หน่วยงานได้รับทราบ เพื่อนำไปประกอบการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว ซึ่งประกอบด้วย การเปรียบเทียบปริมาณกับปีก่อนหน้า การแสดงอัตราส่วนก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภท แนวโน้มก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภท ปริมาณก๊าซเรือนจกแยกตามกิจกรรมในรอบปี ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแยกตามพื้นที่ในรอบปี และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ รายเดือน และทำการวิเคราะห์ผลข้อมูลในรูปแบบ Graph ประกอบด้วย ข้อมูลการใช้น้ำ ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ข้อมูลการใช้น้ำมัน ข้อมูลการใช้กระดาษ และข้อมูลปริมาณขยะ ในรอบปีของหน่วยงาน

การประเมินประสิทธิภาพแบ่งเกณฑ์ระดับความพึงพอใจ (Rating Scale) ออกเป็น 5 ระดับ ประกอบด้วย

5	หมายถึง	มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบดีมาก
4	หมายถึง	มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบดี
3	หมายถึง	มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบปานกลาง
2	หมายถึง	มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบน้อย
1	หมายถึง	มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบน้อยที่สุด

การแปลผลใช้รูปแบบการแปลผลแบบอันตรายภาค (Interval Scale) (ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ, 2549 : 129) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

ความกว้างของอันตรภาคชั้น = (ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด – ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด) / จำนวนชั้น

= (5 - 1) / 5

= 0.80

ซึ่งสามารถแบ่งเป็นระดับความพึงพอใจได้ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.21 – 5.00	หมายถึง	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.41 – 4.20	หมายถึง	มาก
คะแนนเฉลี่ย	2.61 – 3.40	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.81 – 2.60	หมายถึง	น้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.80	หมายถึง	น้อยที่สุด

สำหรับกลุ่มผู้ประเมินระบบ จะถูกแบ่งออกเป็น 2 บทบาทคือ กรรมการผู้ตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว และผู้บริหารของหน่วยงาน

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 การจัดเก็บข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Data Collection)

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ได้พัฒนาระบบสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก และคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ หรือ Carbon Footprint ที่มีชื่อว่า Green Data Collector หรือ GDC ซึ่งออกแบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลประกอบด้วย

ประเภทที่ 1 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Type 1)

1.1 ปริมาณการใช้น้ำมัน

- น้ำมันอาคาร (Generator, Fire pump)
- น้ำมันรถจักรยานยนต์ (Diesel, Gasohol 91, Gasohol 95)

1.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน

- จากระบบ Septic Tank
- จากบ่อไม่เติมอากาศ

ประเภทที่ 2 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Type 2)

2.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ประเภทที่ 3 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Type 3)

3.1 ปริมาณการใช้กระดาษ

3.2 ปริมาณการใช้น้ำประปา

3.3 ปริมาณการเกิดของเสีย (ฝังกลบ)

โดยอ้างอิงการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามตารางที่ 10 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ของปี 2564 [15] จากเว็บองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ตามเกณฑ์สำนักงานสีเขียวปี 2564

ขอบเขตการดำเนินงาน	รายการ	EF	หน่วย	หน่วยการเก็บข้อมูล
ประเภท 1	**การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (Stationary Combustion)**			
	Diesel (Generator)	2.7076	kg CO_2e/ลิตร	ลิตร
	Diesel (Fire pump)	2.7076	kg CO_2e/ลิตร	ลิตร
	การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (Mobile Combustion)			
	น้ำมัน Diesel	2.7403	kg CO_2e/ลิตร	ลิตร
	น้ำมัน Gasohol 91, E20, E85	2.2373	kg CO_2e/ลิตร	ลิตร
	น้ำมัน Gasohol 95	2.2373	kg CO_2e/ลิตร	ลิตร
	การปล่อยสารมีเทนจากระบบ septic tank	25.0000	kg CO_2e/kgH_4	kgCH_4
	การปล่อยสารมีเทนจากบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ	25.0000	kg CO_2e/kgCH_4	kgCH_4
ประเภท 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	0.4999	kg CO_2e/kWh	kWh
ประเภท 3	การใช้กระดาษ A4 และ A3 (สีขาว) http://paperlink.co.za/paper_rotatrim.htm	2.0859	kg CO_2e/kg	kg
	น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	0.2843	kg CO_2e/m^3	m^3
	ขยะของเสีย (ฝังกลบ)	2.3200	kg CO_2e/kg	kg

ซึ่งผลการวิจัยพบว่าข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้

ประเภทที่ 1 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมทางตรง (Type 1)

ปี	เดือน	Diesel Generator (ลิตร)	Diesel Fire pump (ลิตร)	น้ำมัน Diesel (ลิตร)	น้ำมัน Gasohol 91 (ลิตร)	น้ำมัน Gasohol 95 (ลิตร)
2564	มิถุนายน	8.00	4.00	0.00	0.00	2.97
2564	พฤษภาคม	8.00	4.00	0.00	0.00	0.00
2564	เมษายน	8.00	4.00	0.00	2.56	0.00
2564	มีนาคม	8.00	4.00	0.00	2.62	0.00
2564	กุมภาพันธ์	8.00	4.00	0.00	0.00	2.40
2564	มกราคม	35.20	4.00	0.00	0.00	0.00
ปี	เดือน	Diesel Generator (ลิตร)	Diesel Fire pump (ลิตร)	น้ำมัน Diesel (ลิตร)	น้ำมัน Gasohol 91 (ลิตร)	น้ำมัน Gasohol 95 (ลิตร)
2563	ธันวาคม	9.00	4.00	0.00	0.00	2.60
2563	พฤศจิกายน	25.20	4.00	0.00	0.00	3.00
2563	ตุลาคม	20.00	4.00	0.00	0.00	0.00
2563	กันยายน	42.00	4.00	0.00	0.00	0.00
2563	สิงหาคม	10.00	4.00	0.00	0.00	2.47
2563	กรกฎาคม	12.40	4.00	0.00	2.78	0.00
2563	มิถุนายน	13.00	4.00	0.00	0.00	2.67
2563	พฤษภาคม	0.00	4.00	0.00	0.00	2.43
2563	เมษายน	0.00	4.00	0.00	0.00	2.69
2563	มีนาคม	0.00	4.00	0.00	0.00	3.19
2563	กุมภาพันธ์	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00
2563	มกราคม	0.00	4.00	0.00	0.00	2.64

ประเภท 1.1 ปริมาณการใช้น้ำมัน

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการใช้น้ำมัน ประกอบด้วย

1. **การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (Stationary Combustion)**
    - Diesel Fire pump (ลิตร) คือ น้ำมันเครื่องปั่นไฟในอาคาร LRC มีการใช้งานทุกเดือนเพื่อการซ่อมบำรุงเครื่องปั่นไฟ เก็บข้อมูลหน่วยเป็น ลิตร
    - Diesel Generator (ลิตร) คือ น้ำมันเครื่องปั่นไฟฉุกเฉินในอาคาร LRC มีการใช้งานทุกครั้งที่เกิดไฟดับ เก็บข้อมูลหน่วยเป็น ลิตร
2. **การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (Mobile Combustion)**
    - น้ำมัน Gasohol 91 (ลิตร) และน้ำมัน Gasohol 95 (ลิตร) คือ น้ำมันจากการใช้รถจักรยานยนต์ของสำนักฯ จำนวน 1 คัน เก็บข้อมูลหน่วยเป็น ลิตร

โดยทั้ง 2 ค่าถูกนำไปคำนวณปริมาณ Carbon Footprint ตามสูตรมาตรฐาน ใช้ค่า EF ตามตารางที่ 10

ปี	เดือน	จำนวนวันเปิดบริการ (วัน)	จำนวนบุคลากร (คน)	ปริมาณสารที่ปล่อย (kgCH4)	ปริมาณสารที่ปล่อย (kgCH4)
2564	มิถุนายน	22	39	10.30	0.00
2564	พฤษภาคม	19	39	8.89	0.67
2564	เมษายน	17	39	7.96	0.00
2564	มีนาคม	31	39	14.51	7.39
2564	กุมภาพันธ์	28	39	13.10	4.78
2564	มกราคม	28	39	13.10	1.23
ปี	เดือน	จำนวนวันเปิดบริการ (วัน)	จำนวนบุคลากร (คน)	ปริมาณสารที่ปล่อย (kgCH4)	ปริมาณสารที่ปล่อย (kgCH4)
2563	ธันวาคม	22	39	10.30	2.96
2563	พฤศจิกายน	30	39	14.04	4.28
2563	ตุลาคม	29	39	13.57	6.62
2563	กันยายน	30	46	16.56	6.59
2563	สิงหาคม	26	46	14.35	6.11
2563	กรกฎาคม	24	46	13.25	3.32
2563	มิถุนายน	24	46	13.25	0.79
2563	พฤษภาคม	23	46	12.70	0.75
2563	เมษายน	25	46	13.80	0.96
2563	มีนาคม	31	46	17.11	4.55
2563	กุมภาพันธ์	28	46	15.46	7.74
2563	มกราคม	27	46	14.90	6.36

ประเภท 1.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซมีเทน ประกอบด้วย

1. **สารมีเทนจากระบบ Septic Tank** ดังแสดงในคอลัมน์ “ปริมาณสารที่ปล่อย (kgCH4) - สีขาว” สามารถคำนวณได้จาก จำนวนวันเปิดบริการ (วัน) และจำนวนบุคลากร (คน)
   ตามสูตร *“1 x 1 x 0.3 x จำนวนพนักงานเฉลี่ย x 40 x 0.001 x จำนวนวันทำงาน”*

2. **สารมีเทนจากบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ** ดังแสดงในคอลัมน์ “ปริมาณสารที่ปล่อย (kgCH4) - สีเทาเข้ม” สามารถคำนวณได้จากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น โดยคิดที่ร้อยละ 80 ของปริมาณที่ใช้ในแต่ละเดือน
   ตามสูตร *“0.2 x [(0.8 x ปริมาณน้ำในแต่ละเดือน) x 0.12]”*

โดยทั้ง 2 ค่าถูกนำไปคำนวณปริมาณ Carbon Footprint ตามสูตรมาตรฐาน ใช้ค่า EF ตามตารางที่ 10

ประเภทที่ 2 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมทางอ้อม (Type 2)

ปี	เดือน	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (ทุกเดือน) (บาท/kWh)	จำนวนบุคลากร (คน)	เวลาทำการ (ชั่วโมง/ปี)	จำนวนผู้เข้าใช้บริการ (คน/ปี)	พื้นที่ใช้สอยในอาคาร (ตร.ม.)	อุณหภูมิ (oC)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาตรฐาน (kWh/ปี)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (kWh/ปี)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนบุคลากร	EUI
2564	มิถุนายน	52,857.00	203,330.29	3.85	39	176	0	12,245	28.00	14,062.75	52,857.00	1,355.31	-0.73
2564	พฤษภาคม	43,517.00	167,401.20	3.85	39	152	0	12,245	28.00	12,976.57	43,517.00	1,115.82	-0.70
2564	เมษายน	63,482.00	244,202.55	3.85	39	136	0	12,245	28.00	12,252.44	63,482.00	1,627.74	-0.81
2564	มีนาคม	128,723.00	495,171.64	3.85	39	346	14,771	12,245	28.00	57,207.22	128,723.00	3,300.59	-0.56
2564	กุมภาพันธ์	103,143.00	396,770.49	3.85	39	315	8,438	12,245	28.00	40,604.91	103,143.00	2,644.69	-0.61
2564	มกราคม	47,428.00	182,446.03	3.85	39	330	1,545	12,245	28.00	24,740.43	47,428.00	1,216.10	-0.48

ปี	เดือน	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (ทุกเดือน) (บาท/kWh)	จำนวนบุคลากร (คน)	เวลาทำการ (ชั่วโมง/ปี)	จำนวนผู้เข้าใช้บริการ (คน/ปี)	พื้นที่ใช้สอยในอาคาร (ตร.ม.)	อุณหภูมิ (oC)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาตรฐาน (kWh/ปี)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง (kWh/ปี)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนบุคลากร	EUI
2563	ธันวาคม	84,852.00	328,860.90	3.88	39	243	5,455	12,245	28.00	30,187.11	84,852.00	2,175.69	-0.64
2563	พฤศจิกายน	75,216.00	291,514.65	3.88	39	404	8,548	12,245	28.00	44,896.83	75,216.00	1,928.62	-0.40
2563	ตุลาคม	129,811.00	503,108.48	3.88	39	391	10,321	12,245	28.00	48,563.72	129,811.00	3,328.49	-0.63
2563	กันยายน	122,426.00	474,486.45	3.88	46	379	10,584	12,245	28.00	49,746.24	122,426.00	2,661.43	-0.59
2563	สิงหาคม	133,206.00	517,372.10	3.88	46	295	11,184	12,245	28.50	48,230.78	133,206.00	2,895.78	-0.64
2563	กรกฎาคม	110,909.00	430,770.56	3.88	46	230	6,049	12,245	28.10	32,233.49	110,909.00	2,411.07	-0.71
2563	มิถุนายน	63,114.00	244,739.38	3.88	46	238	802	12,245	28.30	20,101.02	63,114.00	1,372.04	-0.68
2563	พฤษภาคม	46,116.00	179,114.55	3.88	46	184	0	12,245	29.40	16,295.18	46,116.00	1,002.52	-0.65
2563	เมษายน	53,660.00	208,415.45	3.88	46	200	0	12,245	29.40	17,055.50	53,660.00	1,166.52	-0.68
2563	มีนาคม	109,218.00	424,202.72	3.88	46	406	8,500	12,245	28.70	47,115.72	109,218.00	2,374.30	-0.57
2563	กุมภาพันธ์	134,967.00	524,211.83	3.88	46	363	16,529	12,245	27.90	63,064.21	134,967.00	2,934.07	-0.53
2563	มกราคม	141,993.00	551,500.82	3.88	46	330	10,242	12,245	27.90	46,541.00	141,993.00	3,086.80	-0.67

ประเภท 2.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการใช้ไฟฟ้า ประกอบด้วย

