การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล

โดย
นายจักรรัตน์ ทับแว่ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล

โดย

นายจักรรัตน์ ทับแว่ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศิลปากร

Assessment of greenhouse gas emissions from football field rental businesses

By

Mr. Jakkarat TABWAV

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

Department of ENVIRONMENTAL SCIENCE

Silpakorn University

Academic Year 2025

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล
โดย	นายจักรรัตน์ ทับแว่ว
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิกร ศรีภิรมย์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรกช ชั้นจิรกุล)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังก์ศิริ ทิพยารมณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิกร ศรีภิรมย์)

..... กรรมการภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์)

660720069: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2
คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์, ก๊าซเรือนกระจก, ธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล, สนามหญ้าธรรมชาติ, สนามหญ้าเทียม

นายจักรรัตน์ ทับแว่ว : การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิกร ศรีภิรมย์

ความนิยมที่เพิ่มขึ้นของกีฬาฟุตบอลส่งผลให้ความต้องการฝึกซ้อมและการแข่งขันเพิ่มสูงขึ้น นำไปสู่การขยายตัวของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล อย่างไรก็ตาม ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของธุรกิจดังกล่าว ยังขาดข้อมูลเชิงปริมาณที่ชัดเจน งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนามฟุตบอล 2 แห่ง ได้แก่ สนาม A จังหวัดราชบุรี (ประกอบด้วยสนามหญ้าธรรมชาติและสนามหญ้าเทียม) และสนาม B จังหวัดนนทบุรี (ประกอบด้วยสนามหญ้าเทียม 2 สนาม) โดยประเมินทั้งในปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2567) และในรอบการปรับปรุงระยะยาว 10 ปี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกออกเป็น 3 ขอบเขต ผลการประเมินพบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีปัจจุบันของสนาม A มีสัดส่วนขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับร้อยละ 18.4, 41.3 และ 40.3 ตามลำดับ ขณะที่สนาม B มีสัดส่วนร้อยละ 37.0, 22.8 และ 40.2 ตามลำดับ การวิเคราะห์การดำเนินงานในรอบ 10 ปี พบว่าขอบเขตที่ 3 เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก เนื่องจากกิจกรรมการปรับปรุงและรื้อถอนสนาม ส่งผลให้คาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้น ร้อยละ 27.4 สำหรับสนาม A และร้อยละ 19.9 สำหรับสนาม B เมื่อเทียบกับปีปัจจุบัน แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำคัญในแต่ละขอบเขต ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็น (ขอบเขตที่ 1) การใช้ไฟฟ้า (ขอบเขตที่ 2) และการเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ (ขอบเขตที่ 3) ความเข้มข้นของคาร์บอนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17.2–19.1 $kgCO_2eq\ m^{-2}$ สำหรับสนาม A และ 15.2–16.4 $kgCO_2eq\ m^{-2}$ สำหรับสนาม B นอกจากนี้ พบว่าประเภทของพื้นสนามมีผลต่อรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสนามหญ้าธรรมชาติมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในช่วงการบำรุงรักษา ส่วนสนามหญ้าเทียมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในช่วงการปรับปรุงและรื้อถอน จากผลการศึกษา จึงเสนอแนวทางลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าคาร์บอนต่ำหรือพลังงานหมุนเวียน การใช้สารทำความเย็นที่เป็นธรรมชาติหรือมีค่าศักยภาพก่อภาวะโลกร้อนต่ำ และการเลือกใช้วัสดุสนามหญ้าเทียมและวัสดุเติมสนามคาร์บอนต่ำ แนวทางดังกล่าวมีศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและดำเนินงานอย่างยั่งยืนในระยะยาว

660720069: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

Keyword: Carbon footprint, Greenhouse gas, Football field rental business, Natural grass field, Artificial turf field

Mr. Jakkarat TABWAV : Assessment of greenhouse gas emissions from football field rental businesses Thesis Advisor : Assistant Professor Dr. Patikorn Sriphirom

The growing popularity of football has led to increased demand for training and competition facilities, resulting in the rapid expansion of football field rental businesses. However, the environmental impacts, particularly GHG emissions, remain insufficiently assessed. This study applied the Carbon Footprint for Organization (CFO) framework to assess GHG emissions from two football field rental operations: Field A in Ratchaburi Province (comprising both natural grass and artificial turf fields) and Field B in Nonthaburi Province (consisting of two artificial turf fields). Emissions were assessed for both the current year (2024) and a 10-year renovation cycle. GHG emissions were categorized into three scopes. The results revealed that the current-year GHG emissions of Field A were distributed across Scopes 1, 2, and 3 at 18.4%, 41.3%, and 40.3%, respectively, while Field B exhibited corresponding proportions of 37.0%, 22.8%, and 40.2%. Analysis of the 10-year operational cycle indicated that Scope 3 was the dominant emission source, primarily due to renovation activities, which increased the average annual carbon footprint by 27.4% for Field A and 19.9% for Field B compared with the current year. Major GHG emission sources included refrigerant leakage (Scope 1), electricity consumption (Scope 2), and employee and user transportation (Scope 3). The average carbon intensity ranged from 17.2–19.1 kgCO2eq m–2 for Field A and 15.2–16.4 kgCO2eq m–2 for Field B. Furthermore, field surface type was found to influence emission patterns, with natural grass fields generating higher emissions during maintenance, while artificial turf fields emitted more during renovation and dismantling phases. Based on these findings, key mitigation strategies are proposed for reducing the carbon footprint of football field rental operations, including the use of renewable electricity, adoption of natural or low-global-warming-potential refrigerants, and selection of low-carbon turf and infill materials. These strategies can reduce environmental impacts and promote sustainability.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้ หากปราศจากความอนุเคราะห์และการสนับสนุนจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายท่านเป็นอย่างยิ่ง

ก่อนอื่น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฏิกร ศรีภิรมย์ อาจารย์ประจำหลักสูตรภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับความช่วยเหลือและคำปรึกษาอย่างใกล้ชิด ทั้งด้านเนื้อหาและการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนการชี้แนะแนวทางการพัฒนางานวิจัย ซึ่งมีส่วนสำคัญทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าของสนามและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของสนาม A จังหวัดราชบุรี รวมทั้งผู้จัดการสนามและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของสนาม B จังหวัดนนทบุรี สำหรับความเอื้อเฟื้อและความร่วมมือในการเข้าถึงข้อมูล การสนับสนุนการเก็บรวบรวมข้อมูล และการให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ อย่างเต็มความสามารถ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการเก็บรวบรวมข้อมูลและให้ความช่วยเหลือในหลายด้าน ซึ่งเป็นกำลังสำคัญที่ช่วยให้การดำเนินงานวิจัยเป็นไปอย่างราบรื่น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อังก์ศิริ ทิพยารมณ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์ สำหรับข้อเสนอแนะและคำแนะนำ เชิงวิชาการอันมีคุณค่า ซึ่งช่วยปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากการศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นความกตัญญูกตเวทิตาแด่บิดามารดาและอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้ และให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

จักรรัตน์ ทับแว่ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฎ
สารบัญภาพ.....ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....5
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....6
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....8
2.1 ความหมายและความสำคัญของก๊าซเรือนกระจก.....8
2.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก.....10
2.2.1 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก.....10
2.2.2 สถานการณ์ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก.....12
2.2.3 ความพยายามในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก.....13
2.3 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย
.....15
2.3.1 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย.....15
2.3.2 สถานการณ์ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย.....16
2.3.3 ความพยายามในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย.....19
2.4 หลักการของคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร.....21
2.5 สิ่งอำนวยความสะดวกสำคัญของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล.....25
2.5.1 สนามฟุตบอล.....25
2.5.2 ส่วนบริการห้องสุขาและห้องอาบน้ำ.....26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.3 ส่วนบริการอาหารและเครื่องดื่ม....27
2.5.4 ลานจอดรถ....27
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย....34
3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย....34
3.2 สถานที่ศึกษาวิจัย....35
3.2.1 สนาม A....35
3.2.2 สนาม B....37
3.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก....40
3.3.1 การกำหนดขอบเขตองค์กรและขอบเขตการดำเนินงาน....40
3.3.2 การวิเคราะห์แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก....47
3.3.3 การรวบรวมข้อมูลกิจกรรม....52
3.3.4 การคัดเลือกค่า Emission factor....52
3.3.5 การคำนวณปริมาณการก๊าซเรือนกระจก....59
3.3.6 การรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก....60
3.3.7 การประเมินและรายงานความไม่แน่นอนของข้อมูลก๊าซเรือนกระจก....61
3.4 การเสนอแนะแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก....62
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปราย....64
4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน....64
4.1.1 สนาม A....64
4.1.2 สนาม B....68
4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในรอบ 10 ปี....71
4.2.1 สนาม A....71
4.2.2 สนาม B....72
4.3 จุดวิกฤตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในปีปัจจุบันและในรอบ 10 ปี..74
4.3.1 สนาม A....74
4.3.2 สนาม B....75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสองธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล.....77
4.4.1 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน..77
4.4.2 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในรอบ 10 ปี.....80
4.4.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของคาร์บอน (Carbon intensity).....81
4.4.4 การเปรียบเทียบสนามฟุตบอลที่มีวัสดุพื้นผิวสนามแตกต่างกัน.....83
4.5 ความไม่แน่นอนของข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....85
4.6 ข้อเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล.....86
4.6.1 การจัดการแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก.....86
4.6.1.1 การใช้ไฟฟ้า.....87
4.6.1.2 การรั่วไหลของสารทำความเย็น.....88
4.6.2 การจัดการสนามหญ้าเทียมอย่างยั่งยืน.....89
4.6.2.1 การเลือกชนิดของวัสดุเติมสนาม.....90
4.6.2.2 การปรับปรุงชนิดสนามหญ้า.....91
4.6.2.3 การจัดการหญ้าเทียมเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน.....91
4.6.3 การจัดการสนามหญ้าธรรมชาติเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....92
4.6.3.1 การใช้ปุ๋ยแบบแม่นยำ.....92
4.6.3.2 การใช้เครื่องจักรประหยัดพลังงาน.....93
4.6.3.3 การจัดการน้ำและระบบระบายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ.....93
4.6.4 การดำเนินงานแบบบูรณาการและการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย.....94
4.6.5 การจัดการกิจกรรมที่ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ยาก.....94
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....96
5.1 สรุปผลการศึกษา.....96
5.2 ข้อเสนอแนะ.....97
รายการอ้างอิง.....99
ภาคผนวก.....107

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก แบบสอบถามเก็บข้อมูลกิจกรรม.....108
ภาคผนวก ข ข้อมูลกิจกรรมและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....116
ภาคผนวก ค ระดับความไม่แน่นอนของข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....124
ประวัติผู้เขียน.....128

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด.....10
ตารางที่ 2.2 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....14
ตารางที่ 2.3 ระดับความสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมของสโมสรฟุตบอลในแต่ละขอบเขต (Scope).....30
ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบการใช้งานของสนามที่ทำจากวัสดุแตกต่างกัน.....32
ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานให้เช่าสนามฟุตบอลประจำปีของสนาม A.....41
ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานให้เช่าสนามฟุตบอลประจำปีของสนาม B.....42
ตารางที่ 3.3 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการดูแลรักษาสนาม A.....44
ตารางที่ 3.4 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการดูแลรักษาสนาม B 46
ตารางที่ 3.5 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขตของสนาม A.....48
ตารางที่ 3.6 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขตของสนาม B.....50
ตารางที่ 3.7 ค่า EF สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเผาไหม้.....53
ตารางที่ 3.8 ค่า EF สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลอื่น ๆ.....53
ตารางที่ 3.9 ค่า EF สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า.....54
ตารางที่ 3.10 ค่า EF สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในขอบเขตที่ 3.....54
ตารางที่ 3.11 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยของการเดินทางด้วยยานพาหนะประเภทต่าง ๆ.....58
ตารางที่ 3.12 ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกตามรายงานการประเมินฉบับที่ 6 (AR6) ของ IPCC....59
ตารางที่ 3.13 ระดับคะแนนอ้างอิงของคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความไม่แน่นอน.....61
ตารางที่ 3.14 ระดับคะแนนและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลก๊าซเรือนกระจก..... 62
ตารางที่ 4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในรอบ 10 ปี ที่จำแนกตามกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....81

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของคาร์บอนของสนามทั้งสองแห่ง จำแนกตามหน่วยพื้นที่ จำนวนผู้ใช้งาน และชั่วโมงการใช้สนาม.....83
ตารางที่ 4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัสดุปูพื้นสนามฟุตบอลที่แตกต่างกัน.....84
ตารางที่ 4.4 ความไม่แน่นอนของข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของทั้งสองสนาม.....85

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 การเกิดภาวะเรือนกระจกจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมนุษย์.....3
ภาพที่ 2.1 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019.....11
ภาพที่ 2.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019.....11
ภาพที่ 2.3 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์.....13
ภาพที่ 2.4 การคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน.....14
ภาพที่ 2.5 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 2000–2022.....15
ภาพที่ 2.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยปี ค.ศ. 2000 และ 2022.....16
ภาพที่ 2.7 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1970–2009.....17
ภาพที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศของประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1951–2023.....18
ภาพที่ 2.9 ดัชนีความเสี่ยงภัยจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....19
ภาพที่ 2.10 เป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย.....21
ภาพที่ 2.11 การจำแนกขอบเขตในการประเมินกิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....24
ภาพที่ 2.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนามชนิดต่าง ๆ ต่อชั่วโมงการใช้งาน.....28
ภาพที่ 2.13 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางเทคนิค.....30
ภาพที่ 2.14 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขตระหว่างปี 2016/2017–2021/2022.....31
ภาพที่ 3.1 ขั้นการดำเนินงานวิจัย.....34
ภาพที่ 3.2 สนามฟุตบอล A.....36
ภาพที่ 3.3 ร้านค้าปลีกและพื้นที่พักผ่อนของสนามฟุตบอล A.....36
ภาพที่ 3.4 ห้องสุขาและห้องอาบน้ำของสนามฟุตบอล A.....37
ภาพที่ 3.5 ลานจอดรถของสนามฟุตบอล A.....37
ภาพที่ 3.6 สนามฟุตบอล B.....38
ภาพที่ 3.7 ร้านค้าปลีกและพื้นที่พักผ่อนของสนามฟุตบอล B.....38

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.8 ห้องสุขาและห้องอาบน้ำของสนามฟุตบอล B....39
ภาพที่ 3.9 พื้นที่จอดรถของสนามฟุตบอล B....39
ภาพที่ 3.10 ห้องออกกำลังกายของสนามฟุตบอล B....39
ภาพที่ 3.11 แผนผังองค์ประกอบของสนาม A....40
ภาพที่ 3.12 แผนผังองค์ประกอบของสนาม B....41
ภาพที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขตของสนาม A....64
ภาพที่ 4.2 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม A....65
ภาพที่ 4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 ของสนาม A....65
ภาพที่ 4.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ของสนาม A....66
ภาพที่ 4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 ของสนาม A....67
ภาพที่ 4.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขตของสนาม B....68
ภาพที่ 4.7 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม B....68
ภาพที่ 4.8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 ของสนาม B....69
ภาพที่ 4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ของสนาม B....69
ภาพที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 ของสนาม B....70
ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของสนาม A จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (Current year) และในรอบ 10 ปี (10-year cycle)....72
ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขตของสนาม A จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (Current year) และในรอบ 10 ปี (10-year cycle)....72
ภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของสนาม B จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (Current year) และในรอบ 10 ปี (10-year cycle)....73
ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขตของสนาม B จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (Current year) และในรอบ 10 ปี (10-year cycle)....73
ภาพที่ 4.15 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมของสนาม A จากการดำเนินงานในปีปัจจุบันและการดำเนินงานในรอบ 10 ปี....75
ภาพที่ 4.16 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมของสนาม B จากการดำเนินงานในปีปัจจุบันและการดำเนินงานในรอบ 10 ปี....76

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.17 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินงานของทั้งสองสนามในปีปัจจุบัน....78
ภาพที่ 4.18 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมในขอบเขตที่ 1-3 จากการดำเนินงานของทั้งสองสนามในปีปัจจุบัน....79
ภาพที่ 4.19 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินงานของทั้งสองสนามในรอบ 10 ปี....80
ภาพที่ 4.20 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมในขอบเขตที่ 1-3 จากการดำเนินงานของทั้งสองสนามในรอบ 10 ปี....81

มหาวิทยาลัยศิลปากร

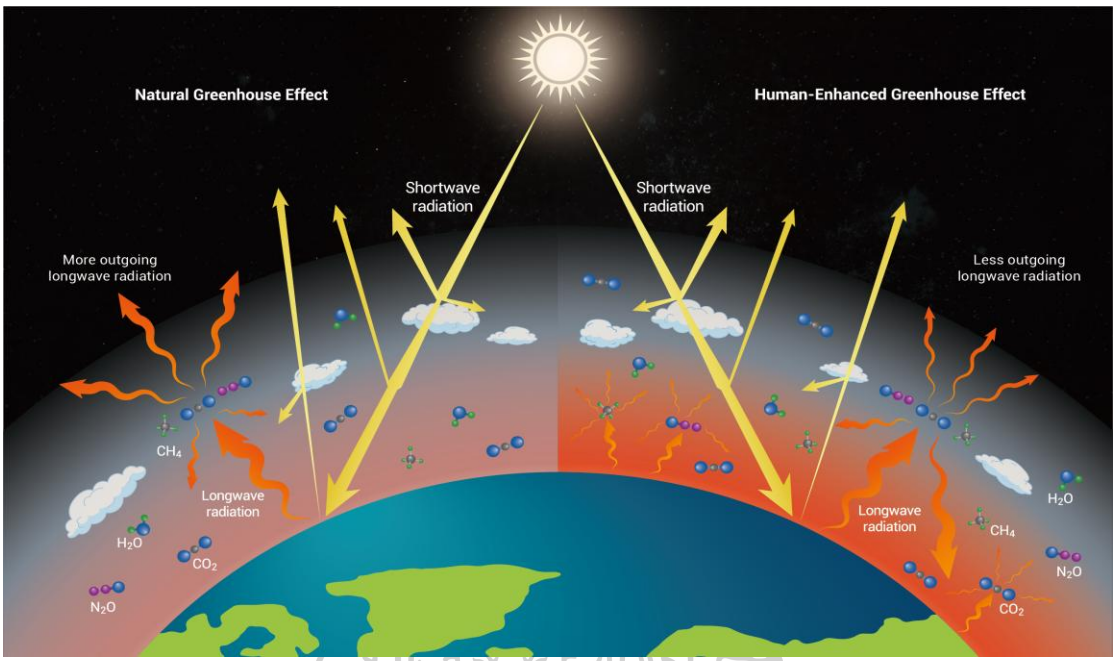
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กิจกรรมพัฒนาสังคมเพื่อตอบสนองความเป็นอยู่ที่ดีและความสะดวกสบายของมนุษย์ เช่น การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การผลิตพลังงาน การคมนาคมขนส่ง การก่อสร้างอาคารและสถานที่ การทำการเกษตรและปศุสัตว์ รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่า เป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas หรือ GHG) ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide หรือ CO_2) มีเทน (Methane หรือ CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide หรือ N_2O) ความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) (ภาพที่ 1.1) ซึ่งทำให้อุณหภูมิในชั้นบรรยากาศและบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นจึงถูกนิยามว่าภาวะโลกร้อน (Global warming) ภาวะโลกร้อนได้ส่งผลกระทบให้ระบบภูมิอากาศโลกเปลี่ยนแปลงในระยะยาวจนไม่สามารถกลับมาเป็นเหมือนเดิมได้อีก จึงเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกรวน (Climate change) (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021) การเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นี้ได้ส่งผลกระทบไปยังทุกภาคส่วนทั้งสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ตัวอย่างของผลกระทบ เช่น การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การเกิดภัยพิบัติ การเจ็บป่วยจากโรคมลพิษทางอากาศ การชะลอการเติบโตทางเศรษฐกิจเนื่องจากการลดลงของผลผลิตทางการเกษตร และการขาดแคลนอาหาร เป็นต้น (IPCC, 2022a) แม้ว่าโลกกำลังประสบกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ความพยายามในการแก้ไขปัญหานี้ยังไม่จริงจังเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นต้นเหตุของปัญหา (IPCC, 2021) ดังนั้นการดำเนินการตามคำมั่นสัญญาและเจตนารมณ์ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทุกประเทศทั่วโลกจึงเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดในการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยตามเป้าหมายของความตกลงปารีส (Paris agreement) ซึ่งกำหนดระดับการควบคุมไว้ที่ไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส โดยความพยายามแรก คือ ไม่เกิน 1.5 องศาเซลเซียส (IPCC, 2022b)

ประเทศไทยได้ลงนามและให้สัตยาบันต่อกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ United Nations Framework Convention on Climate

Change (UNFCCC) ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ด้วยเหตุนี้ประเทศไทยจึงเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนความสำเร็จของเป้าหมายภายใต้ความตกลงปารีส (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP), 2022) โดยในการประชุมรัฐภาคีประจำปี (The Conference of the Parties หรือ COP) ครั้งที่ 26 ที่กลาสโกว์ สกอตแลนด์ ประเทศไทยได้ประกาศเป้าหมายที่ท้าทายในการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 เป้าหมายการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contributions หรือ NDCs) โดยจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ร้อยละ 30–40 ภายในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) เมื่อเทียบกับการดำเนินการในกรณีปกติ (Business as usual หรือ BAU) ของปี ค.ศ. 2005 (พ.ศ. 2548) ระยะที่ 2 เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) ภายในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ. 2593) และระยะที่ 3 เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net zero GHG emissions) ภายในปี ค.ศ. 2075 (พ.ศ. 2618) ด้วยเหตุนี้ประเทศไทยจึงได้จัดทำและส่งยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของประเทศ (Thailand's long-term low greenhouse gas emission development strategy หรือ LT-LEDS) ไปยัง UNFCCC เพื่อแสดงให้เห็นถึงทิศทางในการดำเนินงานที่จะบรรลุทั้ง 3 เป้าหมายดังกล่าว (UNFCCC, 2022) จากสถานการณ์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีความท้าท้ายอย่างยิ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่ได้ประกาศไว้ ซึ่งพื้นฐานสำคัญของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ การทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสถานการณ์ปัจจุบัน ดังนั้นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ จึงเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำคัญในการสนับสนุนความสำเร็จของเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ (ONEP, 2022)



ภาพที่ 1.1 การเกิดภาวะเรือนกระจกจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมนุษย์
ที่มา: Wang et al. (2023)

ภาคส่วนกีฬาเป็นอีกหนึ่งภาคส่วนที่มีส่วนร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันที่ผู้คนส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพกายและสุขภาพจิตมากขึ้นผ่านการออกกำลังกาย รวมทั้งความสนใจในการเป็นนักกีฬาอาชีพ โดยกีฬาสากลประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คือ ฟุตบอล (Football) เนื่องจากฟุตบอลช่วยเสริมสร้างสมรรถภาพทางร่างกายให้แข็งแรง อีกทั้งยังเป็นกีฬาที่เล่นกันเป็นทีม ทำให้ได้พบปะสังสรรค์และสันทนาการร่วมกันในหมู่คณะ อย่างไรก็ตาม การเล่นฟุตบอลจำเป็นต้องใช้สนามฟุตบอล ซึ่งส่วนใหญ่มักอยู่ในความดูแลขององค์กร เช่น โรงเรียน มหาวิทยาลัย สมาคม หน่วยงานพลศึกษา หน่วยงานราชการ หรือบริษัทเอกชน ทำให้สนามฟุตบอลมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงได้มีผู้ประกอบการลงทุนธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล (Football field rental businesses) เพื่อตอบสนองต่อความสะดวกสบายและตอบโจทย์วิถีชีวิตคนเมืองที่ต้องการจะออกกำลังกายด้วยกีฬาฟุตบอลเป็นครั้งคราว (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2564; อรุษ เส็นบัตร และนักรบ ระวังการณ์, 2563)

แม้ว่ากีฬาฟุตบอลจะสร้างประโยชน์ต่อสังคมในหลากหลายมิติ แต่กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับฟุตบอลกลับเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวงกว้างตลอดวัฏจักรชีวิตของสนามฟุตบอล (Bø et al., 2024) อย่างไรก็ตาม ประเด็นดังกล่าวยังคงได้รับความสนใจในเชิงวิชาการค่อนข้างจำกัด (Orr and Inoue, 2019) การศึกษาของ Itten et al.