1. **ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh) จากพื้นที่บริเวณชั้น 3 - 7** ซึ่งเป็นพื้นที่ให้บริการและสำนักงานรวมกัน มีกิจกรรมประกอบด้วยการใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ การใช้ไฟฟ้าในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ ทีวีประชาสัมพันธ์ กระติกน้ำร้อน ตู้เย็น เป็นต้น โดยระบบจะรวบรวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ทั้งหมด 5 ชั้น และนำไปใช้คำนวณปริมาณ Carbon Footprint ตามสูตรมาตรฐาน ใช้ค่า EF ตามตารางที่ 10
2. **จำนวนเงิน (บาท)** และ **ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/kWh)** เป็นการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนในภาพรวมและค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อยอดในด้านอื่น ๆ ของหน่วยงานต่อไป
3. **ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาตรฐาน (kWh/ปี)** และ **EUI** ออกแบบให้คำนวณค่าดังกล่าวเพื่อรองรับตอบเกณฑ์การประเมินห้องสมุดสีเขียวที่ต้องต่ออายุทุก 3 ปี ซึ่งหน่วยงานได้ผ่านการประเมินดังกล่าวแล้วในปี 2561 และต้องตรวจประเมินอีกครั้งภายในปี 2566

ประเภทที่ 3 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมทางอ้อมอื่น ๆ (Type 3)

ปี	เดือน	A4 (รีม)	A3 (รีม)	A4 (kg)	A3 (kg)	รวม (kg)
2564	มิถุนายน	2	0	6.23	0.00	6.23
2564	พฤษภาคม	8	0	19.50	0.00	19.50
2564	เมษายน	9	0	21.75	0.00	21.75
2564	มีนาคม	20	0	49.80	0.00	49.80
2564	กุมภาพันธ์	15	0	37.85	0.00	37.85
2564	มกราคม	15	0	36.35	0.00	36.35
2563	มีนาคม	12	0	30.95	0.00	30.95
ปี	เดือน	A4 (รีม)	A3 (รีม)	A4 (kg)	A3 (kg)	รวม (kg)
2563	ธันวาคม	5	0	12.05	0.00	12.05
2563	พฤศจิกายน	7	0	18.20	0.00	18.20
2563	ตุลาคม	7	0	18.00	0.00	18.00
2563	กันยายน	8	0	20.25	0.00	20.25
2563	สิงหาคม	8	0	20.33	0.00	20.33
2563	กรกฎาคม	7	0	18.25	0.00	18.25
2563	มิถุนายน	16	0	40.80	0.00	40.80
2563	พฤษภาคม	13	0	32.63	0.00	32.63
2563	เมษายน	15	0	37.57	0.00	37.57
2563	มีนาคม	12	0	30.95	0.00	30.95
2563	กุมภาพันธ์	13	0	31.30	0.00	31.30
2563	มกราคม	11	0	26.75	0.00	26.75

ประเภท 3.1 ปริมาณการใช้กระดาษ

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการใช้กระดาษ ประกอบด้วย

1. **เครื่องพิมพ์ Ricoh ชั้น 7 (สำนักงาน)** เกิดจากปริมาณการใช้กระดาษ A4 หรือ A3 จากเจ้าหน้าที่ในสำนักงานชั้น 7 โดยคำนวณตามสูตรที่แนบมาเพื่อแปลงหน่วย ก่อนนำไปคำนวณปริมาณ Carbon Footprint ตามสูตรมาตรฐาน

   สูตรแปลงหน่วย *“จำนวน A4 รีม x 2.5 = จำนวน kg”*

   “จำนวน A3 รีม x 5 = จำนวน kg”

2. **เครื่องพิมพ์ Ricoh ชั้น 3 (อินเตอร์เน็ตโซน)** เก็บปริมาณการใช้กระดาษ A4 หรือ A3 จากเจ้าหน้าที่ในสำนักงานชั้น 3 เพื่อนำไปคำนวณปริมาณ Carbon Footprint เบื้องต้นไม่รวมปริมาณกระดาษที่ให้บริการพิมพ์งานสำหรับผู้ใช้บริการ ตามสูตรเช่นเดียวกับข้อ 1

โดยทั้ง 2 ค่าถูกนำไปคำนวณปริมาณ Carbon Footprint ตามสูตรมาตรฐาน ใช้ค่า EF ตามตารางที่ 10

ปี	เดือน	ชั้น 3 (m^3)	ชั้น 4 (m^3)	ชั้น 5 (m^3)	ชั้น 6 (m^3)	ชั้น 7 (m^3)	รวมหน่วยน้ำ (m^3)	ค่าน้ำ/หน่วย (บาท)	ปริมาณการใช้น้ำต่อจำนวนบุคลากร	รวมค่าน้ำ (บาท)
2564	มิถุนายน	13.00	6.00	4.00	4.00	25.00	52.00	24.00	1.18	1,248.00
2564	พฤษภาคม	9.00	2.00	3.00	3.00	18.00	35.00	24.00	0.80	840.00
2564	มีนาคม	85.00	75.00	159.00	38.00	28.00	385.00	24.00	8.75	9,240.00
2564	กุมภาพันธ์	48.00	39.00	67.00	70.00	25.00	249.00	24.00	5.66	5,976.00
2564	มกราคม	14.00	12.00	6.00	14.00	18.00	64.00	24.00	1.45	1,536.00

ปี	เดือน	ชั้น 3 (m^3)	ชั้น 4 (m^3)	ชั้น 5 (m^3)	ชั้น 6 (m^3)	ชั้น 7 (m^3)	รวมหน่วยน้ำ (m^3)	ค่าน้ำ/หน่วย (บาท)	ปริมาณการใช้น้ำต่อจำนวนบุคลากร	รวมค่าน้ำ (บาท)
2563	ธันวาคม	36.00	21.00	36.00	39.00	22.00	154.00	24.00	3.50	3,696.00
2563	พฤศจิกายน	39.00	44.00	54.00	54.00	32.00	223.00	24.00	5.07	5,352.00
2563	ตุลาคม	72.00	76.00	79.00	98.00	20.00	345.00	24.00	7.84	8,280.00
2563	กันยายน	64.00	55.00	113.00	92.00	19.00	343.00	24.00	7.80	8,232.00
2563	สิงหาคม	66.00	48.00	85.00	99.00	20.00	318.00	24.00	7.23	7,632.00
2563	กรกฎาคม	38.00	34.00	42.00	38.00	21.00	173.00	24.00	3.93	4,152.00
2563	มิถุนายน	19.00	7.00	2.00	4.00	9.00	41.00	24.00	0.93	984.00
2563	พฤษภาคม	11.00	5.00	2.00	3.00	18.00	39.00	24.00	0.89	936.00
2563	เมษายน	15.00	6.00	3.00	5.00	21.00	50.00	24.00	1.14	1,200.00
2563	มีนาคม	62.00	36.00	47.00	64.00	28.00	237.00	24.00	5.39	5,688.00
2563	กุมภาพันธ์	117.00	60.00	71.00	123.00	32.00	403.00	24.00	9.16	9,672.00
2563	มกราคม	87.00	33.00	81.00	105.00	25.00	331.00	24.00	7.52	7,944.00

ประเภท 3.2 ปริมาณการใช้น้ำ

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการใช้น้ำ ประกอบด้วย

1. **ปริมาณการใช้น้ำแต่ละชั้น** มีมิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำบริเวณชั้น 3 - 7 รวม 5 ชั้น แต่ละชั้นมีมิเตอร์ในห้องน้ำหญิงและห้องน้ำชายอย่างละ 1 ตัว รวมทั้งหมด 10 ตัว ระบบจะคำนวณปริมาณรวมในแต่ละชั้น และคำนวณผลรวมของทุกชั้นในแต่ละเดือน เก็บข้อมูลหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร (m^3) เพื่อนำมาคำนวณปริมาณ Carbon Footprint ตามสูตรมาตรฐาน ใช้ค่า EF ตามตารางที่ 10
2. **ปริมาณการใช้น้ำต่อจำนวนบุคลากร** และ **ค่าน้ำ (บาท)** คำนวณเพื่อใช้ตอบการวิเคราะห์ผลของหมวด 3 และรองรับการ export ข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ ต่อไป

ปี	เดือน	ขยะอันตราย (kg)	ส่งกำจัด/ขยะทั่วไป (ฝังกลบ) (kg)	ส่งจำหน่าย (kg)	นำกลับมาใช้ใหม่ (kg)
2564	มิถุนายน	0.00	285	3	4.1
2564	พฤษภาคม	0.00	121.5	13	5.2
2564	เมษายน	0.00	460.2	17.6	4.3
2564	มีนาคม	0.00	1163.8	25.6	4.2
2564	กุมภาพันธ์	0.00	651.2	8.5	5.5
2564	มกราคม	0.00	274	6	3

ปี	เดือน	ขยะอันตราย (kg)	ส่งกำจัด/ขยะทั่วไป (ฝังกลบ) (kg)	ส่งจำหน่าย (kg)	นำกลับมาใช้ใหม่ (kg)
2563	ธันวาคม	0.00	244	7.7	2
2563	พฤศจิกายน	0.00	569.8	17.5	1.5
2563	ตุลาคม	0.00	728.3	12	0.5
2563	กันยายน	0.00	743.5	13.3	1.5
2563	สิงหาคม	0.00	663.2	20.4	2
2563	กรกฎาคม	0.00	383.1	1.5	3
2563	มิถุนายน	0.00	238.2	1	0.2
2563	พฤษภาคม	0.00	168.7	2.9	2.1
2563	เมษายน	0.00	298.4	3	3.1
2563	มีนาคม	0.00	836.2	9.2	1.5
2563	กุมภาพันธ์	0.00	1295.7	29.4	2.3
2563	มกราคม	0.00	625.9	16.8	3.5

ประเภท 3.3 ปริมาณการขยะฝังกลบ

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดขยะ ประกอบด้วย

1. **ขยะอันตราย (kg)** เป็นขยะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ถ่านไฟฉาย หน้ากากอนามัย เป็นต้น รวบรวมไว้เพื่อตอบเกณฑ์ประเมินในหมวด 4 และรองรับการวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ ต่อไป
2. **ขยะฝังกลบ (kg)** เป็นขยะทั่วไปที่ถูกกำจัดด้วยการฝังกลบ เช่น เศษอาหารจากการรับประทานอาหารของบุคลากร หรืออาหารจากการจัดอาหารว่างสำหรับการประชุม ถูกนำไปคำนวณปริมาณ Carbon Footprint ตามสูตรมาตรฐาน ใช้ค่า EF ตามตารางที่ 10
3. **ขยะส่งจำหน่าย (kg)** เป็นขยะที่ส่งไปจำหน่ายเป็นเงิน เช่น ขวดน้ำพลาสติก รวบรวมไว้เพื่อตอบเกณฑ์ประเมินในหมวด 4 และรองรับการวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ ต่อไป
4. **ขยะนำกลับมาใช้ใหม่ (kg)** เป็นขยะจากโครงการขยะแลกบุญ ที่รวบรวมขยะพลาสติกจากบุคลากรทั้งที่บ้านและที่ทำงาน เพื่อส่งต่อไปยังหน่วยงานที่รับจัดการต่อไป รวบรวมไว้เพื่อตอบเกณฑ์ประเมินในหมวด 4 และรองรับการวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ ต่อไป

จากการเก็บข้อมูลทั้งหมดสามารถแสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลและส่วนแสดงผลข้อมูลของกราฟใน Dashboard และ Report ในส่วนที่ 2 ของโปรแกรมได้ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ของการเก็บข้อมูลและการแสดงผลก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขตการดำเนินงาน	รายการ	Dashboard					Report
		Radial Bar Chart1	Basic Line Chart2	Sunburst Chart 3	Bubble Chart 4	Bubble Chart 5	Basic Line
ประเภท 1	**การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (Stationary Combustion)**	% type1	Trend Line1		-		Graph3
	Diesel (Generator)			✓		✓	
	Diesel (Fire pump)			✓		✓	
	การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (Mobile Combustion)						
	น้ำมัน Diesel			✓		✓	
	น้ำมัน Gasohol 91, E20, E85			✓		✓	
	น้ำมัน Gasohol 95			✓		✓	
	การปล่อยสารมีเทนจากระบบ septic tank			✓		✓	-
	การปล่อยสารมีเทนจากบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ			✓	✓	✓	
ประเภท 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	% type2	Trend Line2	✓	✓	✓	Graph2
ประเภท 3	การใช้กระดาษ A4 และ A3 (สีขาว)	% type3	Trend Line3	✓	-	✓	Graph4
	น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค			✓	✓	✓	Graph1
	ขยะของเสีย (ฝังกลบ)			✓	-	✓	Graph5

4.1.2 การนำเสนอข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Data Visualization)

จากข้อมูลกิจกรรมที่หน่วยงานได้เก็บรวบรวม ระหว่างปี 2563 - 2564 สามารถคำนวณเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกและนำเสนอผลการวิเคราะห์ได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณเปรียบเทียบเป้าหมาย และ ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซตามบริบทต่าง ๆ

ข้อมูลก๊าซเรือนกระจกปี 2564 https://apps.clib.psu.ac.th/green/gdc/dashboard/2021

ข้อมูลก๊าซเรือนกระจกปี 2563 https://apps.clib.psu.ac.th/green/gdc/dashboard/2020

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากข้อมูลพบเห็นว่า

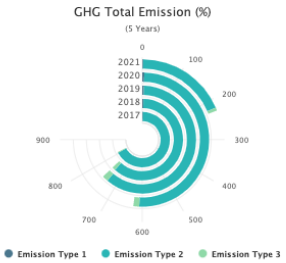
ปี 2564 (2021) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก **จำนวน 248.91** tCO_2e (ดังแสดงใน กรอบสีเขียว)

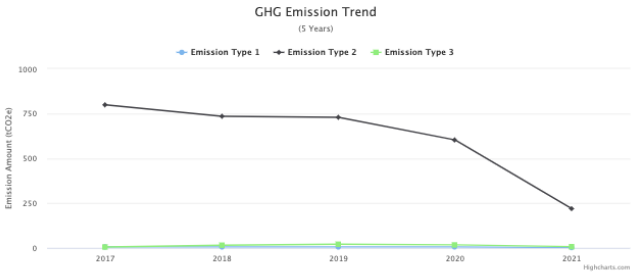
ปี 2563 (2020) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก **จำนวน 342.5** tCO_2e (ดังแสดงใน กรอบสีฟ้า)

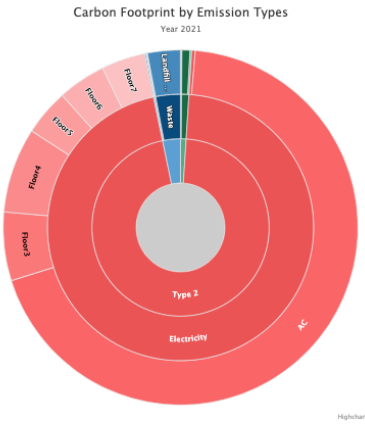
สามารถสรุปได้ว่าสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในของ**ปี 2564 ลดลง 93.59 tCO2e** (ดังแสดงใน กรอบสีเหลือง) **คิดเป็นร้อยละ 27.33 จากปี 2563** (ดังแสดงใน กรอบสีเทาเข้ม)

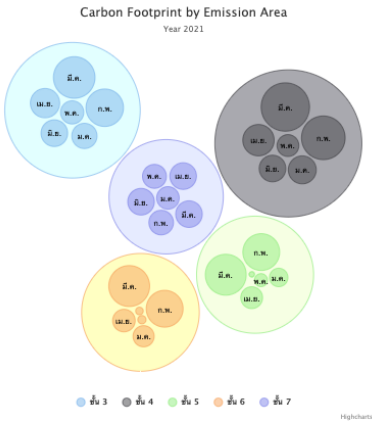
จะเห็นว่าในปี 2564 สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ได้กำหนดเป้าหมายในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก **เป้าหมายลดลงร้อยละ 2** ซึ่ง **ทำได้ร้อยละ 27.33 จึงถือว่าบรรลุเป้าหมายที่กำหนด**

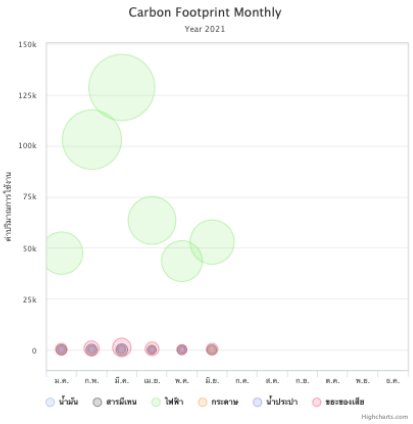
ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นำเสนอในรูปแบบ Dashboard ประกอบด้วยกราฟย่อยทั้งหมด 5 กราฟ ดังนี้











กราฟที่ 1 Radial Bar Chart แสดงอัตราส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของสำนักงาน

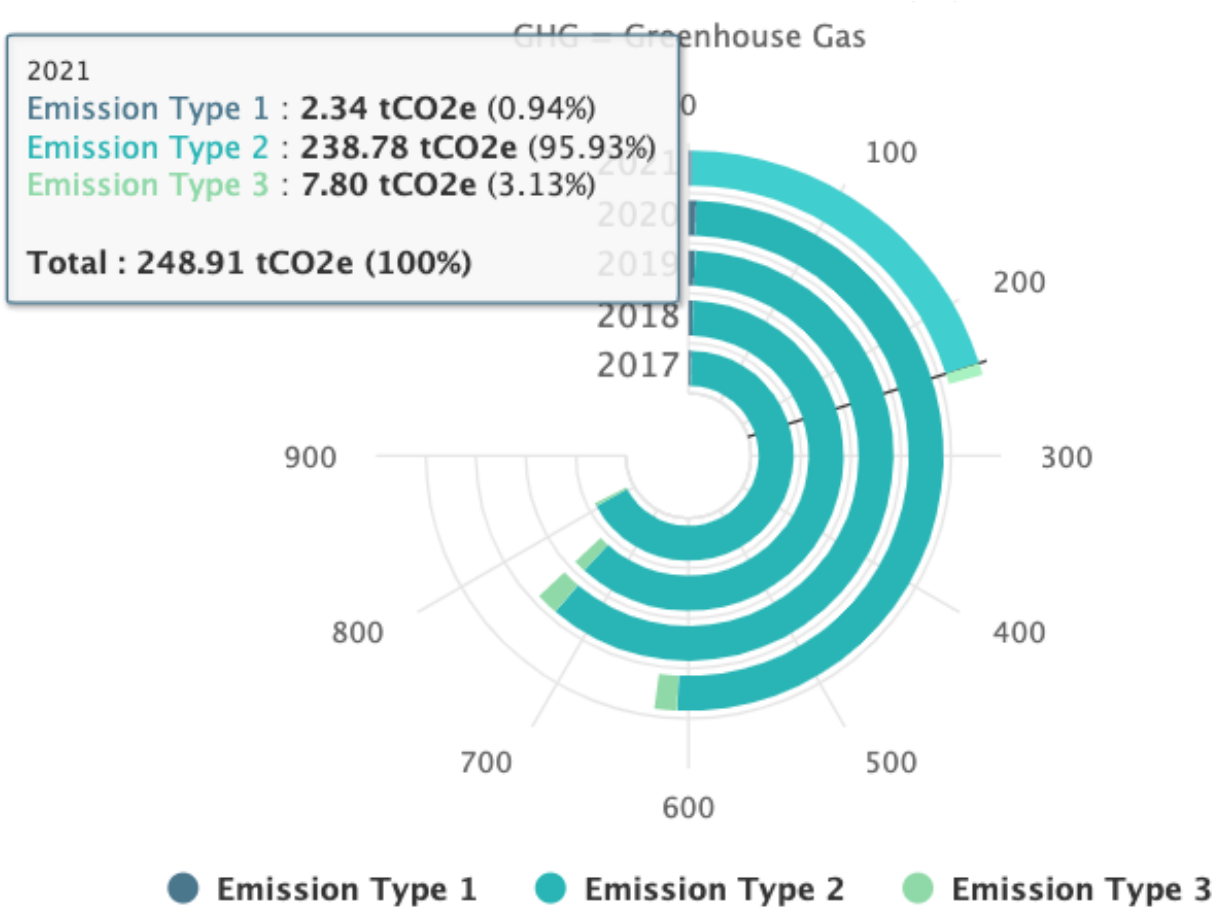
กราฟที่ 2 Basic Line Chart แสดงแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของสำนักงาน

กราฟที่ 3 Sunburst Chart แสดงปริมาณ Carbon Footprint จากกิจกรรมต่าง ๆ ของสำนักงาน

กราฟที่ 4 Bubble Chart แสดงปริมาณ Carbon Footprint ในแต่ละพื้นที่ของสำนักงาน

กราฟที่ 5 Bubble Chart แสดงปริมาณ Carbon Footprint ในแต่ละเดือนของสำนักงาน

กราฟที่ 1 อัตราส่วนร้อยละการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภท
ระหว่างปี 2560 – 2564



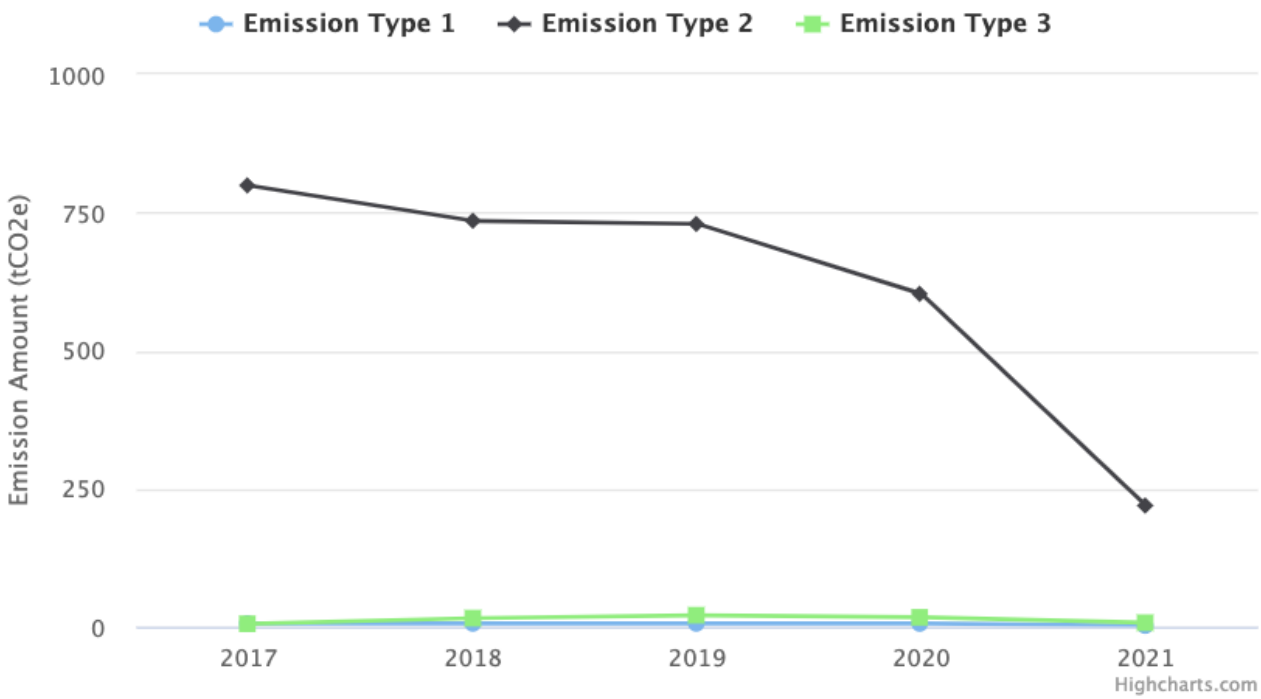
จากกราฟที่ 1 แสดงให้เห็นว่า**อัตราส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปี 2564**

ประเภทที่ 1 (Type 1)	ปริมาณ	**2.34**	**tCO_2e**	**คิดเป็นร้อยละ**	**0.94**
ประเภทที่ 2 (Type 2)	ปริมาณ	**238.78**	**tCO_2e**	**คิดเป็นร้อยละ**	**95.93**
ประเภทที่ 3 (Type 3)	ปริมาณ	**7.80**	**tCO_2e**	**คิดเป็นร้อยละ**	**3.13**
รวม	ปริมาณ	**248.91**	**tCO_2e**	**คิดเป็นร้อยละ**	**100**

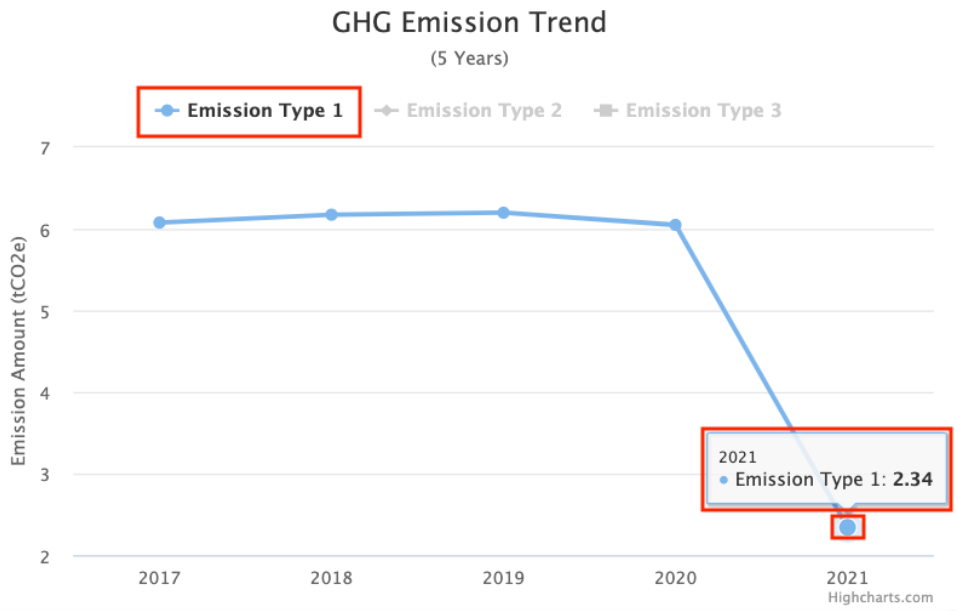
ซึ่งในกราฟดังกล่าวยังแสดงข้อมูลอัตราส่วนร้อยละการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภทย้อนหลัง 5 ปี เทียบจากปีปัจจุบันที่เลือกอีกด้วย

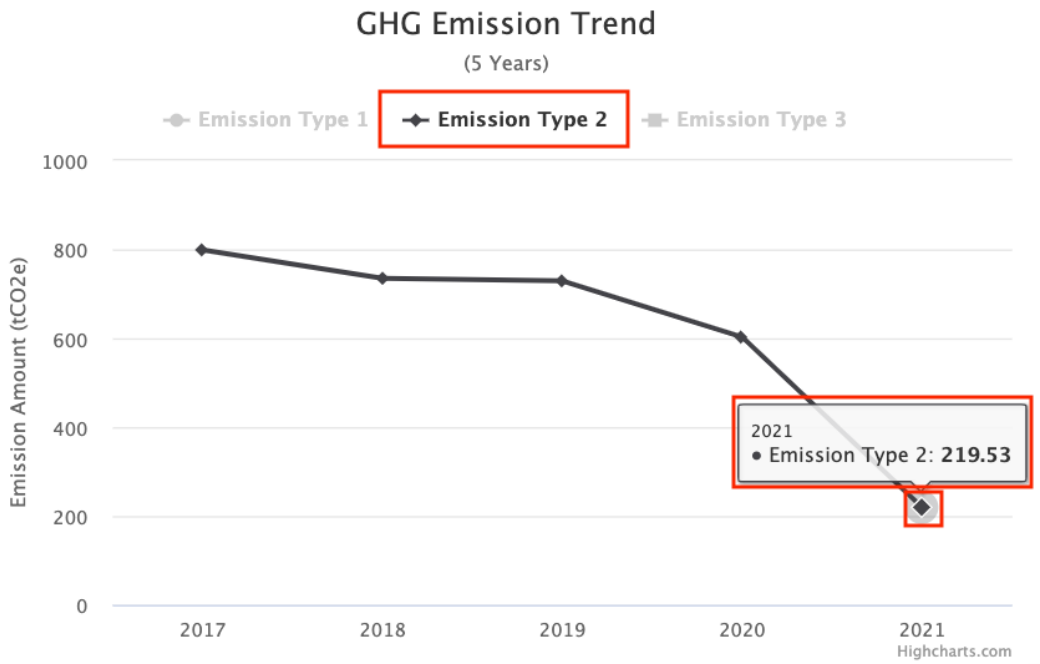
หมายเหตุ : Type1 = กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางตรง
Type2 = กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (ไฟฟ้า)
Type3 = กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (อื่นๆ)