(2020) รายงานว่าสนามหญ้าธรรมชาติ สนามหญ้าเทียม และสนามหญ้าผสม มีระดับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันตามลักษณะของการก่อสร้าง การบำรุงรักษา การปรับปรุง และการจัดการเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน สนามหญ้าเทียมซึ่งประกอบด้วยวัสดุสังเคราะห์เป็นหลัก มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดในระยะก่อสร้าง เนื่องจากต้องใช้วัสดุและพลังงานในปริมาณมาก ขณะที่การกำจัดสนามหญ้าเทียมเมื่อหมดอายุการใช้งานยังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมจากกระบวนการจัดการของเสีย ในทางตรงกันข้าม สนามหญ้าธรรมชาติต้องการการดูแลอย่างต่อเนื่อง เช่น การใส่ปุ๋ยและการตัดหญ้า ซึ่งล้วนเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้งาน อย่างไรก็ดี ความสามารถในการใช้งานได้ตลอดทั้งปีและอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าของสนามหญ้าเทียม อาจส่งผลให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อชั่วโมงการใช้งานต่ำกว่าสนามหญ้าธรรมชาติ

นอกจากนี้ การศึกษาของ Magnusson และ Mácsik (2017) ยังสรุปว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสนามหญ้าเทียมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ การเลือกใช้วัสดุ วิธีการบำรุงรักษา และการจัดการสนามหญ้าที่ถูกรื้อถอน โดยเฉพาะในส่วนของวัสดุเม็ดยางเติมสนาม (Granule infills) พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเกิดจากการใช้เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (Thermoplastic Elastomer หรือ TPE) รองลงมาคือเอทิลีนโพรพิลีนไดอีนโมโนเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Monomer หรือ EPDM) ทั้งนี้ การใช้วัสดุเม็ดยางที่มาจากการรีไซเคิล รวมถึงการนำสนามหญ้าเทียมหรือวัสดุเม็ดยางที่ถูกรื้อถอนกลับมาใช้ใหม่ สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของแนวทางการบริหารจัดการสนามหญ้าเทียมอย่างยั่งยืน

นอกจากการให้บริการเช่าสนามฟุตบอลเพื่อการจัดการแข่งขันหรือฝึกซ้อมแล้ว ธุรกิจประเภทนี้ยังประกอบด้วยสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เพื่อรองรับผู้ใช้บริการ เช่น ร้านค้าจำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม ห้องอาบน้ำ ห้องออกกำลังกาย พื้นที่พักผ่อน และลานจอดรถ (Obsuklin and Phakdeeying, 2023) ซึ่งล้วนเป็นส่วนหนึ่งที่ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานโดยรวม การศึกษาของ Khanna et al. (2024) ซึ่งประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสโมสรฟุตบอล พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมในขอบเขตที่ 3 (Scope 3) มีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 72 ของการปล่อยทั้งหมด รองลงมาคือการใช้พลังงานไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 (Scope 2) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.5 ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล ซึ่งมีกิจกรรมการดำเนินงานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลในประเทศไทยอย่างเป็นระบบ เนื่องจากยังไม่มีการกำหนดให้เป็นข้อบังคับทางกฎหมาย ดังนั้น เพื่อเติมเต็มช่องว่างทางองค์ความรู้ดังกล่าว งานวิจัยฉบับนี้จึงเป็นความพยายามครั้งแรกในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการดำเนินงานธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลในประเทศไทย

โดยอาศัยกรอบแนวคิดการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization หรือ CFO) ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะช่วยสนับสนุนการวางแผนและดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผู้ประกอบการในธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย และส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนภายในอุตสาหกรรมกีฬาไทย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล

1.2.2 เพื่อเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการดำเนินงานของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล เพื่อระบุแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ และเสนอแนวทางเชิงวิชาการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรม โดยได้คัดเลือกสถานประกอบการให้เช่าสนามฟุตบอลจำนวน 2 แห่ง ซึ่งมีขนาดธุรกิจและประเภทวัสดุปูพื้นสนามแตกต่างกัน เพื่อทำการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ ผลลัพธ์จากการศึกษาครั้งนี้จะมีส่วนสนับสนุนการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผู้ประกอบการให้เช่าสนามฟุตบอลให้สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon Economy) ทั้งในระดับประเทศและระดับโลก ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาอย่างยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรมกีฬาไทย

ธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลที่ได้รับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการศึกษานี้ประกอบด้วย 2 แห่ง ได้แก่ **แห่งที่ 1 สนามฟุตบอล A** จังหวัดราชบุรี มีพื้นที่รวมประมาณ 5 ไร่ (8,000 ตารางเมตร) ประกอบด้วยสนามฟุตบอลกลางแจ้ง 2 สนาม ได้แก่ สนามหญ้าธรรมชาติขนาด 45 × 60 เมตร และสนามหญ้าเทียมขนาด 50 × 70 เมตร ภายในพื้นที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มเติม ได้แก่ ร้านค้า พื้นที่พักผ่อน ห้องน้ำและห้องอาบน้ำ พื้นที่จอดรถกลางแจ้ง ห้องเก็บอุปกรณ์ และห้องพักเจ้าหน้าที่ เปิดให้บริการทุกวันตั้งแต่เวลา 10.00–24.00 น. (รวม 14 ชั่วโมง) โดยมีพนักงานประจำจำนวน 5 คน และ**แห่งที่ 2 สนามฟุตบอล B** จังหวัดนนทบุรี มีพื้นที่รวมประมาณ 3 ไร่ (4,800 ตารางเมตร)

ประกอบด้วยสนามฟุตบอลในร่มแบบหญ้าเทียมจำนวน 2 สนาม ขนาดสนามละ 20 × 40 เมตร พร้อมสิ่งอำนวยความสะดวก ได้แก่ ร้านค้าและพื้นที่พักผ่อน ห้องน้ำและห้องอาบน้ำ พื้นที่จอดรถทั้งในร่มและกลางแจ้ง ห้องออกกำลังกาย และห้องเก็บอุปกรณ์ เปิดให้บริการตั้งแต่เวลา 08.30–22.00 น. (รวม 9.5 ชั่วโมง) โดยมีพนักงานประจำจำนวน 2 คน

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงตามแนวทางการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 8 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 6, กรกฎาคม 2565) ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานสากล ได้แก่ ISO 14064-1:2018, The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2001; 2004) (World Resources Institute, 2004), The Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard (2011) (World Resources Institute, 2011) และ ISO/TR 14069:2013 (Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations) โดยแบ่งการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต (Scope) ได้แก่

ขอบเขตที่ 1 (Scope 1): การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากแหล่งที่องค์กรเป็นเจ้าของหรือควบคุม

ขอบเขตที่ 2 (Scope 2): การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อพลังงานภายนอกมาใช้ในองค์กร

ขอบเขตที่ 3 (Scope 3): การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมในห่วงโซ่คุณค่า (Value chain) ซึ่งอยู่นอกเหนือจากขอบเขตที่ 1 และ 2

หลังจากการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขตแล้ว ได้มีการวิเคราะห์กิจกรรมที่เป็น “Hotspot” หรือกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด รวมทั้งกิจกรรมที่มีการปล่อยในระดับรองลงมา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเสนอแนะแนวทางเชิงวิชาการสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเหมาะสมและเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติ อันจะช่วยสนับสนุนการพัฒนาแนวทางการดำเนินธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ทราบถึงแหล่งกำเนิดและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินงานของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลอย่างเป็นระบบและมีหลักฐานเชิงประจักษ์

1.4.2 ได้รับแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล เพื่อส่งเสริมการดำเนินธุรกิจในรูปแบบคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon Business) และสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรมกีฬา

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ความหมายและความสำคัญของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกเป็นกลุ่มของก๊าซที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ส่องมายังโลก รังสีส่วนหนึ่งจะถูกพื้นผิวโลกดูดซับความร้อนไว้ แต่อีกส่วนหนึ่งถูกสะท้อนกลับมาสู่ชั้นบรรยากาศที่อยู่ในรูปของรังสีอินฟาเรด (Infrared radiation) ซึ่งมีความยาวคลื่นมาก โดยก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ภายในชั้นบรรยากาศจะทำหน้าที่ดูดซับและกักเก็บคลื่นความร้อนที่ถูกสะท้อนกลับมาไว้บางส่วน และบางส่วนจะปล่อยออกสู่อวกาศ ความร้อนที่ก๊าซเรือนกระจกกักเก็บเอาไว้สามารถปลดปล่อยลงสู่พื้นผิวโลก ทำให้อุณหภูมิผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น (Wang et al., 2023)

ก๊าซเรือนกระจกสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งกิจกรรมของมนุษย์ถือเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักในปัจจุบัน ก๊าซเรือนกระจกมีอยู่หลายชนิด แต่ที่ทั่วโลกให้ความสำคัญในการติดตามและประเมินผลเนื่องจากเป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะเรือนกระจกมีอยู่ 7 ชนิด ได้แก่

1) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide หรือ CO_2) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุดในชั้นบรรยากาศ สามารถเกิดได้ตามธรรมชาติและเกิดจากการกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งปัจจุบันมนุษย์ได้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมาก เช่น จากการผลิตกระแสไฟฟ้า การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล การคมนาคมขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น (IPCC, 2021)

2) มีเทน (Methane หรือ CH_4) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีแหล่งกำเนิดจากทั้งธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น โดยการเกิดตามธรรมชาติมักจะเกิดจากการย่อยสลายของซากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ หรือการปล่อยจากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ เช่น หนองบึง ป่าไม้ มหาสมุทร ไฟป่า ในขณะที่กิจกรรมการปล่อยมีเทนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำการเกษตร การทำปศุสัตว์ การฝังกลบขยะมูลฝอย การทำเหมืองแร่ การเผาชีวมวลหรือการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลบางชนิด ซึ่งก๊าซมีเทนมีอายุสะสมเฉลี่ยในบรรยากาศประมาณ 11 ปี (IPCC, 2021)

3) ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide หรือ N_2O) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ภูเขาไฟระเบิด และการย่อยสลายของซากสิ่งมีชีวิต แต่ในปัจจุบันมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนับตั้งแต่มีการพัฒนาอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเคมีและพลาสติกบางชนิด การผลิตไนลอน การผลิตกรดไนตริก การเผาไหม้เชื้อเพลิง

ฟอสซิลของโรงงานไฟฟ้า รวมทั้งการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการทำการเกษตร ไนตรัสออกไซด์มีอายุสะสมเฉลี่ยในบรรยากาศประมาณ 120 ปี (IPCC, 2021)

4) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur hexafluoride หรือ SF_6) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งก๊าซชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมแมกนีเซียม อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าจากอุปกรณ์สวิตช์ไฟฟ้าแรงสูง โดยในปัจจุบันปริมาณการปล่อยก๊าซ SF_6 มีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเติบโตของภาคอุตสาหกรรม (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566)

5) ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (Nitrogen trifluoride หรือ NF_3) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซนี้มักถูกปล่อยจากกิจกรรมของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นหลัก เช่น การผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก (IPCC, 2021)

6) กลุ่มก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbons หรือ PFCs) เป็นกลุ่มก๊าซเรือนกระจกที่มักถูกใช้เป็นตัวทำละลายและสารตั้งต้นในการผลิตสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า รวมทั้งมักเกิดจากกระบวนการถลุงอะลูมิเนียม (IPCC, 2021)

7) กลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons หรือ HFCs) เป็นกลุ่มก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้สารทำความเย็นในอุปกรณ์ทำความเย็น เช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น ตู้กดน้ำเย็น เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารดับเพลิงที่มีลักษณะเป็นโฟมและตัวเร่งละอองของเหลว (Aerosol) กลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอนถูกนำมาใช้ทดแทนสารทำความเย็นกลุ่มคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbons หรือ CFCs) และกลุ่มไฮโดรคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrochlorofluorocarbons หรือ HCFCs) ที่เป็นสารทำลายชั้นโอโซน โดยไฮโดรฟลูออโรคาร์บอนถูกพัฒนาให้ไม่มีผลกระทบต่อชั้นโอโซน แต่ยังคงสามารถสะสมอยู่ในบรรยากาศได้เกือบ 270 ปี (IPCC, 2021)

เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกมีหลายชนิดและแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกและภาวะโลกร้อน รวมทั้งการเปรียบเทียบหรือการคำนวณผลรวมระหว่างชนิดก๊าซเป็นเรื่องยาก จึงทำให้เกิดการวิเคราะห์ค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential หรือ GWP) ของก๊าซแต่ละชนิดขึ้น ซึ่งพิจารณาจากประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซชนิดนั้น ๆ ในชั้นบรรยากาศ เมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้วงเวลา 100 ปี โดยที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีค่า GWP เท่ากับ 1 ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นมีศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ที่แสดงให้เห็นค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่รวบรวมจากรายงานการประเมินผล (Assessment report หรือ AR) ฉบับที่ 5 และ 6 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาล

ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC) (IPCC, 2006; IPCC, 2013; IPCC, 2021)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่าศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรเคมี	ค่า GWP ในห้วงเวลา 100 ปี	
		AR5	AR6
Carbon dioxide	CO_2	1	1
Methane – non-fossil	CH_4	28	27
Methane – fossil	CH_4	30	29.8
Nitrous oxide	N_2O	265	273
Nitrogen trifluoride	NF_3	16,100	17,400
Sulfur hexafluoride	SF_6	23,500	24,300
Hydrofluorocarbons			
HFC-23	CHF_3	12,400	14,600
HFC-32	CH_2F_2	677	771
HFC-41	CH_3F	116	135
HFC-125	CHF_2CF_3	3,170	3,740
HFC-134	CHF_2CHF_2	1,120	1,260
Perfluorocarbons			
PFC-14	CF_4	6,630	7,380
PFC-116	C_2F_6	11,100	12,400
PFC-218	C_3F_8	8,900	9,290
PFC-31-10	n-C_4F_{10}	9,200	10,000
PFC-41-12	n-C_5F_{12}	8,550	9,220

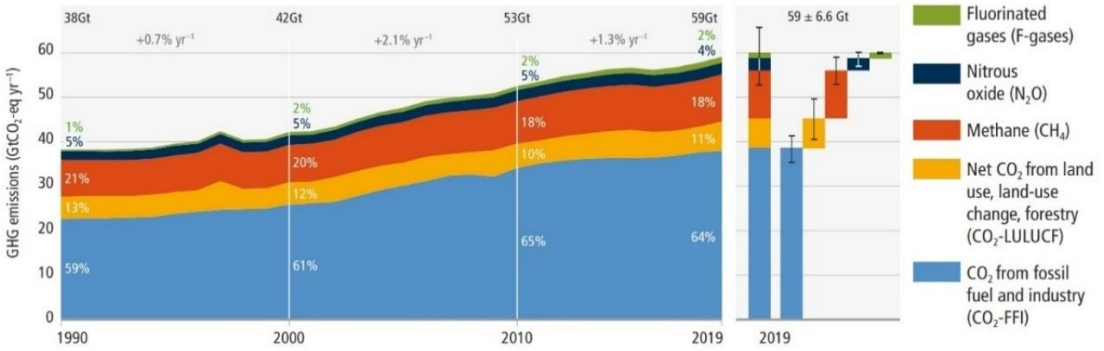
ที่มา: IPCC (2013) และ IPCC (2021)

2.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

2.2.1 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

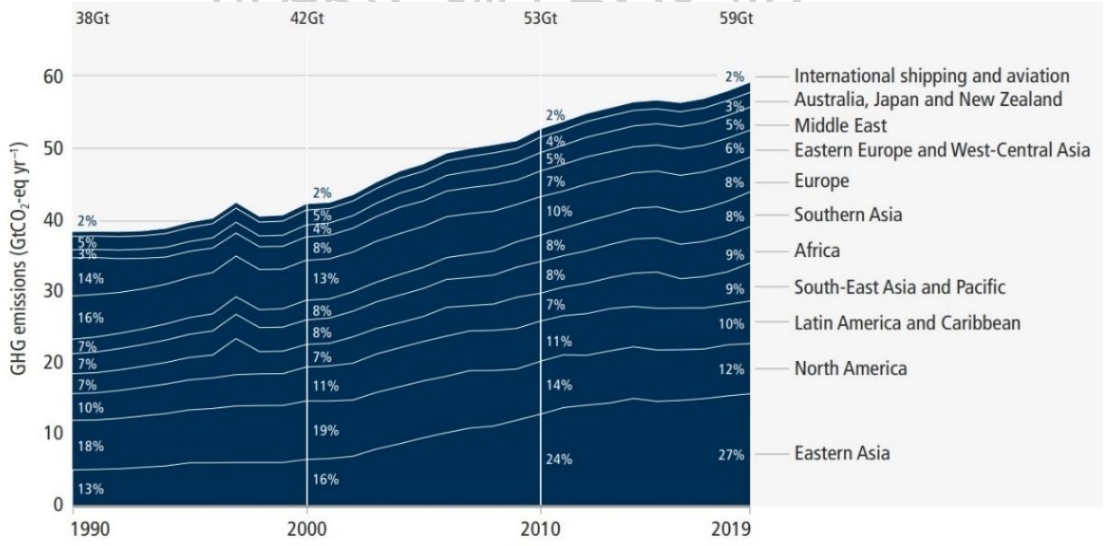
คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ IPCC รายงานว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (ปี ค.ศ. 1990–2019) โดยก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยและมีปริมาณ

สะสมในชั้นบรรยากาศมากที่สุด คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 75) รองลงมา คือ มีเทน (ร้อยละ 18) ไนตรัสออกไซด์ (ร้อยละ 4) และก๊าซกลุ่มฟลูออริเนต (Fluorinated gases หรือ F-gases (NF_3 SF_6 HFCs และ PFCs), ร้อยละ 2) ตามลำดับ (ภาพที่ 2.1) ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ถูกปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมในภูมิภาคเอเชียตะวันออก (Eastern Asia) และอเมริกาเหนือ (North America) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27 และร้อยละ 12 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามลำดับ (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.1 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019

ที่มา: IPCC (2021)



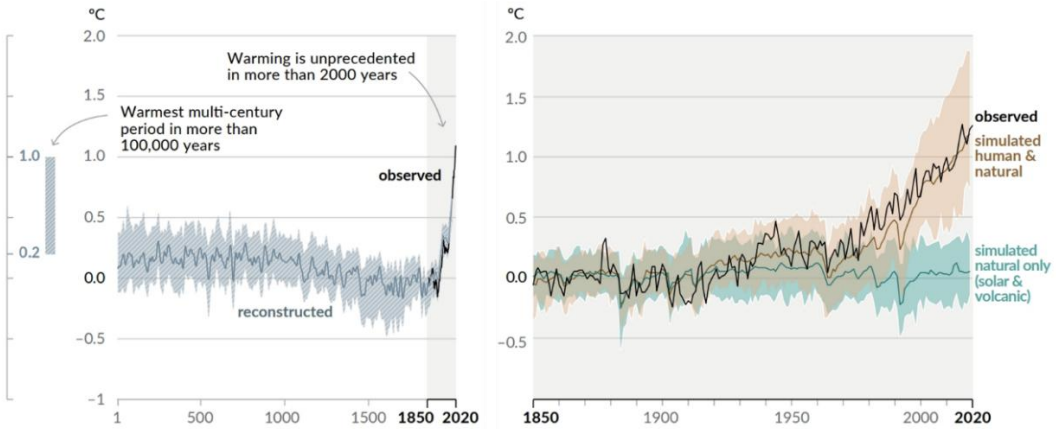
ภาพที่ 2.2 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019

ที่มา: IPCC (2021)

2.2.2 สถานการณ์ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ยุคปฏิบัติอุตสาหกรรมในศตวรรษที่ 19 จนถึงปัจจุบัน ทำให้อุณหภูมิผิวโลกระหว่างปี ค.ศ. 2011–2020 เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 1.09 °C (0.95–1.20 °C) โดยจำแนกเป็นอุณหภูมิผิวดินเพิ่มขึ้น 1.59 °C (1.34–1.83 °C) และอุณหภูมิมหาสมุทรเพิ่มขึ้น 0.88 °C (0.68–1.01 °C) เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในช่วงปี ค.ศ. 1850–1900 (ภาพที่ 2.3) (IPCC, 2021) ผลกระทบนี้ถูกคาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนถึงปลายศตวรรษนี้เป็นอย่างน้อย (ค.ศ. 2100) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้ระบบภูมิอากาศโลกเปลี่ยนแปลงไปในระยะยาว จนไม่สามารถกลับมาเป็นเหมือนเดิมได้อีกแล้ว เช่น การละลายของน้ำแข็งขั้วโลก เป็นต้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกรวน ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของระบบภูมิอากาศจนทำให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติต่าง ๆ เช่น น้ำท่วม น้ำแล้ง วาตภัย ไฟป่า ดินโคลนถล่ม เป็นต้น ภัยพิบัติเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบที่รุนแรงมากขึ้นและมีความถี่ในการเกิดมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความเสียหายและความสูญเสียต่อเศรษฐกิจ โครงสร้างพื้นฐานของเมือง และความเป็นอยู่ที่ดีของสังคม นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลงหรืออยู่ในสภาวะที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (IPCC, 2022a)

รายงานขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลกในปี ค.ศ. 2023 พบว่าภูมิภาคเอเชียมีความเสี่ยงสูงที่สุดในโลกที่จะได้รับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยอุณหภูมิกำลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอัตราเร่งที่มากขึ้น ภัยธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วมและน้ำแล้งเป็นประเด็นที่พบมากที่สุด อากาศที่ร้อนจัดเริ่มพบเห็นได้บ่อยขึ้นและส่งผลกระทบชัดเจนมากขึ้นต่อการดำรงชีวิต (IPCC, 2022a) ดังนั้นภูมิภาคนี้จึงต้องระมัดระวังและเตรียมการให้พร้อมในการรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



ภาพที่ 2.3 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์

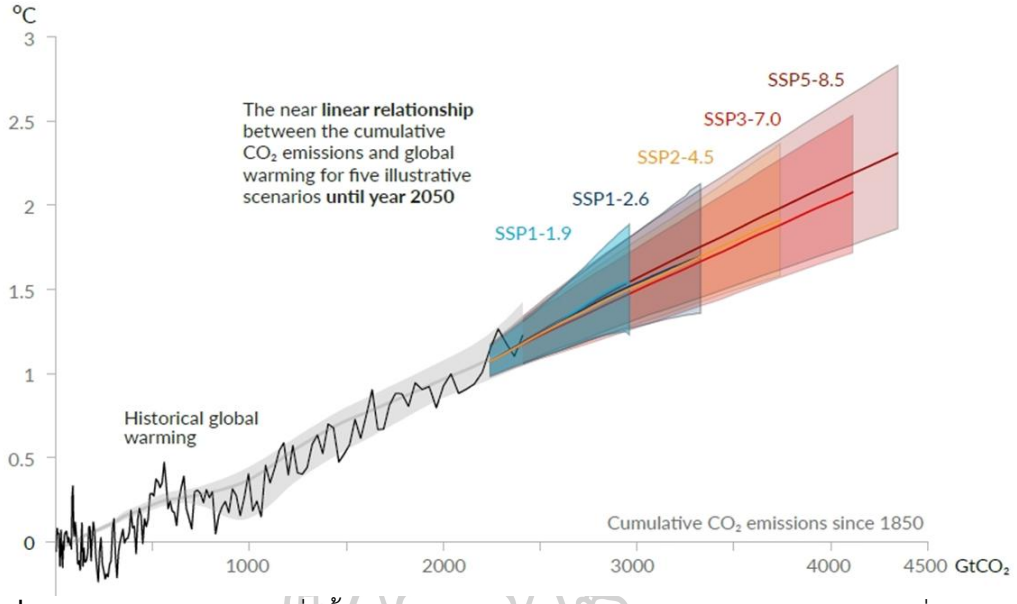
ที่มา: IPCC (2021)