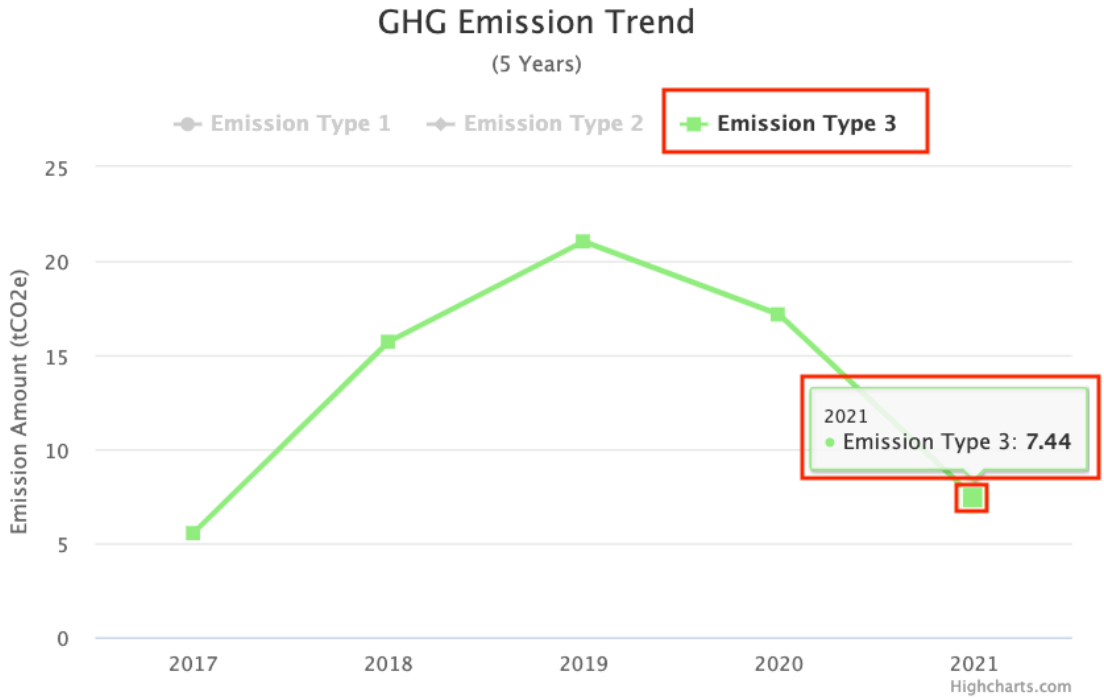
กราฟที่ 2 แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภท ระหว่างปี 2560 – 2564



กราฟที่ 2 แสดงแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี 2560 - 2564 โดยสามารถกดเลือกดูแนวโน้มแต่ละประเภทได้ดังนี้ (ข้อมูล ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2564)

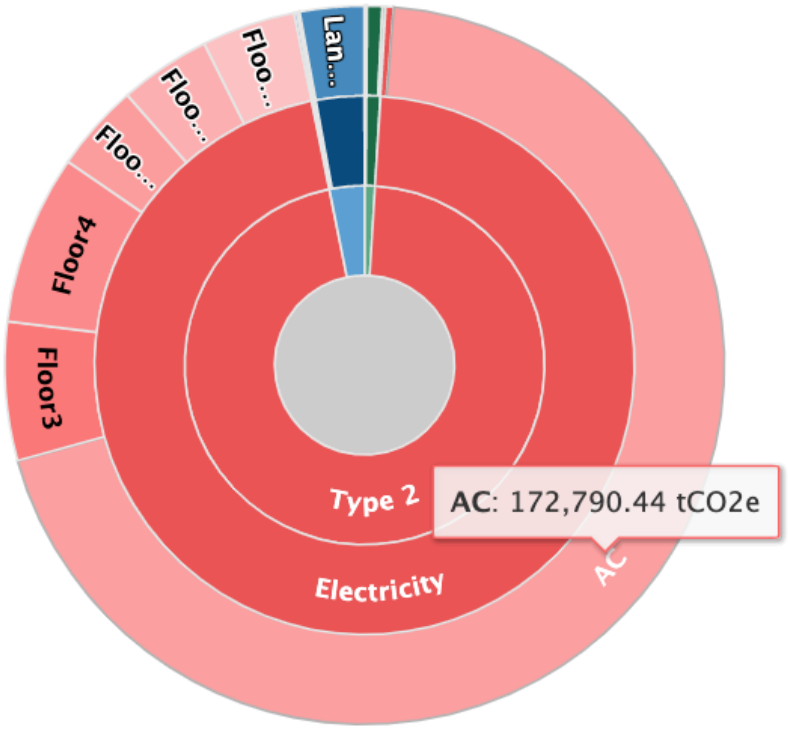






ซึ่งจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงาน มีแนวโน้มลดลงทั้ง 3 ประเภท ซึ่งสอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนที่ 1

กราฟที่ 3 ปริมาณ Carbon Footprint ตามประเภทกิจกรรมในปี 2564



กราฟที่ 3 แสดงให้เห็นรายละเอียดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปี 2564 เมื่อเราทราบอัตราส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกราฟที่ 1 แล้ว เราสามารถดูรายละเอียดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละประเภทได้ว่าเกิดจากกิจกรรมใดบ้าง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า ในปี 2564 มีปริมาณ CF รวมเท่ากับ 229,309.62 tCO_2e เกิดจากการใช้ไฟฟ้ามากเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งสามารถจำแนกกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากเรื่องไฟฟ้าได้ดังนี้

กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 3 อันดับ คือ

1. การใช้ไฟฟ้าห้อง AC (ห้องควบคุมความเย็น) ปริมาณ CF เท่ากับ 238,776.74 tCO_2e
2. การใช้ไฟฟ้าชั้น 4 ปริมาณ CF เท่ากับ 19,010.20 tCO_2e
3. การใช้ไฟฟ้าชั้น 3 ปริมาณ CF เท่ากับ 15,519.40 tCO_2e

คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 1,595,354 บาท (ระหว่างเดือนมกราคม - กรกฎาคม 2564)

ตารางที่ 12 ค่าใช้จ่ายจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด 3 อันดับ

(ระหว่างเดือนมกราคม - กรกฎาคม 2564)

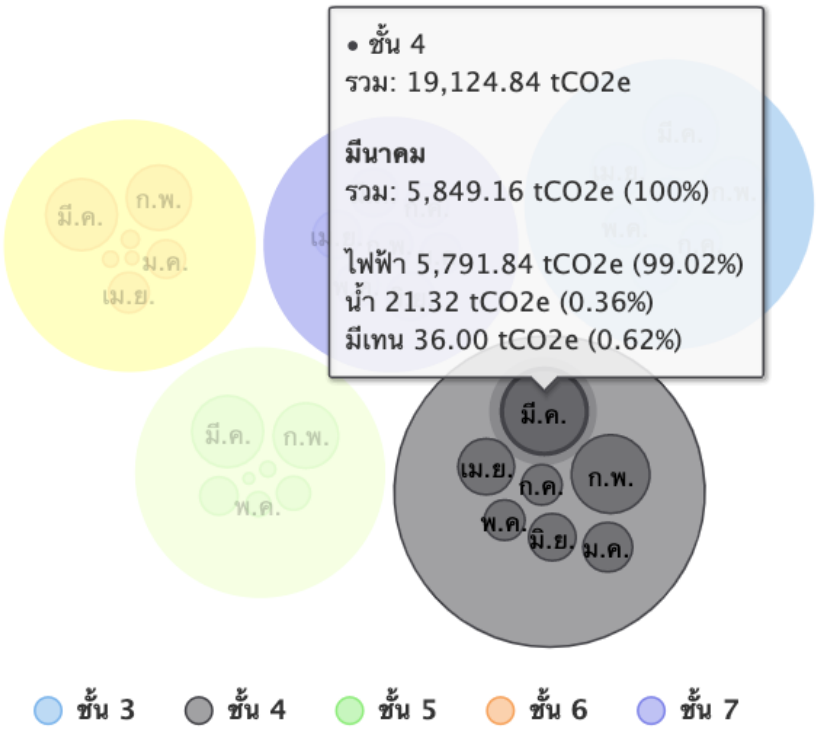
ปี 2564	กรกฎาคม	มิถุนายน	พฤษภาคม	เมษายน	มีนาคม	กุมภาพันธ์	มกราคม	รวม (บาท)
ห้อง AC	115,019	160,796	132,522	175,606	341,981	271,776	131,945	1,329,645
ชั้น 4	9,532	12,994	8,978	18,834	44,569	36,652	14,726	146,285
ชั้น 3	9,213	12,944	9,829	16,464	32,679	26,216	12,079	119,424
รวม (บาท)								1,595,354

ตารางที่ 13 ปริมาณ CF จากกิจกรรมทั้งหมดในปี 2564 (ระหว่างเดือนมกราคม - มิถุนายน 2564)

ขอบเขตการดำเนินงาน	ประเภทกิจกรรม	รายการกิจกรรม	ปริมาณ CF	หน่วย	หมายเหตุ
Type 1	Fuel	Diesel (Generator)	203.61	tCO_2e	
		Diesel (Fire pump)	64.98	tCO_2e	
		Diesel	0.00	tCO_2e	
		Gasohol 91	11.59	tCO_2e	
		Gasohol 95	12.01	tCO_2e	
	Methane	Septic Tank	1,696.51	tCO_2e	
		Wastewater (No O2)	351.75	tCO_2e	บ่อบำบัดไม่เติมอากาศ
	Total		2,340.45	tCO_2e	
Type 2	Electricity	elevator	703.86	tCO_2e	
		Ac	157,843.43	tCO_2e	
		floor3	14,322.13	tCO_2e	
		floor4	17,771.45	tCO_2e	
		floor5	9,667.07	tCO_2e	
		floor6	10,044.99	tCO_2e	
		floor7	9,178.16	tCO_2e	
	Total		219,531.09	tCO_2e	

ขอบเขตการดำเนินงาน	ประเภทกิจกรรม	รายการกิจกรรม	ปริมาณ CF	หน่วย	หมายเหตุ
Type 3	Paper	A4	357.69	tCO_2e	
		A3	0.00	tCO_2e	
	Water	floor3 (ชาย)	10.80	tCO_2e	มิเตอร์ห้องน้ำชาย
		floor3 (หญิง)	37.24	tCO_2e	มิเตอร์ห้องน้ำหญิง
		floor4 (ชาย)	10.80	tCO_2e	
		floor4 (หญิง)	27.29	tCO_2e	
		floor5 (ชาย)	16.49	tCO_2e	
		floor5 (หญิง)	51.46	tCO_2e	
		floor6 (ชาย)	15.35	tCO_2e	
		floor6 (หญิง)	21.32	tCO_2e	
		floor7 (ชาย)	5.12	tCO_2e	
		floor7 (หญิง)	27.29	tCO_2e	
	Waste	Landfill	6,857.22	tCO_2e	ขยะจากการฝังกลบ
	Total		7,438.09	tCO_2e	

กราฟที่ 4 ปริมาณ Carbon Footprint แยกตามพื้นที่ของหน่วยงานในปี 2564



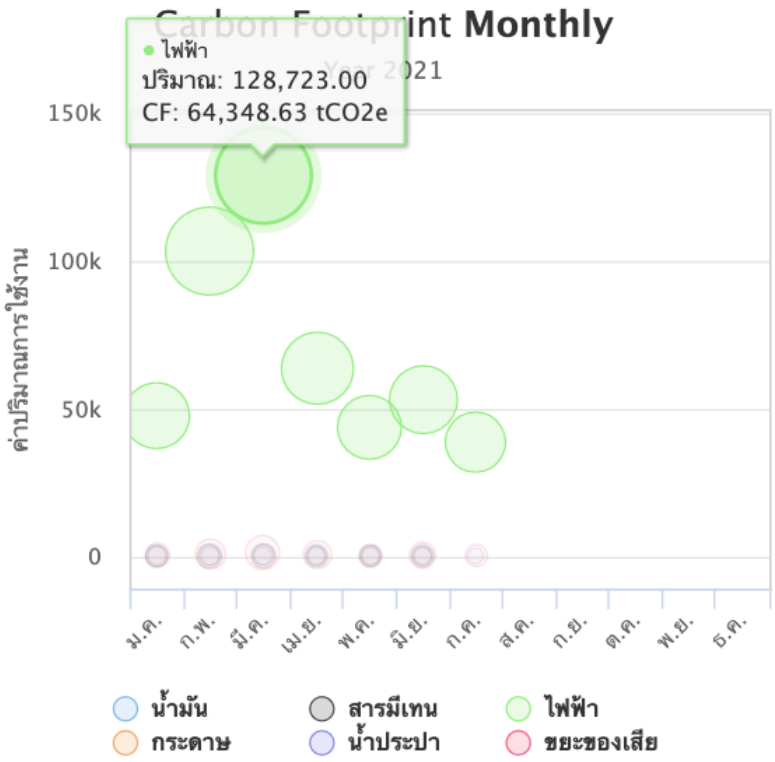
กราฟที่ 4 แสดงให้เห็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามพื้นที่ภายในหน่วยงานในปี 2564 ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณชั้น 4 (สีเทา) มีขนาดวงกลมที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งหมายถึงปริมาณ CF ที่มากที่สุดนั่นเอง จากกราฟสามารถสรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกในแต่ละพื้นที่ได้ดังนี้

พื้นที่ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเรียงจากมากไปน้อย คือ

1. พื้นที่ชั้น 4 (สีเทา) ปริมาณ CF เท่ากับ 19,124.84 tCO_2e
2. พื้นที่ชั้น 3 (สีฟ้า) ปริมาณ CF เท่ากับ 15,669.96 tCO_2e
3. พื้นที่ชั้น 7 (สีม่วง) ปริมาณ CF เท่ากับ 10,605.31 tCO_2e
4. พื้นที่ชั้น 6 (สีส้ม) ปริมาณ CF เท่ากับ 10,336.48 tCO_2e
5. พื้นที่ชั้น 5 (สีเขียว) ปริมาณ CF เท่ากับ 10,027.64 tCO_2e

และจากกราฟยังสามารถดูรายละเอียดได้ด้วยว่าแต่ละชั้นเกิด CF จากกิจกรรมใดบ้างและมีปริมาณเท่าไหร่ในแต่ละเดือน

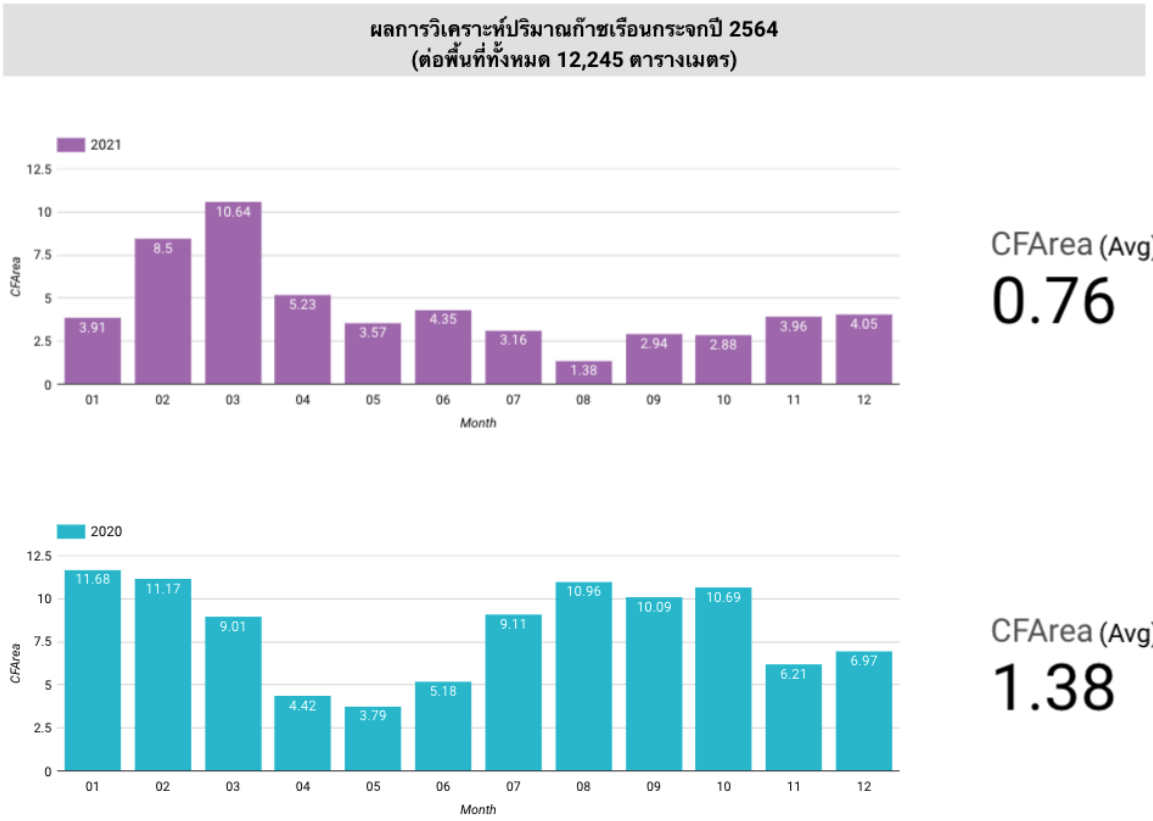
กราฟที่ 5 ปริมาณ Carbon Footprint รายเดือนของปี 2564



กราฟที่ 5 แสดงให้เห็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละเดือนของหน่วยงาน โดยแสดงปริมาณการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในแกน Y และแสดงปริมาณ CF ด้วยขนาดของวงกลมในแกน X ซึ่งจากกราฟจะเห็นว่าปริมาณ CF มากที่สุดในปี 2564 เกิดจากการใช้ไฟฟ้า (สีเขียว) ในเดือนมีนาคม ลำดับสองคือการใช้ไฟฟ้าเดือนกุมภาพันธ์ และลำดับสามคือการใช้ไฟฟ้าเดือนเมษายน

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ออกแบบส่วน export ข้อมูลสำหรับนำชุดข้อมูลที่ได้ในระบบไปวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม https://apps.clib.psu.ac.th/green/gdc/export ดังแสดงในภาพที่ 11 ผู้วิจัยนำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ระหว่างปี 2563 - 2564 มาวิเคราะห์ปริมาณการผลิตก๊าซต่อพื้นที่ทั้งหมดของหน่วยงาน



ภาพที่ 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ของหน่วยงาน

ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตารางเมตรของหน่วยงานในปี 2564 ลดลงจากปี 2563 คิดเป็น 0.62 tCO_2e หรือร้อยละ 44.9 การแปลผลถือว่าอยู่ในระดับที่ดีมากเทียบกับเป้าหมายที่หน่วยงานตั้งไว้คือลดลงร้อยละ 2 จากปีก่อนหน้า

ตารางที่ 14 สรุปผลการใช้ทรัพยากรและเป้าหมายที่หน่วยงานกำหนด

เป้าหมายสำนักงานสีเขียว ปี 2564		
รายการทรัพยากร	**เป้าหมาย**	**สิ่งที่ทำได้**
การใช้ไฟฟ้า	3%	28%
การใช้น้ำมัน	0.5%	22%
การใช้น้ำ	2%	30%
การใช้กระดาษ	2%	21%
ปริมาณขยะ	3%	18%
ปริมาณก๊าซเรือนกระจก	2%	27%

ผลวิจัยพบว่าปริมาณการใช้ทรัพยากรที่สำนักทรัพยากรคุณหญิงหลงฯ ดำเนินการได้สูงกว่าเป้าหมายที่หน่วยงานกำหนดในทุกด้าน ประกอบด้วย

1) การใช้พลังงานไฟฟ้า เป้าหมายลดการใช้งานร้อยละ 3 เทียบกับปีก่อนหน้า หน่วยงานสามารถทำได้ร้อยละ 28
2) การใช้น้ำมัน เป้าหมายลดการใช้งานร้อยละ 0.5 เทียบกับปีก่อนหน้า หน่วยงานสามารถทำได้ร้อยละ 22
3) การใช้น้ำ เป้าหมายลดการใช้งานร้อยละ 2 เทียบกับปีก่อนหน้า หน่วยงานสามารถทำได้ร้อยละ 30
4) การใช้กระดาษ เป้าหมายลดการใช้งานร้อยละ 2 เทียบกับปีก่อนหน้า หน่วยงานสามารถทำได้ร้อยละ 21
5) ปริมาณขยะ เป้าหมายลดการใช้งานร้อยละ 3 เทียบกับปีก่อนหน้า หน่วยงานสามารถทำได้ร้อยละ 18
6) ปริมาณก๊าซเรือนกระจก เป้าหมายลดการใช้งานร้อยละ 2 เทียบกับปีก่อนหน้า หน่วยงานสามารถทำได้ร้อยละ 27

4.1.4 การทดสอบระบบ

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบการทำงานของระบบบนระบบปฏิบัติการและ Test Case ที่กำหนด

Operating System	Test Results							
	Login Function	Log File	Collect Data	Analyze Data	Data Visualization	Operational	Security	Performance
Window	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
MacOS	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
Android	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
iOS	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔

ผู้วิจัยได้ทดสอบการทำงานของระบบตามที่ได้ออกแบบไว้บนระบบปฏิบัติการ Window, MacOS, Android และ iOS ตามฟังก์ชั่นการทำงานประกอบด้วย 1) Login ทดสอบฟังก์ชั่นสำหรับจำกัดสิทธิการเข้าใช้งานระบบในส่วนที่มีการจำกัดสิทธิเฉพาะผู้ได้รับอนุญาตเท่านั้น 2) Log File ทดสอบฟังก์ชั่นสำหรับเก็บประวัติการแก้ไขข้อมูลในระบบทั้งหมด 3) Collect Data ทดสอบฟังก์ชั่นสำหรับการเพิ่ม/ลบ/แก้ไขข้อมูลในระบบ 4) Analyze Data ทดสอบฟังก์ชั่นสำหรับการคำนวณและวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการคำนวณ 5) Data Visualization ทดสอบฟังก์ชั่นสำหรับการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟและ Dashboard 6) Operational ทดสอบคุณสมบัติด้านการเข้าถึง การแสดงผลบนอุปกรณ์ขนาดต่าง ๆ และการใช้งานผ่าน Browser ต่าง ๆ 7) Security ทดสอบคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของการเข้าถึงและแก้ไขข้อมูลใน 8) Performance ทดสอบประสิทธิภาพความเร็วในการทำงานของส่วนแสดงผล ซึ่งผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่คาดหวังบนระบบปฏิบัติการที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด

4.1.5 การประเมินประสิทธิภาพในการใช้งาน

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบฟอร์มประเมินประสิทธิภาพการใช้งานผ่าน Google Form โดยกลุ่มเป้าหมายประกอบด้วย คณะกรรมการผู้ตรวจประเมินสำนักงานสีเขียว จำนวน 4 คน และผู้บริหารสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ จำนวน 4 คน ผลการประเมินจากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 7 คน พบว่า

ตารางที่ 16 ผลประเมินการใช้งานและประสิทธิภาพของระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	การแปลผล
1.ความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล	5	มากที่สุด
2.การสื่อความหมายของ Dashboard และกราฟชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.6	มากที่สุด
3.ความเหมาะสมของรูปแบบการนำเสนอข้อมูล	4.7	มากที่สุด
4.ข้อมูลสามารถตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวได้	4.9	มากที่สุด
5.การใช้ประโยชน์จากข้อมูล	4.9	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.8	มากที่สุด

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบในด้าน 1) ความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล อยู่ในระดับ 5 ซึ่งแปลผลได้อยู่ในระดับมากที่สุด 2) การสื่อความหมายของ Dashboard และกราฟชัดเจนและเข้าใจง่าย อยู่ในระดับ 4.6 ซึ่งแปลผลได้อยู่ในระดับมากที่สุด 3) ความเหมาะสมของรูปแบบการนำเสนอข้อมูล อยู่ในระดับ 4.7 ซึ่งแปลผลได้อยู่ในระดับมากที่สุด 4) ข้อมูลสามารถตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวได้ อยู่ในระดับ 4.9 ซึ่งแปลผลได้อยู่ในระดับมากที่สุด 5) การใช้ประโยชน์จากข้อมูล อยู่ในระดับ 4.9 ซึ่งแปลผลได้อยู่ในระดับมากที่สุด โดยภาพรวมประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ในการตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวและเพิ่มความสะดวกและความเข้าใจง่ายในการเข้าถึงข้อมูล อยู่ในระดับ 4.8 ซึ่งแปลผลได้อยู่ในระดับมากที่สุด

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบจัดการข้อมูลในรูปแบบเว็บแอพพลิเคชั่น เพื่อการนำเสนอข้อมูลก๊าซเรือนกระจกของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ตามเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียว ปี 2564 โดยได้นำเสนอกระบวนการในการพัฒนาระบบตั้งแต่การรวมรวมและวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบและพัฒนาระบบ การทดสอบการใช้งาน ตลอดจนการนำข้อมูลจากระบบไปวิเคราะห์เพื่อขยายผลให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อหน่วยงาน ซึ่งสามารถสรุปการออกแบบระบบได้เป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนนำเข้าข้อมูล และ 2) ส่วนแสดงผลข้อมูล ที่ต้องทำงานร่วมกันเพื่อแสดงให้เห็นแนวโน้มและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานในปีที่เลือกเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้า เพื่อตอบเป้าหมายการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่หน่วยงานกำหนดในแต่ละปี ซึ่งใช้ในการตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวของหน่วยงาน

ผลการวิจัยพบว่าแนวทางการออกแบบระบบดังกล่าว สามารถนำเสนอข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานได้อย่างครบถ้วนตามที่เกณฑ์การประเมินกำหนด และสามารถแสดงผลบนกรณีทดสอบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ ส่งผลให้ผลการประเมินประสิทธิภาพจากคณะกรรมการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวและผู้บริหารของหน่วยงานอยู่ในระดับมากที่สุดในทุกด้าน ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในภาพรวมของระบบอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 4.8 หรือมีประสิทธิภาพมากที่สุดนั่นเอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานระบบจากคณะกรรมการตรวจประเมินสำนักงานสีเขียวและผู้บริหารสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ ได้รับข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ ดังนี้

1. จากกราฟเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ทรัพยากร หากสามารถเลือกดูกราฟแต่ละข้อมูลได้จะทำให้ง่ายในการดูข้อมูล เช่น สามารถเลือกดู การใช้ทรัพยากรต่อบุคลากร หรือ ดูเฉพาะกราฟเปรียบเทียบ เป็นต้น
2. การนำข้อมูลจาก GDC มาใช้ในการวิเคราะห์ผลมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้สำนักฯ สามารถกำหนดทิศทางและมาตรการต่าง ๆ เพื่อให้บุคลากรได้ตระหนักเห็นถึงความสำคัญของการลดการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี และอยากให้มีการทำไปอย่างต่อเนื่อง
3. พัฒนาต่อยอดที่สามารถเก็บข้อมูลให้ตอบโจทย์การประเมินห้องสมุดสีเขียว และอยากให้เพิ่มการประมวลผลที่หลากหลาย เช่น การใช้ทรัพยากร/ก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่แต่ละชั้น/บุคลากร/ผู้ใช้บริการ
4. เข้าถึงง่ายดีมาก