2.2.3 ความพยายามในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

ประชาคมโลกได้ลงนามและให้สัตยาบันในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกันผ่านกลไกที่ชื่อว่า “กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ UNFCCC” ซึ่งกลไกนี้เป็นเครื่องมือเชิงนโยบายในการผลักดันให้เกิดความร่วมมือระหว่างประเทศ โดยอาศัยการมีส่วนร่วมและการแก้ปัญหาร่วมกันที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพตามหลักการความรับผิดชอบร่วมในระดับที่แตกต่าง และเป็นไปตามความสามารถและสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้คงที่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อระบบสภาวะอากาศ ซึ่งควรที่จะบรรลุภายในระยะเวลาที่เหมาะสมกับการให้ระบบนิเวศปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเป็นธรรมชาติ และเพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบที่รุนแรงต่อการผลิตอาหาร ตลอดจนเป็นการส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืน (ONEP, 2022)

ความตกลงระหว่างประเทศในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับล่าสุด คือ ความตกลงปารีส หรือ Paris agreement (PA) ซึ่งเกิดขึ้นในการประชุมรัฐภาคีประจำปี ครั้งที่ 21 (COP21) ที่เมืองปารีส ประเทศฝรั่งเศส ความตกลงปารีสเป็นกรอบกำหนดกฎกติการะหว่างประเทศที่มีความมุ่งมั่นมากยิ่งขึ้น (ต่อจากพิธีสารเกียวโต หรือ Kyoto Protocol และข้อแก้ไขโดฮา หรือ Doha Amendment) ในการมีส่วนร่วมของประเทศภาคีเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมุ่งเสริมสร้างการตอบสนองต่อภัยคุกคามจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับโลก ในบริบทของการพัฒนาที่ยั่งยืนและความพยายามในการขจัดความยากจน ซึ่งจุดมุ่งหมายหลักของความตกลงปารีสมี 3 ประเด็น (UNFCCC, 2015) ได้แก่

1) ควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยความพยายามแรก คือ มุ่งพยายามควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส การดำเนินการนี้อยู่บนหลักการที่ว่าการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ระดับนี้จะสามารถลดความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นโลกจะสามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในระดับต่ำมาก (SSP1-1.9) หรือต่ำ (SSP1-2.6) เท่านั้นเพื่อให้จุดมุ่งหมายนี้ประสบผลสำเร็จ (ภาพที่ 2.4 และตารางที่ 2.2)



ภาพที่ 2.4 การคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.2 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ช่วงเวลา	ระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก				
	ต่ำมาก (SSP1-1.9)	ต่ำ (SSP1-2.6)	ปานกลาง (SSP2-4.5)	สูง (SSP3-7.0)	สูงมาก (SSP5-8.5)
ระยะสั้น (2021–2040)	1.5 °C (1.2–1.7 °C)	1.5 °C (1.2–1.8 °C)	1.5 °C (1.2–1.8 °C)	1.5 °C (1.2–1.8 °C)	1.5 °C (1.3–1.9 °C)
ระยะกลาง (2041–2060)	1.6 °C (1.2–2.0 °C)	1.7 °C (1.3–2.2 °C)	2.0 °C (1.6–2.5 °C)	2.1 °C (1.7–2.6 °C)	2.4 °C (1.9–3.0 °C)
ระยะยาว (2061–2100)	1.4 °C (1.0–1.8 °C)	1.8 °C (1.3–2.4 °C)	2.7 °C (2.1–3.5 °C)	3.6 °C (2.8–4.6 °C)	4.4 °C (3.3–5.7 °C)

ที่มา: IPCC (2021)

2) เพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การส่งเสริมการสร้างภูมิต้านทานและความสามารถในการฟื้นตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการพัฒนาประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ โดยไม่กระทบต่อการผลิตอาหาร

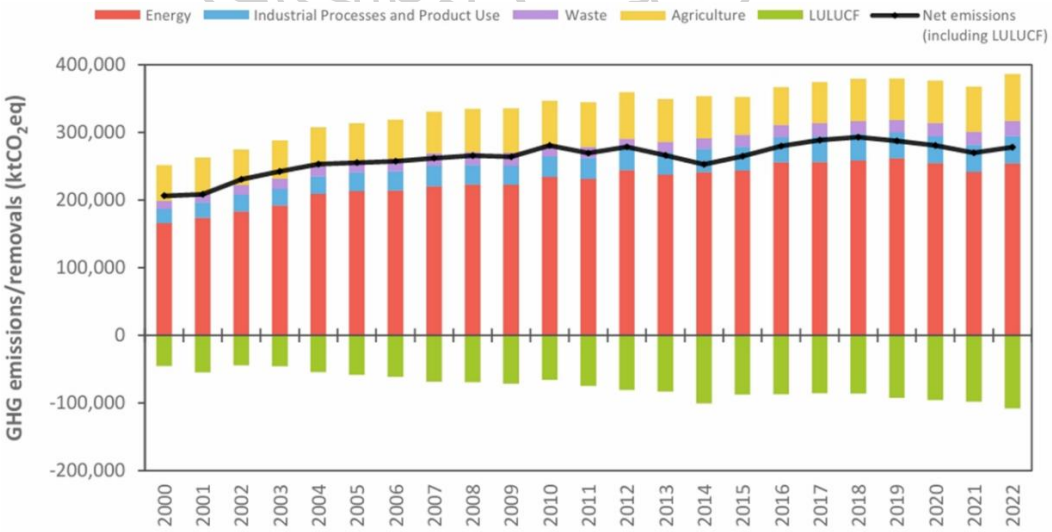
3) ทำให้เกิดเงินทุนหมุนเวียนที่มีความสอดคล้องกับแนวทางที่นำไปสู่การพัฒนาที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำและการพัฒนาให้มีภูมิต้านทานและความสามารถในการฟื้นตัวจากการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในด้านการลดก๊าซเรือนกระจก เพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายอุณหภูมิระยะยาวที่ได้กำหนดไว้

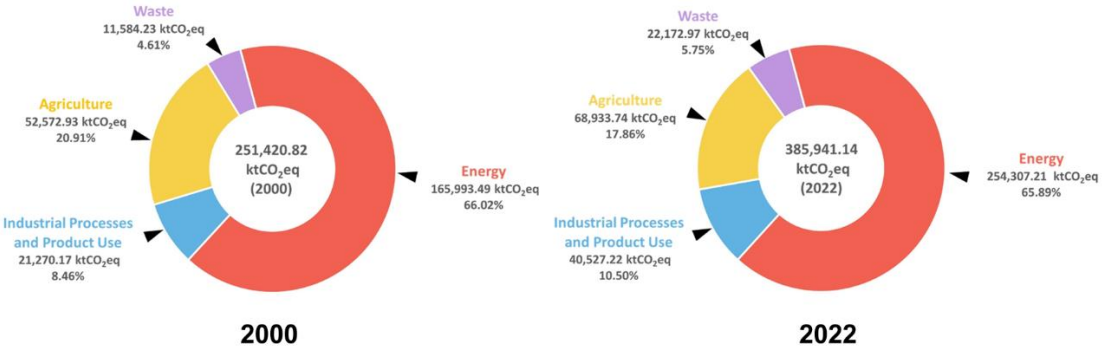
2.3 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

2.3.1 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

บัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยแบ่งออกเป็น 5 ภาคส่วน ได้แก่ ภาคพลังงาน (Energy sector) ภาคการเกษตร (Agriculture sector) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use หรือ IPPU sector) ภาคของเสีย (Waste sector) และภาคการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และป่าไม้ (Land use, land use change and forestry หรือ LULUCF sector) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000–2022 ในภาพที่ 2.5 และภาพที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกภาคส่วน ยกเว้นภาค LULUCF ที่มีการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของภาค LULUCF มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากการมีพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น (Department of Climate Change and Environment (DCCE), 2024)



ภาพที่ 2.5 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 2000–2022
ที่มา: DCCE (2024)



ภาพที่ 2.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยปี ค.ศ. 2000 และ 2022
ที่มา: DCCE (2024)

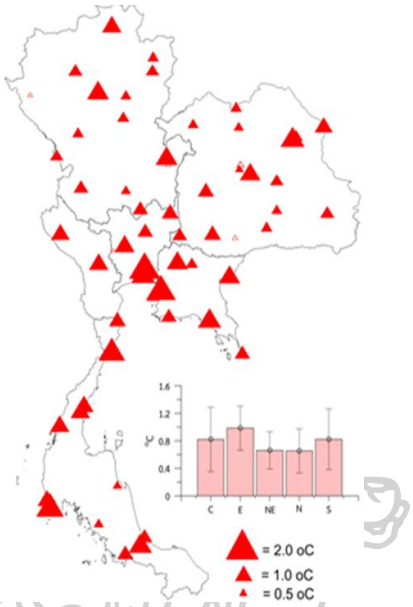
ในปี ค.ศ. 2022 (พ.ศ. 2565) ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงาน ภาคการเกษตร ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ และภาคของเสีย ในปริมาณ 254,307 $ktCO_2eq$, 68,934 $ktCO_2eq$, 40,527 $ktCO_2eq$ และ 22,173 $ktCO_2eq$ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 65.89 ร้อยละ 17.86 ร้อยละ 10.50 และร้อยละ 5.75 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ตามลำดับ สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละภาคส่วนในปี ค.ศ. 2000 และ ค.ศ. 2022 มีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเพิ่มขึ้นจาก 251,421 $ktCO_2eq$ ในปี ค.ศ. 2000 เป็น 385,941 $ktCO_2eq$ ในปี ค.ศ. 2022 (ภาพที่ 2.6)

2.3.2 สถานการณ์ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยได้มีการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยมีสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) หรือเดิมชื่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นหน่วยงานหลักในการสนับสนุนทุนวิจัยแก่นักวิจัยภายในประเทศ รวมทั้งได้จัดทำรายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ฉบับที่ 1 และ 2 (Thailand's Second Assessment Report on Climate Change หรือ TARC) ในปี ค.ศ. 2011 และ ค.ศ. 2016 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบ่งชี้ถึงผลกระทบเชิงลบและความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อเหตุการณ์ที่มีความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ เช่น เหตุการณ์ฝนตกหนักและน้ำท่วมที่เกิดขึ้นสลับกับภาวะภัยแล้งที่ยาวนานขึ้น โดยมีข้อมูลสนับสนุนดังนี้ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2559)