และจากการใช้งานจริงในปี 2564 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่าปัญหาหลักในการใช้งานระบบ คือ การนำเข้าข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่องของเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบข้อมูลชุดต่าง ๆ เช่น ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ข้อมูลการใช้น้ำ ซึ่งต้องมีการประสานงานขอข้อมูลระหว่างกองกายภาพและห้องสมุด ส่งผลให้การแสดงผลข้อมูลในระบบไม่เป็นปัจจุบัน ผู้วิจัยมีความเห็นว่าหากจะพัฒนาระบบดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรพัฒนาส่วนนำเข้าข้อมูลให้สามารถดึงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต้นทางได้อัตโนมัติโดยไม่ต้องอาศัยเจ้าหน้าที่เป็นผู้รับผิดชอบหลัก เจ้าหน้าที่เพียงทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์ขยายผลต่อไป นอกจากนี้เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับระบบ ควรพัฒนาตัวเลือกปีในส่วนแสดงผลให้สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ปี เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของข้อมูลในแต่ละปีได้อย่างอิสระมากยิ่งขึ้น ซึ่งเบื้องต้นผู้วิจัยได้ออกแบบระบบให้สามารถ export ข้อมูลในแต่ละปีได้เพื่อเป็นช่องทางให้นำข้อมูลไปวิเคราะห์ขยายผลตามเงื่อนไขอื่น ๆ ที่ระบบไม่รองรับต่อไป

แนวทางการพัฒนาส่วนนำเข้าข้อมูล ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1) **ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ, ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า** และ **ข้อมูลการใช้น้ำมันอาคาร LRC** เสนอแนะให้จัดทำฐานข้อมูลกลางของตึก LRC เพื่อผู้ดูแลอาคารที่สังกัดกองกายภาพ สามารถบันทึกข้อมูลจากการอ่านค่ามิเตอร์ค่าน้ำและค่าไฟลงในระบบ จากนั้นสามารถเชื่อมต่อ API กับระบบ GDC เพื่อดึงข้อมูลมาจัดเก็บและแสดงผลในระบบ โดยไม่ต้องผ่านเจ้าหน้าที่คนกลาง ซึ่งในปัจจุบันเจ้าหน้าที่กองกายภาพจดบันทึกค่าต่าง ๆ และจัดทำเป็นไฟล์ Excel ส่งให้เจ้าหน้าที่ของห้องสมุดเพื่อนำเข้าระบบในแต่ละเดือน
2) **ข้อมูลปริมาณการใช้กระดาษ** เสนอแนะให้พัฒนาโปรแกรม เพื่อจับคำสั่งการสั่งพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ทั้ง 2 เครื่องของสำนักงาน โดยเก็บรายละเอียดให้ครบทั้งจำนวนหน้าที่พิมพ์ จำนวนแผ่นที่ใช้การพิมพ์เป็นแบบหน้าเดียว หรือหน้าหลัง เป็นการพิมพ์สีหรือขาวดำ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการเก็บข้อมูลการใช้กระดาษให้ตรงตามความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น
3) **ข้อมูลปริมาณขยะและของเสีย** เสนอแนะให้พัฒนา IOT สำหรับชั่งน้ำหนักขยะและส่งข้อมูลเข้าระบบโดยตรง เพื่อลดขั้นตอนการกรอกข้อมูลของเจ้าหน้าที่และแม่บ้าน เนื่องจากในปัจจุบันแม่บ้านจะเก็บรวบรวมปริมาณขยะและจดบันทึก แล้วส่งต่อให้เจ้าหน้าที่นำเข้าระบบ GDC ในทุกเดือน
4) **ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันรถจักรยานยนต์** เสนอแนะให้พัฒนา API เชื่อมต่อกับระบบเบิกจ่ายของหน่วยงาน เพื่อบันทึกปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน โดยลดกระบวนการในปัจจุบันคือ เจ้าหน้าที่ผู้ใช้รถจักรยานยนต์ถ่ายใบเสร็จค่าน้ำมันส่งให้เจ้าหน้าที่ผู้นำเข้าข้อมูลกรอกในระบบ GDC
5) **ข้อมูลปริมาณก๊าซมีเทน (Septic Tank)** เสนอแนะให้พัฒนา API เชื่อมต่อกับระบบประตู เพื่อดึงข้อมูลจำนวนคนเข้าใช้บริการและจำนวนวันทำการตามความเป็นจริงและเป็นปัจจุบันที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนในระบบ GDC มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

[1] *แผนยุทธศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ.2561 - 2565,* มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่, สงขลา, 2561 [Online]. Available: http://planning.pn.psu.ac.th/plan_doc/procedure/docs_procedure/200_1557216055.pdf (accessed Feb. 25, 2021.)

[2] ส. อรุณศรีมรกต, ก. ภักดีกุล, ธ. บุญเรือง, and เ. พงษ์สายันต์, *มาตรฐานสำนักงานสีเขียว (Green Office Standard) 2562*. [Online]. Available: https://drive.google.com/file/d/1ja_gwj95WPBoX3kBi-Nn0C_fAXDT3OVp/view?usp=sharing (accessed Feb. 23, 2021)

[3] The Nature Conservancy. "What is a carbon footprint? | Carbon Footprint Calculator." [Online]. Available: https://www.nature.org/en-us/get-involved/how-to-help/carbon-footprint-calculator/ (accessed Feb. 23, 2021).

[4] Global Footprint Network. "Climate Change & the Carbon Footprint - Global Footprint Network." [Online]. Available: https://www.footprintnetwork.org/our-work/climate-change/ (accessed Feb. 25, 2021).

[5] ก. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และ ม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์, "โครงการสำนักงานสีเขียว", p. 207, 2563.

[6] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. "GREEN OFFICE - เกี่ยวกับโครงการสำนักงานสีเขียว Green Office" [Online]. Available: https://datacenter.deqp.go.th/service-portal/g-green/greenoffice/derivation/ (accessed Feb. 23, 2021).

[7] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. "เกณฑ์การประเมินส านักงานสีเขียว (Green Office)" [Online]. Available: https://datacenter.deqp.go.th/media/882440/greenofficemanualandcriteria11-05-2021.pdf (accessed Feb. 23, 2021).

[8] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. "ระดับผลการประเมินสำนักงานสีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม" [Online]. Available: https://datacenter.deqp.go.th/media/882217/greenoffice2562-front-01.jpg (accessed Feb. 23, 2021).

[9] B. Rogojan. (2021, February 15) "PostgreSQL vs. MySQL: Differences in Performance, Syntax, and Features." [Online]. Available: https://blog.panoply.io/postgresql-vs.-mysql (accessed Feb. 26, 2021).

[10] เ. ปิติพล, "การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อรองรับการตรวจประเมินคุณภาพภายใน สถานศึกษาระดับอาชีวศึกษา," *Veridian E-J. Sci. Technol. Silpakorn Univ.*, vol. 1, no. 6, Art. no. 6, Dec. 2014.

[11] ส. เมกจอน, "ระบบจัดการข้อมูลวิชาการ มหาวิทยาลัยจำปาสัก," *UMT-POLY J.*, vol. 16, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2019.

[12] พ. จันทวี, ส. ขุนเพชร์ร, and ธ. เจิมขวัญ, "การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนงานตรวจสอบภายใน: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา," 2558, [Online]. Available: http://ird.skru.ac.th/RMS/file/AAUSG.pdf

[13] ส. โชติวีระวุฒิกุล, ญ. อินทร, and เ. วชิรหัตถพงศ์, “ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการข้อมูลการประเมินผลงานวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 9 (PULINET 2019) | An Information System for Information Management Of Academic Work Assessment The 9th PULINET National Conference (PULINET 2019),” *PULINET J.*, vol. 6, no. 2, Art. no. 2, May 2019, [Online]. Available: https://pulinet.oas.psu.ac.th/index.php/journal/article/view/367 (accessed Mar. 22, 2021).

[14] R. Florida. (2019, February 14) “Data Visualization Tool Shows Carbon Footprint of Everyday Products,” *State of the Planet*, Feb. 14, 2019. [Online]. https://blogs.ei.columbia.edu/2019/02/14/carbon-catalogue-products/ (accessed Feb. 25, 2021).

[15] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก). (2021, March) “Emission Factor64.pdf.” [Online]. Available: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_b934985782.pdf (accessed Apr. 13, 2022).

ภาคผนวก

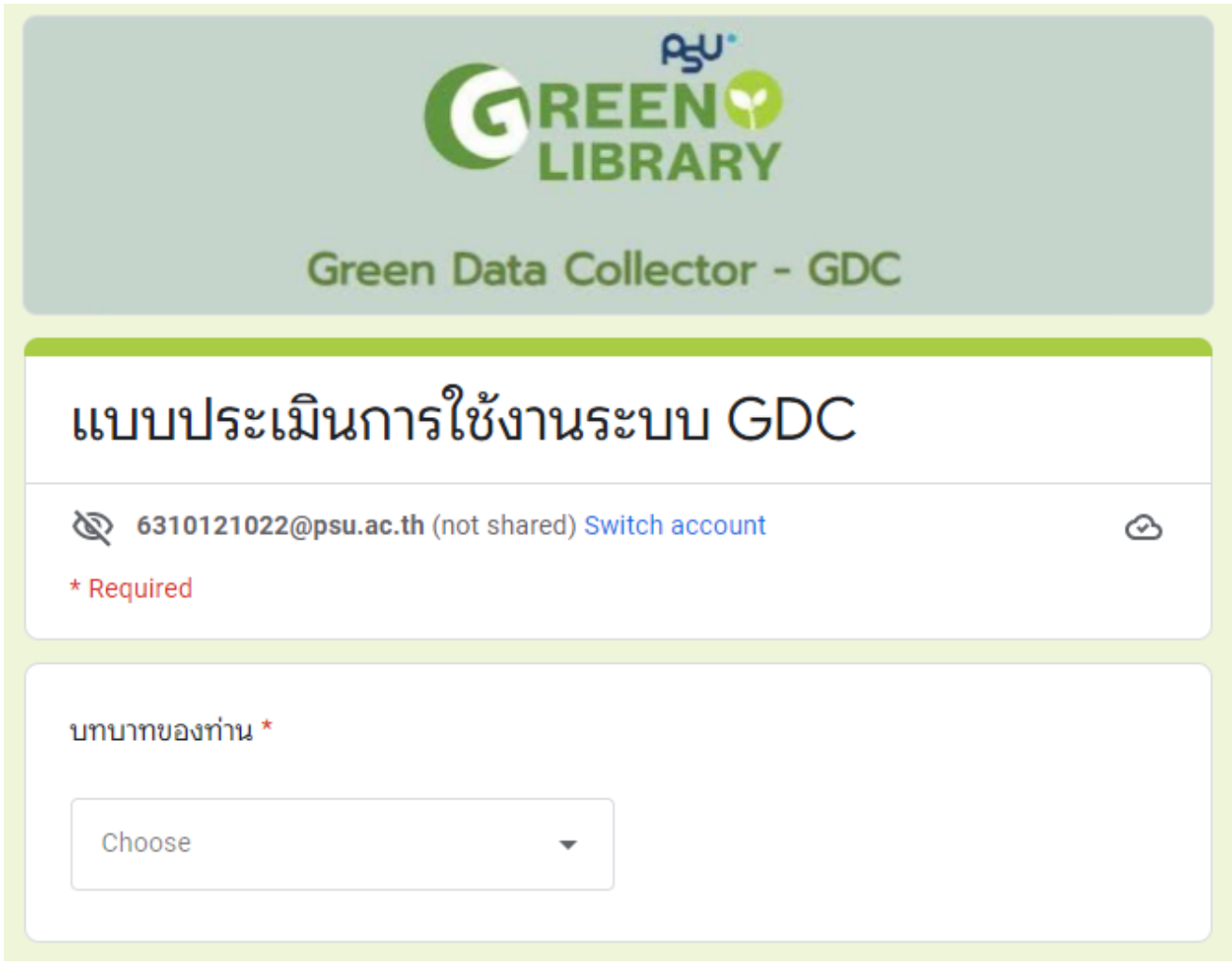
ภาพผนวก ก

สูตรคำนวณก๊าซเรือนกระจก
จากกิจกรรมของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ

ขอบเขตการดำเนินงาน	รายการ	สูตรคำนวณ Carbon Footprint (CF)	หน่วย
ประเภท 1	**การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ (Stationary Combustion)**		
	Diesel (Generator)	ลิตร x 2.7076	kg CO_2e
	Diesel (Fire pump)	ลิตร x 2.7076	kg CO_2e
	การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ (Mobile Combustion)		
	น้ำมัน Diesel	ลิตร x 2.7403	kg CO_2e
	น้ำมัน Gasohol 91, E20, E85	ลิตร x 2.2373	kg CO_2e
	น้ำมัน Gasohol 95	ลิตร x 2.2373	kg CO_2e
	การปล่อยสารมีเทนจากระบบ septic tank	kgCH_4 x 25.0000	kg CO_2e
	การปล่อยสารมีเทนจากบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่เติมอากาศ	kgCH_4 x 25.0000	kg CO_2e
ประเภท 2	**การใช้พลังงานไฟฟ้า**	kWh x 0.4999	kg CO_2e
ประเภท 3	**การใช้กระดาษ A4 และ A3 (สีขาว)**	kg x 2.0859	kg CO_2e
	น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3 x 0.2843	kg CO_2e
	ขยะของเสีย (ฝังกลบ)	kg x 2.3200	kg CO_2e

ภาพผนวก ข

แบบประเมินการใช้งานระบบ


GREEN LIBRARY
Green Data Collector - GDC
แบบประเมินการใช้งานระบบ GDC
6310121022@psu.ac.th (not shared) Switch account
* Required
บทบาทของท่าน *
Choose