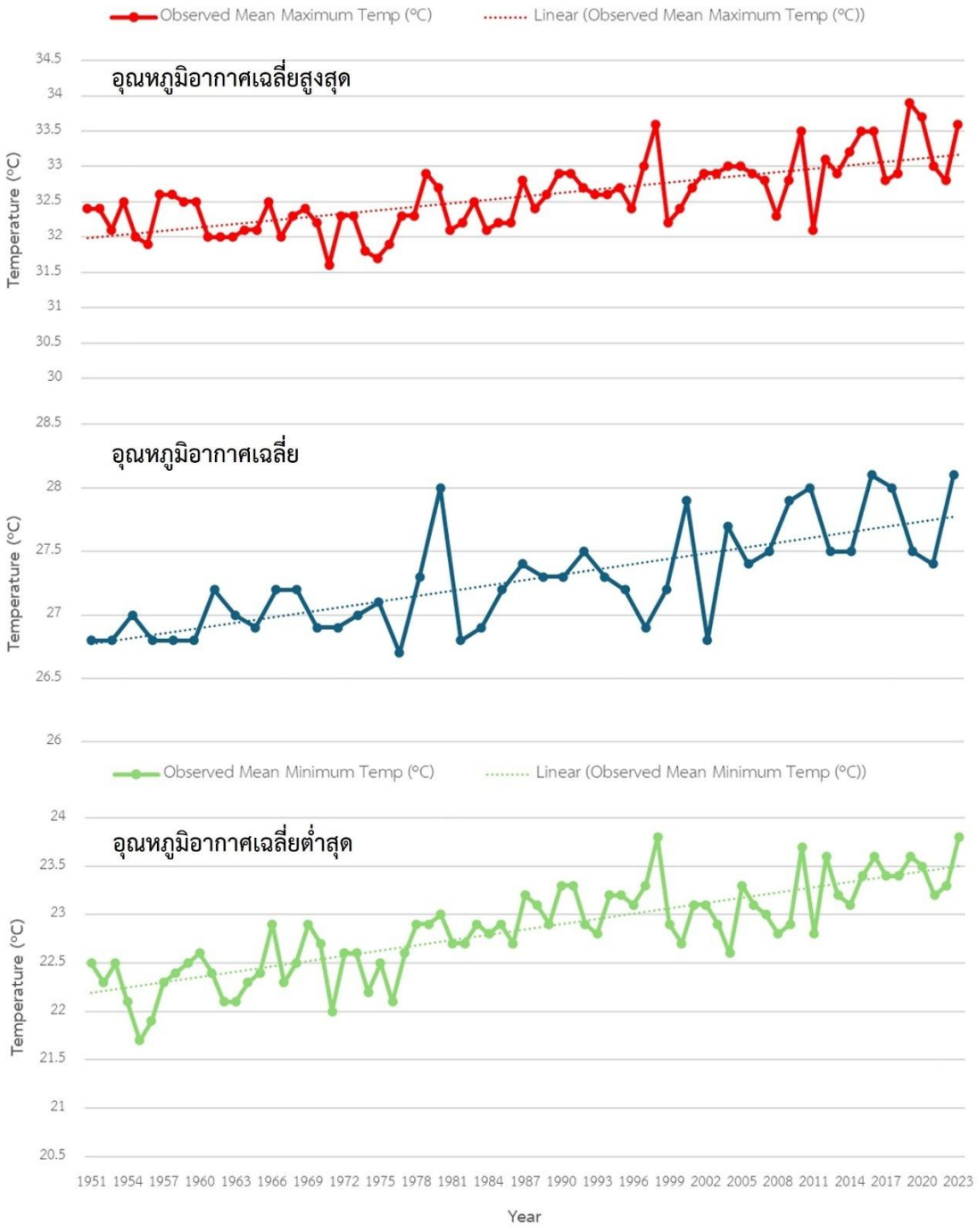
อุณหภูมิอากาศทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยในห้วงเวลาปี ค.ศ. 1970–2009 พบว่าอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้น 0.96 องศาเซลเซียส 0.92 องศาเซลเซียส และ 1.04 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 2.7) และยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.7 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1970–2009
ที่มา: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (2559)

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศของประเทศไทยระหว่างปี ค.ศ. 1951–2023
ที่มา: ONEP (2022)

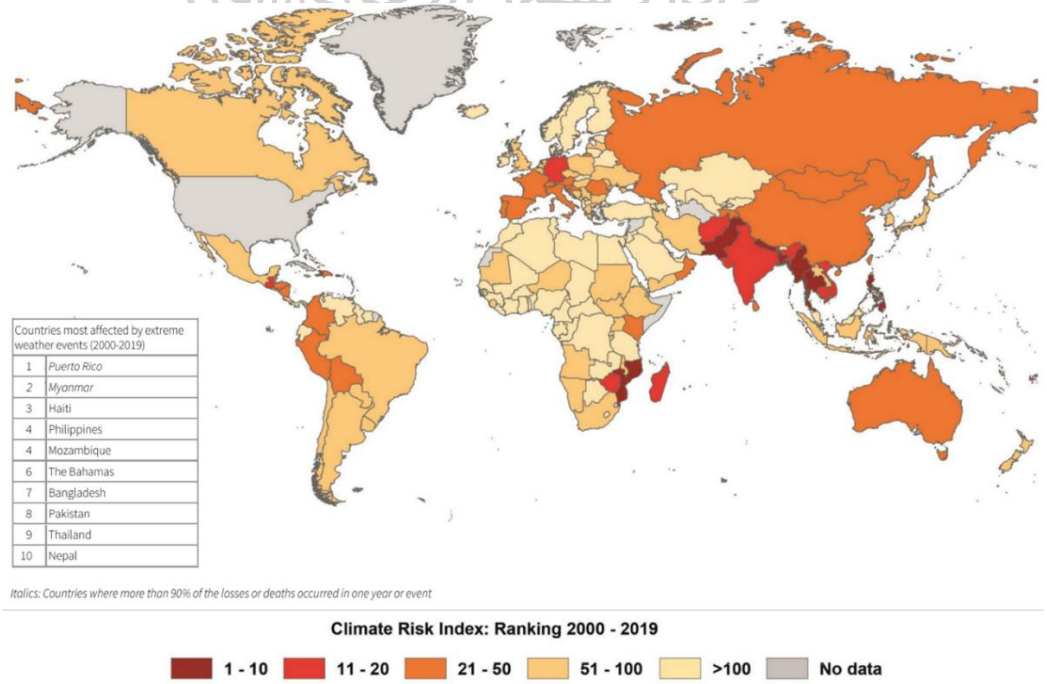
ปริมาณฝนสะสมรายปีในภาคใต้ฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย ระหว่างปี ค.ศ. 1955–2014 มีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามลำดับ ความถี่ของเหตุการณ์ฝนและระยะเวลา

ที่ฝนตกอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยลดลง แต่ความแรงของฝน ความเข้มของฝน และปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนตกหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในระหว่างปี ค.ศ. 1951–2014 มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่จำนวนพายุหมุนเขตร้อนในระดับรุนแรงกว่าพายุดีเปรสชั่นเขตร้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในรอบทุก ๆ 10 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 ในอนาคตช่วงสิ้นศตวรรษที่ 21 จำนวนพายุหมุนที่มีโอกาสเคลื่อนที่เข้าสู่อ่าวไทยและทำให้เกิดภัยจากคลื่นพายุซัดฝั่งจะลดลงร้อยละ 20–44 แต่จำนวนพายุที่มีความรุนแรงจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3–9 และอุณหภูมิน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2–4 องศาเซลเซียส

2.3.3 ความพยายามในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

แม้ว่าประเทศไทยจะมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่ถึงร้อยละ 1 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก แต่การศึกษาของ Eckstein et al. (2021) แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยเป็นหนึ่งในสิบประเทศที่มีความเสี่ยงสูงต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจและผลกระทบร้ายแรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ดูภาพที่ 2.9)

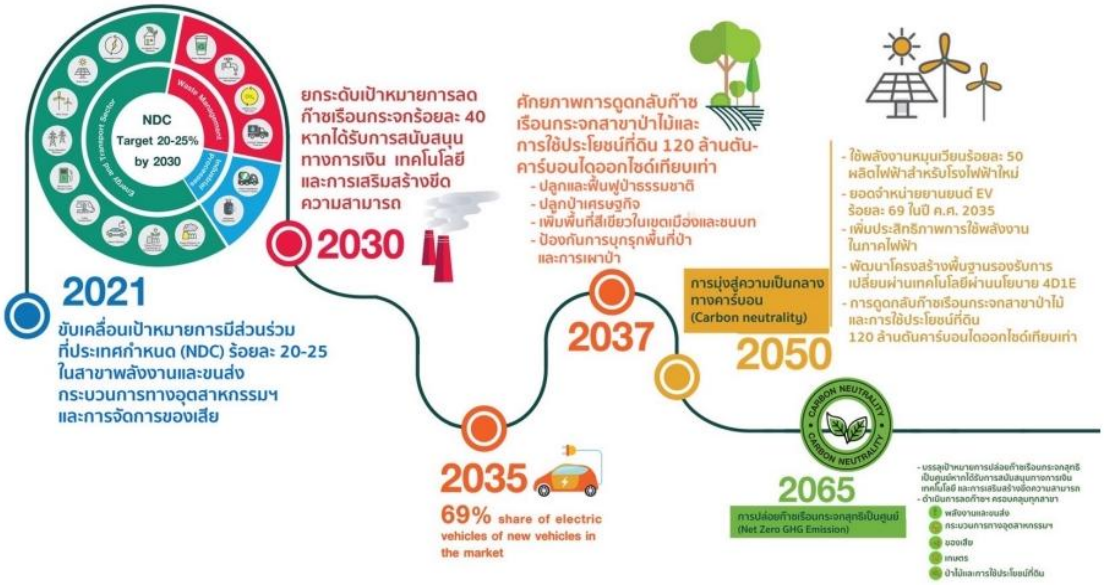


ภาพที่ 2.9 ดัชนีความเสี่ยงภัยจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ที่มา: Eckstein et al. (2021)

ด้วยความเสี่ยงและผลกระทบดังกล่าว รวมทั้งสถานะของประเทศไทยในฐานะรัฐภาคีภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเทศไทยจึงได้มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกับประชาคมโลก ผ่านการกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามศักยภาพของประเทศ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 เป้าหมายการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนดเอง (Nationally Determined Contributions หรือ NDCs) โดยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 30–40 ภายในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) เมื่อเทียบกับแนวโน้มการดำเนินงานปกติ (Business as Usual: BAU) ของปี ค.ศ. 2005 (พ.ศ. 2548) ระยะที่ 2 เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ. 2593) และระยะที่ 3 เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero GHG Emissions) ภายในปี ค.ศ. 2065 (พ.ศ. 2618) ดังแสดงในภาพที่ 2.10 ประเทศไทยได้กำหนดนโยบาย แผนงาน กรอบวิจัย วิธีการ แนวทาง และเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงเพิ่มความสามารถในการปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผ่านแผนระดับชาติและแผนที่เกี่ยวข้อง (ONEP, 2022; DCCE, 2024) ซึ่งประกอบด้วย

1) ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พ.ศ. 2561–2580
2) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 พ.ศ. 2566–2570
3) นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579
4) แผนด้านวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรมของประเทศ พ.ศ. 2566–2570
5) แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558–2593
6) แผนการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ
7) ยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาแบบปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำของประเทศ
8) แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564–2573
9) (ร่าง) พระราชบัญญัติการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ....
10) แผนรายภาคส่วนหรือสาขาที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ
11) กรอบหรือโครงการประเมินและลดก๊าซเรือนกระในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ และโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย



ภาพที่ 2.10 เป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2566)

2.4 หลักการของคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร

คาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร (CFO) หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร ครอบคลุมทั้งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงและทางอ้อม โดยทำการจำแนกตามแหล่งกำเนิดที่มีนัยสำคัญ และวัดปริมาณออกมาในรูปของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ton CO_2 equivalent หรือ tCO_2eq) ซึ่งช่วยให้องค์กรสามารถกำหนดแนวทางบริหารจัดการและมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรพิจารณาแบ่งออกเป็น 3 ขอบเขต (Scope) ดังแสดงในภาพที่ 2.11 (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2565ก; Fong et al., 2014) ได้แก่

ขอบเขตที่ 1 หรือ Scope 1 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากกิจกรรมขององค์กร (Direct emissions) เช่น การเผาไหม้อยู่กับที่ (Stationary combustion) การเผาไหม้เคลื่อนที่ (Mobile combustion) รวมทั้งการรั่วไหลต่าง ๆ (Fugitive emissions) เช่น สารดับเพลิง สารทำความเย็น และมีเทนจากระบบบำบัดน้ำเสียและระบบ Septic tank

ขอบเขตที่ 2 หรือ Scope 2 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emissions) ขององค์กรที่ซื้อใช้จากภายนอกองค์กร เช่น ไฟฟ้า พลังงานความร้อน ไอน้ำ และอากาศอัด เป็นต้น

ขอบเขตที่ 3 หรือ Scope 3 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ที่นอกเหนือจาก Scope 1 และ 2 และมีความเกี่ยวข้องกับองค์กร ซึ่งประกอบด้วย 15 หมวดหมู่ (Categories) ได้แก่

Category 1 คือ การซื้อวัตถุดิบและบริการ (Purchased goods and services) โดยพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบและบริการที่องค์กรซื้อหรือมีการใช้ในปีที่รายงาน

Category 2 คือ สินค้าทุน (Capital goods) โดยพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสินค้าทุนที่องค์กรซื้อหรือได้มาในปีที่รายงาน โดยทั่วไปสินค้าทุนหมายถึงสิ่งที่มีอายุการใช้งานระยะเวลานาน เช่น อุปกรณ์ เครื่องจักร อาคารสิ่งปลูกสร้าง และยานพาหนะ เป็นต้น

Category 3 คือ การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel and energy related activities) โดยพิจารณาจาก

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตเชื้อเพลิงที่ใช้ในขอบเขตที่ 1
2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2
3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสูญเสียไฟฟ้าในสายส่งไฟฟ้า (Transmission and distribution losses)
4) การผลิตไฟฟ้าที่ซื้อมาขายให้กับผู้ใช้ปลายทาง

Category 4 คือ การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ (Upstream transportation and distribution) โดยพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยงานภายนอกที่ดำเนินการขนส่งและกระจายสินค้าระหว่างคู่ค้าระดับ 1 กับองค์กรผู้รายงานซื้อมาในปีที่รายงาน หรือเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยงานภายนอกที่ดำเนินการขนส่งและกระจายสินค้าตลอดห่วงโซ่อุปทานขององค์กรผู้รายงานซื้อมาในปีที่รายงาน ซึ่งข้อมูลนี้จะต้องไม่นับซ้ำกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รายงานในขอบเขตที่ 1

Category 5 คือ การจัดการของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม (Waste generated in operations) โดยพิจารณาจาก

1) การฝังกลบ (Landfill)
2) การฝังกลบที่มีการนำ Landfill Gas ไปใช้ประโยชน์
3) การนำไปรีไซเคิล
4) การเผา
5) การนำไปทำปุ๋ย (Composting)
6) การนำไปผลิตพลังงาน
7) การบำบัดน้ำเสีย

Category 6 คือ การเดินทางเพื่อธุรกิจ (Business travel) โดยพิจารณาการเดินทางของบุคลากรที่ดำเนินกิจกรรมขององค์กร ทั้งทางรถ เรือ เครื่องบิน รถไฟ ที่เป็นการจ้างเหมาภายนอก ซึ่งข้อมูลนี้จะต้องไม่นับซ้ำกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รายงานในขอบเขตที่ 1

Category 7 คือ การเดินทางของพนักงาน (Employee commuting) โดยพิจารณาก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเดินทางไป-กลับ ระหว่างองค์กรและที่พักของพนักงาน ซึ่งการเดินทางระหว่างองค์กรและที่พักของพนักงานพิจารณาทั้งรถส่วนตัวของพนักงานเองและรถที่องค์กรจ้างเหมาให้เป็นสวัสดิการสำหรับรับ-ส่งพนักงาน รวมถึงผู้ที่มาติดต่อกับองค์กร

Category 8 คือ การใช้สินทรัพย์ที่เช่า (Upstream leased assets) โดยพิจารณากิจกรรมการใช้สินทรัพย์ที่เช่า

Category 9 คือ การขนส่งและการกระจายสินค้า (Downstream transportation and distribution) โดยพิจารณาจาก

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งและการกระจายสินค้าที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง/การจัดเก็บสินค้า/สิ่งอำนวยความสะดวกที่บริษัทไม่ได้เป็นเจ้าของ
2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากบริการขนส่งสินค้าที่จ่ายโดยผู้จัดซื้อรายแรก หรือผู้จัดซื้อรายอื่น ๆ ตลอดห่วงโซ่อุปทานในปีที่รายงาน ซึ่งข้อมูลนี้จะต้องไม่นับซ้ำกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รายงานในขอบเขตที่ 1

Category 10 คือ การแปรรูปสินค้าที่จำหน่าย (Processing of sold products) โดยพิจารณาจากขั้นตอนการแปรรูปสินค้าสำหรับ Intermediate products

Category 11 คือ การใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย (Use of sold products) โดยพิจารณาขั้นตอนการใช้งานสินค้า

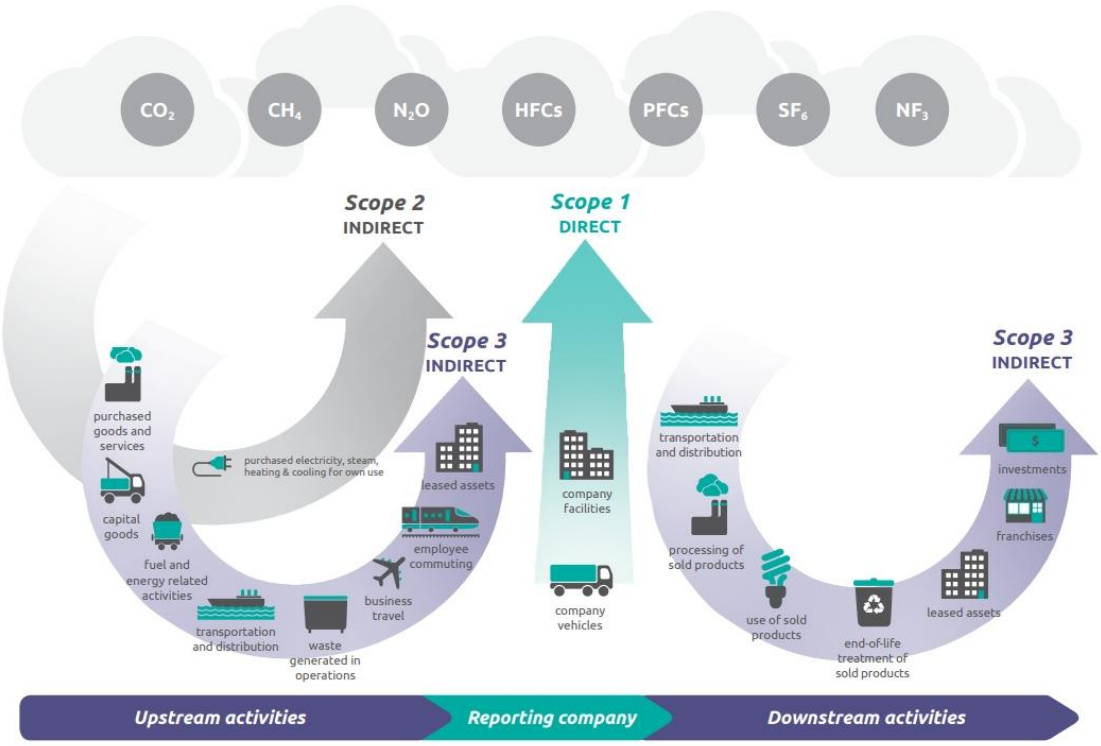
Category 12 คือ การจัดการซากผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย (End of life treatment of sold products) โดยพิจารณา

1) น้ำหนักของผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่จำหน่ายให้บริโภค
2) สัดส่วนของของเสียที่นำไปกำจัดโดยวิธีต่าง ๆ เช่น การฝังกลบ การเผา และการรีไซเคิล

Category 13 คือ การให้เช่าสินทรัพย์ (Downstream leased assets) โดยพิจารณากิจกรรมการใช้สินทรัพย์ที่ปล่อยเช่า

Category 14 คือ แฟรนไชส์ (Franchises) โดยพิจารณากิจกรรมของแฟรนไชส์

Category 15 คือ การลงทุน (Investment) โดยพิจารณาสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสัดส่วนการลงทุนที่มีการถือหุ้นบริษัท



ภาพที่ 2.11 การจำแนกขอบเขตในการประเมินกิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ที่มา: Barrow et al. (2014)

การรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรประกอบด้วยหลักการพื้นฐานที่สำคัญ 5 ข้อ ดังนี้ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2565ก)

1) ความตรงประเด็น (Relevance) หมายถึง การคัดเลือกแหล่งปล่อย เก็บสะสม กักเก็บข้อมูลของก๊าซเรือนกระจก รวมไปถึงการวิเคราะห์และคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย ให้สอดคล้องกับกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร เพื่อกำหนดแนวทางมาตรการต่าง ๆ

2) ความไม่ขัดแย้ง (Consistency) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการเก็บรวบรวมและคำนวณได้มาเปรียบเทียบแล้วไม่เกิดความขัดแย้งกัน สอดคล้องและเชื่อมโยงไปในทิศทางเดียวกัน

3) ความสมบูรณ์ (Completeness) หมายถึง ปริมาณการปล่อยและดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกที่ทำการเก็บและประเมินข้อมูล ควรมาจากทุกกิจกรรมที่ครอบคลุมทั้งหมดภายในองค์กร

4) ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง การลดอคติและความไม่แน่นอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้มีความถูกต้องและเที่ยงตรงมากที่สุด

5) ความโปร่งใส (Transparency) หมายถึง การเปิดเผยข้อมูลของการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอและเหมาะสม โดยที่กลุ่มเป้าหมายสามารถนำไปตรวจสอบและนำไปใช้ตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม

2.5 สิ่งอำนวยความสะดวกสำคัญของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล

ธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลเป็นสถานบริการที่เปิดให้บุคคลทั่วไปเข้ามาใช้งานสนามฟุตบอล โดยคิดค่าบริการเป็นรายชั่วโมงหรือรายเดือน ทั้งนี้ การเช่าสนามมักใช้เพื่อการออกกำลังกายทั่วไป การฝึกซ้อมฟุตบอล หรือการจัดการแข่งขันฟุตบอล การตัดสินใจเลือกใช้บริการสนามฟุตบอลนอกจากพิจารณาคุณภาพของสนามที่ได้มาตรฐานแล้ว ยังขึ้นอยู่กับการให้บริการและสิ่งอำนวยความสะดวกที่ครบครัน ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความพึงพอใจและความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้บริการ ตัวอย่างเช่น ทำเลที่ตั้งของสนามเพื่อความสะดวกในการเดินทาง และมีพื้นที่จอดรถเพียงพอ ห้องสุขาและห้องอาบน้ำที่สะอาดและเพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้บริการ ร้านค้าปลีกหรือร้านอาหารเพื่อรองรับความต้องการของผู้มาใช้บริการ สนามที่มีหลังคาในร่ม (Indoor) สามารถใช้งานได้ทุกสภาพอากาศ ห้องยิมหรือห้องฟิตเนส เพื่อเป็นทางเลือกเพิ่มเติมสำหรับการออกกำลังกาย นอกเหนือจากการใช้สนามฟุตบอล (วศพล สกุลมีฤทธิ์, 2565) โดยสรุป ธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลมักจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานเหล่านี้เพื่อรองรับการใช้งานและเพิ่มประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้ใช้บริการ

2.5.1 สนามฟุตบอล

สนามฟุตบอลที่นิยมใช้ในปัจจุบันนิยมมี 2 ประเภท คือ สนามหญ้าเทียม (Artificial grass) และสนามหญ้าธรรมชาติ (Natural grass)

1) สนามหญ้าเทียม เป็นสนามกีฬาที่ใช้หญ้าเทียมปูเป็นพื้นสนาม โดยมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งาน ซึ่งพัฒนาขึ้นให้ใกล้เคียงกับหญ้าธรรมชาติมากที่สุดจากเส้นใยสังเคราะห์ อย่างไรก็ดี การติดตั้งสนามหญ้าเทียมจำเป็นต้องปรับพื้นให้เรียบและวางแผ่นรองกันกระแทก (Shock pad) ก่อนปูหญ้าเทียม เพื่อสร้างความเรียบเสมอและเพิ่มความหนาแน่นของพื้นสนาม โดยปกติจะใช้วัสดุสังเคราะห์หลัก 2 ชนิด ได้แก่ (1) Polyethylene (PE) เป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงและทนต่อสภาพอากาศ จึงเหมาะสำหรับสนามกลางแจ้งที่ไม่มีหลังคาปกคลุม และ (2) Polypropylene (PP) มีความแข็งแรงและทนทานน้อยกว่า PE แต่สามารถทนต่อสารเคมีได้ เหมาะสำหรับการใช้งานชั่วคราวหรือสนามในร่ม และมีราคาประหยัดกว่า (Field Turf, 2021)

นอกจากนี้ สนามหญ้าเทียมยังต้องมีการเติมทรายซิลิกาและเม็ดยาง เพื่อเพิ่มความสมจริง ทำให้ใบหญ้าตั้งตรงเป็นธรรมชาติ เพิ่มความนุ่มต่อพื้นผิวสัมผัส และเพิ่มความต้านทานการสึก

หรอของหญ้าเทียม เม็ดยางที่นิยมใช้มี 3 ประเภท ได้แก่ (1) SBR Crumb (Styrene Butadiene Rubber) ผลิตจากยางรีไซเคิล มีขนาด 1–3 มม. เป็นยางสไตรีน-บิวทาไดอีน (2) TPE (Thermoplastic Elastomers) เป็นยางเทอร์โมพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นสูงและแข็งแรง ผลิตด้วยกระบวนการเฉพาะ โดยเม็ดยางเป็นโพลีเมอร์ เช่น PU (Polyurethane) PE (Polyethylene) EPDM (Ethylene propylene diene monomer) SBS (Styrene butadiene styrene) SEBS (Styrene ethylene butylene styrene) PP (Polypropylene) PC (Polycarbonate) PA (Polyamide) และ ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) และ (3) EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer): เป็นยางสังเคราะห์ไร้ฝุ่น มีความต้านทานต่อแสงแดด ความร้อน และสารเคมี ขนาดประมาณ 1–3 มม.