ระดับความพึงพอใจ *

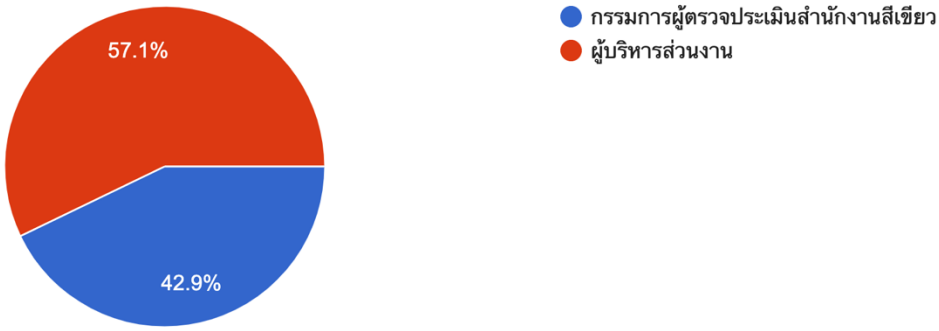
	1	2	3	4	5
ความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล	○	○	○	○	○
การสื่อความหมายของแดชบอร์ดและกราฟชัดเจนและเข้าใจง่าย	○	○	○	○	○
ความเหมาะสมของรูปแบบการนำเสนอข้อมูล	○	○	○	○	○
ข้อมูลสามารถตอบเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียวได้	○	○	○	○	○
การใช้ประโยชน์จากข้อมูล	○	○	○	○	○

ข้อเสนอแนะ / สิ่งที่ต้องปรับปรุง

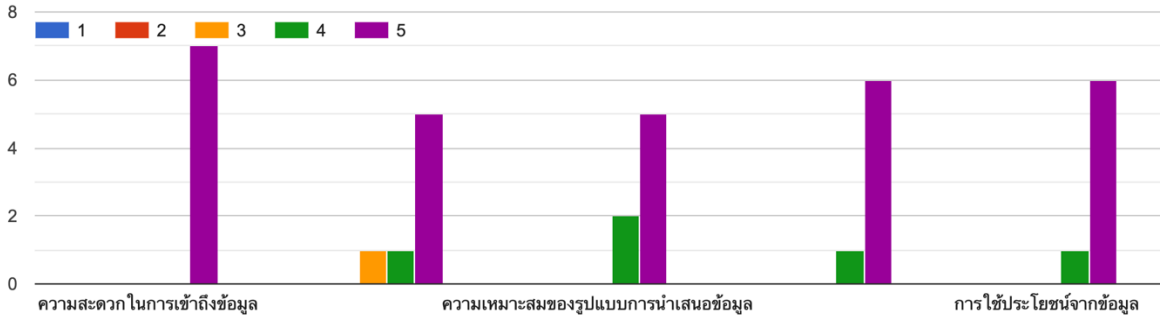
Your answer

บทบาทของท่าน

7 responses



ระดับความพึงพอใจ



ข้อเสนอแนะ / สิ่งที่ต้องปรับปรุง

4 responses

จากกราฟเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ทรัพยากร หากสามารถเลือกดูกราฟแต่ละข้อมูลได้จะทำให้ง่ายในการดูข้อมูล เช่น สามารถเลือกดู การใช้ทรัพยากรต่อบุคลากร หรือ ดูเฉพาะกราฟเปรียบเทียบ เป็นต้น

การนำข้อมูลจาก GDC มาใช้ในการวิเคราะห์ผลมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้สำนักฯ สามารถกำหนดทิศทางและมาตรการต่าง ๆ เพื่อให้บุคลากรได้ตระหนักเห็นถึงความสำคัญของการลดการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี และอยากให้มีการทำไปอย่างต่อเนื่อง

พัฒนาต่อยอดที่สามารถเก็บข้อมูลให้ตอบโจทย์การประเมินห้องสมุดสีเขียว และอยากให้เพิ่มการประมวณผลที่หลากหลาย เช่น การใช้ทรัพยากร/ก๊าซเรือนกระจก ต่อพื้นที่แต่ละชั้น / บุคลากร/ผู้ใช้บริการ

เข้าถึงง่ายดีมาก

ภาพผนวก ค

การตีพิมพ์และการเผยแพร่ผลงาน

The 2nd SEA-STEM International Conference 2021

24-25 November 2021

The 2nd SEA-STEM International Conference

VIRTUAL

24-25 November 2021

Conference organizer and host institution
His Royal Highness Prince Khalifa Bin Salman Al Khalifa PSU STEM Center,
Prince of Songkla University, Thailand

Copyright 2022

By The 2nd SEA-STEM International Conference 2021

Copyright and Reprint Permission: Abstracting is permitted with credit to the source. Libraries are permitted to photocopy beyond the limit of U.S. copyright law for private use of patrons those articles in this volume that carry a code at the bottom of the first page, provided the percopy fee indicated in the code is paid through Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923. For reprint or republication permission, email to IEEE Copyrights Manager at pubs-permissions@ieee.org. All rights reserved. Copyright ©2021 by IEEE.

Conference Record Number : 53614
IEEE Catalog Number : CFP21AX4-ART
ISBN : 978-1-6654-1680-1

The 2nd SEA-STEM International Conference

November 24-25, 2021
Prince of Songkla University, Thailand

Notification of Acceptance

Dear Kraisri Krairiksh and Chidchanok Choksuchat ,

We are pleased to inform you that the review processes for **The 2nd SEA-STEM International Conference** has been completed. The conference received submissions from several countries and regions, which were reviewed by international experts. Based on the recommendations of the reviewers and the Technical Program Committee, we are pleased to inform you that your paper identified below has been accepted for the oral presentation. You are cordially invited to present the paper orally at The 2nd SEA-STEM International Conference to be held during November 24-25, 2021 (Virtual conference).

Paper ID: 1570765148
Paper Title: Awareness of Green Academic Library by Dashboard Towards Sustainable University

Accepted papers will be published in the Proceedings of the 2nd SEA-STEM International Conference (SEA-STEM) and will be submitted for inclusion in the IEEE Xplore (Conference Record #53614) and indexed by Scopus.

Wandee Suttharangsee
GENERAL CHAIR
The 2nd SEA-STEM Organizing Committees
https://stem.psu.ac.th/

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Awareness of Green Academic Library by KYL Dashboard towards Sustainable Digital University

Kraisri Krairiksh
Management Information Technology,
Faculty of Engineering
Prince of Songkla University
Songkhla, Thailand
kraisri.k@psu.ac.th

Chidchanok Choksuchat
Information and Communication Technology,
Division of Computational Science, Faculty of Science
Prince of Songkla University
Songkhla, Thailand
chidchanok.ch@psu.ac.th

***Abstract*—In recent years, climate change has become one of the most important problems in the world and the effects of it have become more severe every day [1]. Everyone on this planet concerns about this problem. Including, here, Prince of Songkla University (PSU) as the biggest university in Southern Thailand plays the most important role to encourage and instigate the awareness of Southern people about these problems and environmentally friendly behavior. Therefore, Khunying Long Athakravisunthorn Learning Resources Center (KYL) has started a Green Library Project and aims to be a role model organization towards a Green Office Criteria in 2021 for the university and the society around it. Thus, the carbon footprint dashboard and information system have been developed and implemented to visualize data of KYL which will help the organization achieved green office criteria goals and encourage awareness for the people towards sustainable university together with the societies around it in Southern Thailand. Analysis of the results KYL has decreased carbon footprint by 27.57% compared to the previous year and the emission trend from 2017 to 2021 seems to get lower each year. Four resources usage: electricity, water, paper, and waste has more than 20% reduction, except the fuel which can track rapidly through the dashboard. All resource list includes 6 targets achieved the goal 2021 that water gets the top by 30% and carbon footprint amount overcome as 27%. Hence, this will be a tool for highly encouraging awareness to a digital university for sustainability.**

Keywords— Sustainable Library, Green Academic Library, Dashboard, Carbon Footprint, Green Office, Data Visualization

I. Introduction

Khunying Long Athakravisunthorn Learning Resources Center (KYL) is the central library of Prince of Songkla University. The library has been providing learning resources for the University's staff, students, and outsiders. KYL started to promote an environment collection for Green Library Project and has organized an awareness-raising activities since 2018. However, the number of natural resources usage has never been shown or display anywhere. That is why people do not understand the situation of their organization leads to ignorance and lack of concern for the environment. This study aims to develop responsive web application for data collecting and information visualization through *Carbon Footprint Dashboard and Environment Usage Graphs* which expected to be a tool for encouraging awareness of people in and around the university.

The paper consists of 5 parts: Related Work, Methodology, Result, Analysis and Conclusion, respectively.

II. Related Work

A. Green Library for Sustainable Organization

Recently, Biswas has introduced Green Information Communication Technology (GICT) and the role to transform into a green academic library [1], which enhanced the necessity of developing a data management system in order to be a green library and be certified as a green office organization. While Payel Saha said that "Libraries are an asset to the future of the society." They have the opportunity to educate people and must be a role model to the community in terms of environmental preservation and sustainability [2] which makes it more significant that the library should be more environmentally conscious.

B. Data Visualization

There are many kinds of data visualization that have been introduced recently. Robert Florida has introduced Carbon Footprint Catalog Tool to visualize the amount of carbon footprint from products in every part of their life cycle [3]. Julia Hong has introduced 5 ways to visualize carbon emission: Stream graph, Treemap, Animated bar chart, interactive map, and simple bar chart [4]. The comparison of data visualization from academic libraries in Thailand which have been certified by Green Office Criteria are as follows:

TABLE I. Comparison of Academic Libraries in Thailand

Academic Library	File Type	Display	Availability
MU Library[5]	MS Excel	Static	Offline
MSU Library[6]	MS Excel	Static	Offline
CMU Library[7]	Website	Mix	Online
MFU Library[8]	MS Excel	Static	Offline
PSU KYL Library	IS/Website	Dynamic	Online

Being a dynamic display means an interactive graph that can attract users' attention and can see information in many dimensions, while online accessibility makes PSU KYL Data System more flexible for monitoring real-time information on carbon footprint and resources consumption. Information system (IS) helps staff to manage Green Library completely.

III. Methodology

In this study, we use the SDLC model for system development and the project is divided into 2 parts: data collection and data visualization. Using the agile method is the most appropriate way due to the limited time for development and software implementation.

A. PSU Library's Information Gathering

From analyzing the green office criteria 2021, we have found that environmental data that the library must collect consists of 6 categories: Electricity, Fuel, Water, Paper, Waste, and Carbon Footprint. The system must be able to integrate all the usage data monthly each year. Once we have come to carbon footprint calculation, we need to aggregate the data consist of 1) the use of fuel from stationary combustion and mobility combustion. 2) the amount of methane from the septic tank and aerated wastewater treatment pond. 3) the use of electricity from meters on floors 3-7. 4) the use of water from meter from men and women toilet floor 3-7. 5) the use of paper from the printing area on floor 3 and 7. 6) the amount of landfill waste. The traditional ways of collecting these data

2021 2nd SEA-STEM International Conference (SEA-STEM) | 978-1-6654-1680-1/21/$31.00 ©2021 IEEE | DOI: 10.1109/SEA-STEM53614.2021.9668054

978-1-6654-1680-1/21/$31.00 ©2021 IEEE

Authorized licensed use limited to: Prince of Songkla University provided by UniNet. Downloaded on March 01,2022 at 07:56:08 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

are Excel files, Google Sheets, and PDF format which leads to data inconsistency and redundancy. It also takes a lot of time and effort in the gathering and preparation process.

B. Requirement Analysis

From the information above, we have analyzed the system requirement which consists of 2 parts as follows:

1) Functional Requirement identifies how the system can operate. There are 4 main functions, in this case study, that the system needs to be accomplished.

a) Collecting Data: The system can be collected the environmental data via input forms separated into 6 categories, be able to check for NULL value before submitting, filter inconsistency by validating input value formats, reduce redundancy by filtering only options that have not been add in the system before, be able to edit after submit and keep Log files of every event in the system.

b) Calculating Data: This function must be able to perform an accurate result by calculating the relevant data includes carbon footprint calculation and environmental resources usage calculation of 6 categories: fuel, methane, electricity, water, paper and waste.

c) Displaying Data: Requirement requires the system to display results in 2 features, one is a greenhouse gas emission in terms of carbon footprint equivalent dashboard and another one is a graph format page for resources usage includes water, electricity, fuel, paper, and waste.

d) Exporting Data: In this section, the program must provide an exporting feature that anyone can export from the system for further use or analysis. For example, the library can export the amount of carbon footprint in 2021 to analyze the average amount of emission per square meter area or per staff which can answer the criteria of Green Office (Category 1.5) much easier.

2) Nonfunctional Requirement specifies the character of the system which can be divided into 3 parts.

a) Operational: The system must be used on both PC and mobile devices. It can be accessed at all times with any browser. Dashboard and reports are public access for anyone on the internet.

b) Security: The system requires authentication for people who need to access the data collection section. People without permission cannot access the data section of the program in any case.

c) Performance: The system must render graphs and dashboard within 250 milliseconds.

C. System Architecture and UI Design

We have designed the system architecture and UI as shown in Fig 1. For the data collection section, we have designed 6 input forms that can be accessed with authentication and can be used for adding and editing data records in the system, while the data visualization section will be provided as public access.

D. Machine Specification

a) Hardware: VM Server from Office of Digital Innovation and Intelligent System (DIIS), CPU 4 Cores, RAM 4 GB, HDD 300 GB which is shared to other systems.

b) Software: Full Stack Framwork

Front End includes Bootstap + NuxtJS for Responsive Website. **Back End** is developed by Nodejs for the compatible with interactive graphs. **Database** is stored by PostgreSQL for relational database with big data and complexity. **Data visualization** usage is Highcharts for variety of interactive graphs.

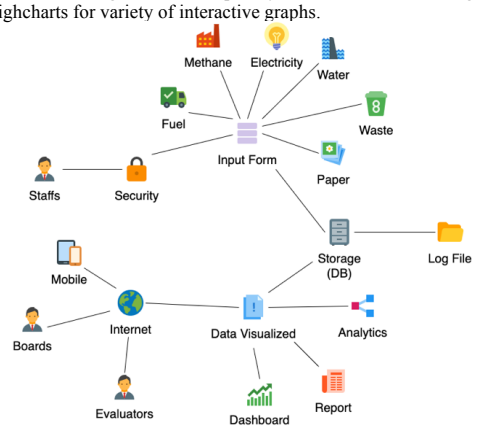


Fig. 1. System Architecture Design

IV. Results

From the implementation phase, we have analyzed and designed all the requirements and system functions and put everything together by developing a responsive web application that can store and calculate environmental data and display them into information forms as follows:

A. Carbon Footprint Dashboard

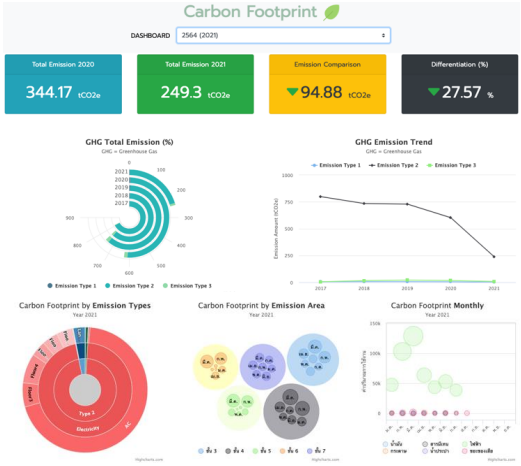


Fig. 2. Carbon Footprint Dashboard

First section of the dashboard is where we compare the carbon footprint amount of the selected year with the previous year. The system will show the result whether the numbers are increasing (red up arrow) or decrease (green down arrow) and it also calculates the different percentages of the comparison as shown in Fig 3.

Fig. 3. Comparison Section of the Dashboard

The next section is an information part which consists of 5 graphs as follows:

Authorized licensed use limited to: Prince of Songkla University provided by UniNet. Downloaded on March 01,2022 at 07:56:08 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

Graph 1 shows the greenhouse gas emission ratio of all 3 types and compares information in the past selected 5 years.

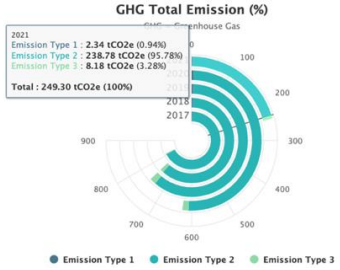


Fig. 4. Greenhouse Gas Emission Ratio Yearly

Graph 2 shows greenhouse gas emission trends of each type as Fig5; the blue line represents an emission trend from type1 (direct emission), the blackline represents an emission trend from type2 (indirect emission from power generation source) and green line represents an emission trend from type3 (indirect emission for other sources).

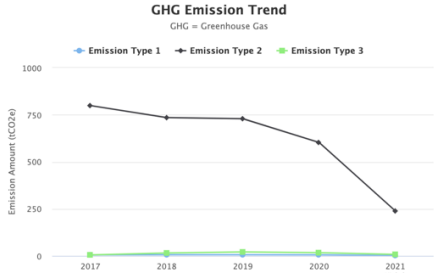


Fig. 5. Greenhouse Gas Emission Trend Yearly

Graph 3 shows the carbon footprint amount from activities in each emission type. Users can drill down to display the details of the lower 3 levels of each type as shown in Fig 6.

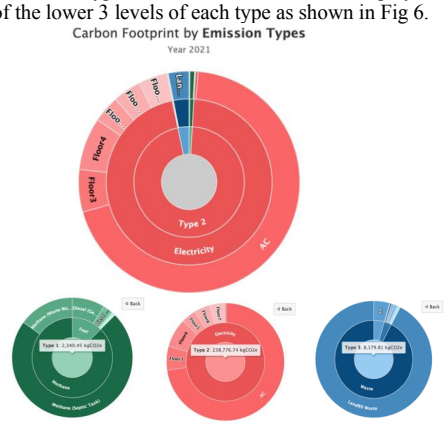


Fig. 6. Carbon Footprint Amount by Type and Acitivities

Graph 4 shows the carbon footprint amount of each area start from floor 3 – 7 of library and can display carbon footprint sources of each area monthly as shown in Fig 7.

Graph 5 shows carbon footprint amount per month which can display quantity from highest to lowest as Fig 8.

B. Reports for Environmental Resources' Consumption

The system will render 5 reports presenting the amount of resources usage in water, electricity, fuel, paper, and landfill waste. It also compares the total usage of the selected year with the previous year as shown in Fig 9.

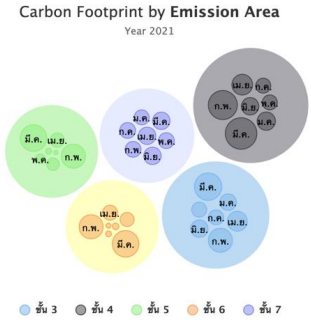


Fig. 7. Carbon Footprint Amount by Emission Area

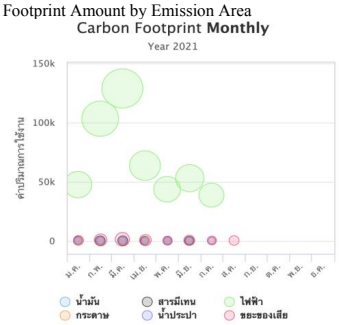


Fig. 8. Carbon Footprint Amount Monthly

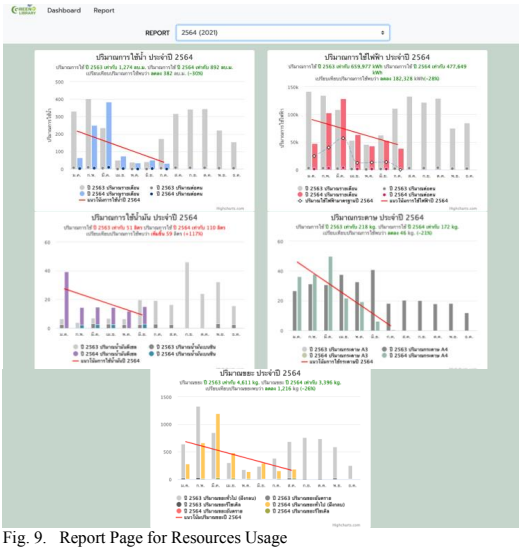


Fig. 9. Report Page for Resources Usage

V. Analysis the Results

A. Carbon Footprint Information

The study shows that, in 2021, KYL has decreased carbon footprint amount in total 94.88 tCO_2e which is a 27.57% reduction compared to the previous year and the emission trend from 2017 to 2021 seems to get lower each year. The amount and ratio of greenhouse gas *emission amount* of each type are Type1: 2.34 tCO_2e (0.94%), Type2: 238.78 tCO_2e (95.78%), and Type3: 8.18 tCO_2e (3.28%). Hence, the total Emission amount is 249.30 tCO_2e (100%).

Authorized licensed use limited to: Prince of Songkla University provided by UniNet. Downloaded on March 01,2022 at 07:56:08 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

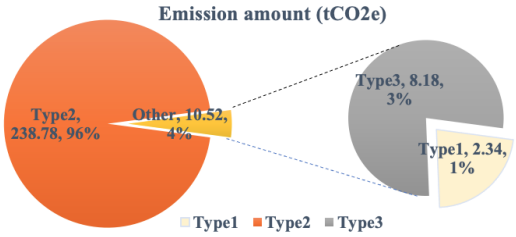


Fig. 10. Carbon Footprint Information

The highest amount of carbon footprint is from electricity consumption 238.78 tCO_2e while the second place is from landfill waste 7.57 tCO_2e and the third place is from methane 2.05 tCO_2e. The area which produces the most amount of carbon footprint is on the 4th floor at an amount of 19.12 tCO_{2e} which are from the use of electricity, the use of water, and the amount of methane from wastewater. The month with the highest level of carbon footprint is March at an amount of 10.65 tCO_2e.

B. Environmental Resources Usage Information

In 2021, KYL has environmental usage amount as follows: water usage is 892m^3 (-30%), electricity usage is 477,649 kWh (-28%), waste amount is 3,396 kg (-26%), paper usage is 172 kg (-21%), and fuel usage is 110 L (+117%), respectively as shown in Fig.11.

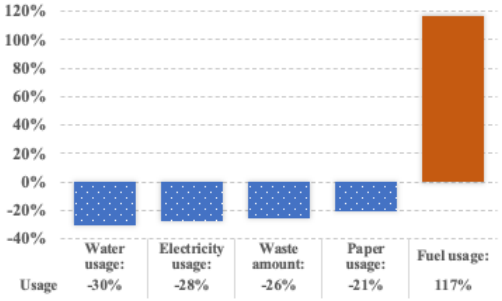


Fig. 11. Environmantal Resources Information

These numbers have been calculated compared to the exact same periods of the previous year.

C. Achievment of Green Office Criteria Goals

From the information in the dashboard and report page, we can analyze organizational target on environmental operation as shown in Table 2.

TABLE II. ENVIRONMENTAL OPERATIONAL GOAL

Green Office Decreasing Target 2021		
Resources List	***Goal***	***Achieved***
Electricity usage	3%	28%
Fuel usage	0.50%	22%
Water usage	2%	30%
Paper usage	2%	21%
Landfill Waste amount	3%	18%
Carbon Footprint amount	2%	27%

VI. CONCLUSION

As the results of the study, we have clearly seen the amount of carbon footprint and the environmental resources consumption at KYL in 2021 which shows that the library has done quite well on energy and environment conservation and has been able to achieve its environmental goal a lot better than what they expected. The major reason is due to Covid-19 situation round 3 resulting in service area closure and leads to reduction of electricity consumption and lower amount of waste which are the highest factors on carbon footprint emission. Therefore, the library will be able to achieve the Green Office Award as they expected. And the result of this study will also help the library keep on tracking and monitoring their performance of their operation on environment, make it more sustainable and keep getting better and better each year which will make the organization a role model for other departments within the university [9] and instigate awareness for other organizations [10] in Southern Thailand onward. For further study, we might add more analytic models and patterns to the program to help an organization get their insight information on carbon footprint and natural resources consumption much better, together with adding some more content about carbon footprint for people to learn e.g., the meaning of CF, how it is calculated, what the impact of it and why should we care and help reducing it, etc.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to sincerely thank Mr. Aussadayut Ubonkan, a computer technical officer from KYL - who has been helping a lot in the technical part of this project, all the green library staff who has been testing and inputting all data into the system, the library executive team for the suggestions and supports throughout the project period, and of cause all lecturers from MIT department, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University who have instructed and corrected all the defects in this project. This work was also supported by the APNIC Foundation (SWITCH SEA - TH-03) for data science and applied AI professional knowledge.

REFERENCES

[1] A. Biswas, "Role of Green Information Communication Technology to Transform Library as Green Library: A Study in the Context of Academic Library," in *Influences of Green Technology in Academic Libraries*, India: Mayas Publications, 2021, pp.195-214.
[2] S. Payel, "Green Libraries Effect to the Academic Institutions: A Special Study on US Based Libraries," *Libr. Philos. Pract.*, vol. 2393, no. 4, Apr. 2019. Accessed: Sep., 17, 2021. [Online]. Available: https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/ 2393/
[3] "Data Visualization Tool Shows Carbon Footprint of Everyday Products," State of the Planet, Feb. 14, 2019. https://blogs.ei.columbia.edu/2019/02/14/carbon-catalogue-products/ (accessed Feb. 25, 2021).
[4] J. Hong, "Five ways organizations are visualizing carbon emissions," Storybench, Jan. 15, 2020. https://www.storybench.org/five-ways-organizations-are-visualizing-carbon-emissions/ (accessed Mar 08, 2021).
[5] R. Wittayawuttikul, "Mahidol Library Green Office," Mahidol Library KM Blog, Jul. 09, 2018. https://km.li.mahidol.ac.th/green-office/ (accessed Oct. 06, 2021).
[6] "MSU GREEN OFFICE," MSU Library. https://library.msu.ac.th/greenoffice/page_group1.php (accessed Oct. 06, 2021).
[7] "Green office Chiang Mai University Library," CMU Library. https://greenoffice.library.cmu.ac.th/ (accessed Oct. 06, 2021).
[8] "MFU Library Green Office (sec 1.5.1) - Google Drive," MFU Library. https://drive.google.com/drive/folders/1u0OwLNP1H-FKpGGx84ak43YuL_-mIwM1 (accessed Oct. 06, 2021).
[9] S. A. R. Khan, Z. Yu, and M. Umar, "How environmental awareness and corporate social responsibility practices benefit the enterprise? An empirical study in the context of emerging economy," *Manag. Environ. Qual. Int. J.*, vol. 32, no. 5, pp. 863–885, Jan. 2021, doi: 10.1108/MEQ-08-2020-0178.
[10] T. Tambovceva, D. Bajare, M. V. Tereshina, J. Titko, and I. Shvetsova, "Awareness and Attitude of Latvian Construction Companies Towards Sustainability and Waste Recycling," *J. of Siberian Federal Uni. Humanities & Social Sci.*,vol. 14 no. 7 pp. 942-955,Jan, 2021. Accessed: Sep., 17, 2021. [Online]. Available:https://cyberleninka.ru/article/n/awareness-and-attitudeof-latvian-construction-companies-towards-sustainability-and-waste-recycling/viewer.

Authorized licensed use limited to: Prince of Songkla University provided by UniNet. Downloaded on March 01,2022 at 07:56:08 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

Certificate
of Presentation
This is to certify that
Kraisri Krairiksh
has presented a research paper
Entitled : Awareness of Green Academic Library by KYL Dashboard Towards Sustainable Digital University
during
The 2nd SEA-STEM International Conference (Virtual)
24-25 November 2021
Assistant Professor Dr. Niwat Keawpradub
President, Prince of Songkla University
PSU PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
IMT-GT
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union
IEEE
ECTI Association
EASTEM
SEAMEO STEMSEA
NATIONAL STEM ASSOCIATION
EdIT
UM STEM
STEM
STEM.id Learning is Fun

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวไกรศรี ไกรฤกษ์
รหัสนักศึกษา 6310121022

วุฒิการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศบ.)	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	2556

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ปี พ.ศ.	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน
2558 - ปัจจุบัน	นักวิชาการอุดมศึกษา	สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลงฯ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2560 - ปัจจุบัน	ผู้ตรวจสอบกิจการ	สหกรณ์ออมทรัพย์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์