ข้อดีของสนามหญ้าเทียม ได้แก่ พื้นสนามสม่ำเสมอ ทนต่อการใช้งานหนัก ไม่ต้องบำรุงรักษาบ่อย และช่วยลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของผู้เล่นหรือผู้ใช้สนาม ในขณะที่ข้อเสีย ได้แก่ ค่าติดตั้งสูง หากระบบพื้นสนามไม่ดีอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากไมโครพลาสติกที่รั่วไหล และทำให้อุณหภูมิสนามสูงขึ้นในฤดูร้อน (ARTURF, 2024a)

2) สนามหญ้าธรรมชาติ เป็นสนามที่มีหญ้าจริงปกคลุมบนดินและทราย โดยต้องปรับพื้นสนามให้เรียบและสม่ำเสมอก่อนการปูหญ้า เพื่อป้องกันความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของผู้ใช้สนาม คุณภาพของสนามขึ้นอยู่กับคุณภาพของดิน หากดินมีคุณภาพดีจะทำให้พื้นสนามนุ่ม มีการยึดเกาะตามธรรมชาติ และให้ความรู้สึกเย็นสบายต่อพื้นผิว ในทางตรงกันข้าม หากเจอสภาพอากาศแปรปรวน เช่น ฝนตก สนามอาจลื่น ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บได้ การเลือกหญ้าธรรมชาติเพื่อใช้ปูสนาม ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับภูมิภาคและระบบระบายน้ำของสนามด้วย ข้อดีของสนามหญ้าธรรมชาติ ได้แก่ พื้นสนามนุ่มและให้ความรู้สึกเป็นธรรมชาติ พื้นสนามเย็นสบายและสร้างความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ และค่าติดตั้งไม่สูงมากเมื่อเทียบกับสนามหญ้าเทียม ในขณะข้อเสีย ได้แก่ พื้นสนามเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศ ต้องบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ความทนทานต่ำ ไม่เหมาะกับการใช้งานหนัก และค่าบำรุงรักษาสูง (ARTURF, 2024b)

2.5.2 ส่วนบริการห้องสุขาและห้องอาบน้ำ

ส่วนบริการนี้เป็นพื้นที่สำหรับการใช้ห้องสุขาและห้องอาบน้ำของผู้ใช้บริการโดยทั่วไป สัดส่วนของห้องน้ำสำหรับผู้ชายและผู้หญิงมักมีขนาดแตกต่างกัน ห้องน้ำของผู้ชายมักมีพื้นที่กว้างกว่า เนื่องจากแบ่งเป็นหลายโซน ได้แก่ ห้องสุขา ห้องอาบน้ำ และห้องแต่งตัว ซึ่งจำเป็นสำหรับการใช้งานทั้งก่อนและหลังการใช้สนามฟุตบอล เช่น การเปลี่ยนชุดกีฬา การทำความสะอาดร่างกาย และการเตรียมตัวสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ

2.5.3 ส่วนบริการอาหารและเครื่องดื่ม

ส่วนบริการนี้เป็นพื้นที่สำหรับรองรับผู้ใช้บริการและผู้ติดตาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บริการสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ได้แก่ การให้บริการอาหารและเครื่องดื่ม โดยเฉพาะเครื่องดื่มที่จำเป็นต่อผู้ที่ออกกำลังกาย พื้นที่นั่งพักผ่อน การให้บริการอินเทอร์เน็ต รวมถึงการตรวจสอบและจัดการรายละเอียดการจองสนาม เพื่ออำนวยความสะดวกและสร้างประสบการณ์การใช้บริการที่ราบรื่นและมีคุณภาพ

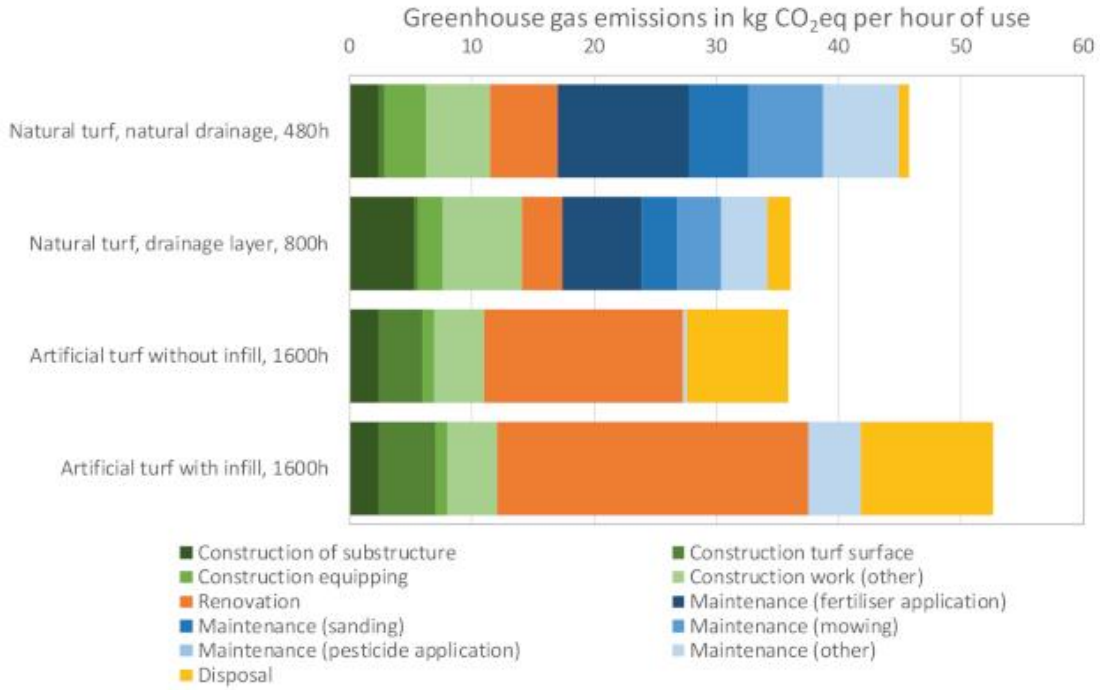
2.5.4 ลานจอดรถ

ลานจอดรถเป็นพื้นที่อำนวยความสะดวกสำหรับผู้ใช้บริการและผู้ที่เกี่ยวข้องที่เดินทางมาด้วยยานพาหนะส่วนตัว โดยทั่วไปจะจัดให้มีทั้งลานจอดรถกลางแจ้งและลานจอดรถในร่ม เพื่อรองรับปริมาณผู้ใช้บริการและเพิ่มความสะดวกสบายในการเข้าถึงสนามฟุตบอล

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สนามหญ้าเทียมและสนามหญ้าธรรมชาติมีความแตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละประเภทสนามมีวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle) ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน การปรับปรุง การบำรุงรักษา จนถึงการกำจัดซาก อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลหรือสโมสรฟุตบอลค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งถือเป็นช่องว่างขององค์ความรู้ ผู้จัดทำจึงได้รวบรวมและสรุปประเด็นสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

การศึกษาของ Itten et al. (2020) ได้วิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของสนามกีฬาที่ใช้หญ้าธรรมชาติ หญ้าเทียม และหญ้าแบบผสม (Hybrid grass) ในเมืองซูริก ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยใช้หลักการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment หรือ LCA) ผลการศึกษาพบว่าผลกระทบในแต่ละช่วงของวัฏจักรชีวิตของสนามแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 2.12) ดังนี้



ภาพที่ 2.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนามชนิดต่าง ๆ ต่อชั่วโมงการใช้งาน
ที่มา: Itten et al. (2020)

1) ในช่วงของการก่อสร้าง สนามหญ้าเทียมมีการใช้วัสดุสังเคราะห์และพลังงานจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด

2) ในช่วงการใช้งาน สนามหญ้าเทียมสามารถใช้งานได้ตลอดทั้งปีและมีอายุการใช้งานยาวนาน ทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อชั่วโมงการใช้งานต่ำกว่าสนามหญ้าธรรมชาติ

3) ในช่วงการบำรุงรักษา สนามหญ้าธรรมชาติต้องใช้ปุ๋ยเคมีและพลังงานในการตัดหญ้า จึงทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด

4) ในช่วงการกำจัดซาก สนามหญ้าเทียมต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมากในการจัดการเศษวัสดุสังเคราะห์ ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าสนามหญ้าธรรมชาติ

5) การจัดการสนามเพิ่มเติม การใช้ระบบระบายน้ำแบบหลายชั้น (Drainage layer) สำหรับสนามหญ้าธรรมชาติ หรือการไม่เติมเม็ดยางสำหรับสนามหญ้าเทียม (Without infill) สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น การเลือกประเภทสนามให้เหมาะสมควรพิจารณาวัตถุประสงค์การใช้งาน ระยะเวลาการใช้งาน (ระยะสั้นหรือระยะยาว) และต้นทุนที่มีอยู่ เช่น หากต้องการใช้งานสนามเป็นระยะยาว การเลือกสนามหญ้าเทียมอาจคุ้มค่าและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าสนามหญ้าธรรมชาติ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกิดจากการใช้สนามหญ้าเทียมและ

หญ้าธรรมชาติ นอกเหนือจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ปัญหาไมโครพลาสติกจากเม็ดยางเติมสนามหญ้าเทียม โดยเฉพาะเม็ดยางรีไซเคิลจากยางรถยนต์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของโลหะหนักและโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons หรือ PAHs) แม้ว่าจะเป็นวัสดุรีไซเคิล แต่หากรั่วไหลออกนอกระบบก็ยังคงก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับบำรุงรักษาหญ้าธรรมชาติอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์ Eutrophication เมื่อไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลให้สาหร่ายและพืชน้ำสังเคราะห์แสงเจริญเติบโตเร็วขึ้นจนลดปริมาณออกซิเจนในน้ำ (IAKS, 2021)

ปัญหาไมโครพลาสติกของสนามหญ้าเทียมได้รับการยืนยันโดย Bohne and Lohne (2024) ซึ่งรายงานว่าสนามหญ้าเทียมก่อให้เกิดไมโครพลาสติกและการชะล้างสารเคมีจากส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ แผ่นรองพื้น เส้นใยสังเคราะห์ของหญ้าเทียม และเม็ดยางเติม (Infill) เพื่อเพิ่มความเสถียรและประสิทธิภาพของหญ้าเทียม นอกจากนี้ การใช้สารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงสมบัติของวัสดุสังเคราะห์ยังส่งผลให้เกิดการชะล้างของโลหะหนัก เช่น สังกะสี และสารกลุ่มโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าสนามหญ้าเทียมมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Khanna et al. (2024) ซึ่งประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของสโมสรฟุตบอลในรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) พบว่า แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนสูงสุดมาจากกิจกรรมใน ขอบเขตที่ 3 (Scope 3) รองลงมาคือการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ขอบเขตที่ 2 (Scope 2) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.5 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด พลังงานไฟฟ้านี้ถูกใช้สำหรับการส่องสว่างในสนามและพื้นที่โดยรอบ ใช้ในสำนักงาน และใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้เล่นและแฟนบอลทั้งในช่วงฝึกซ้อมและการแข่งขัน (ตารางที่ 2.3)

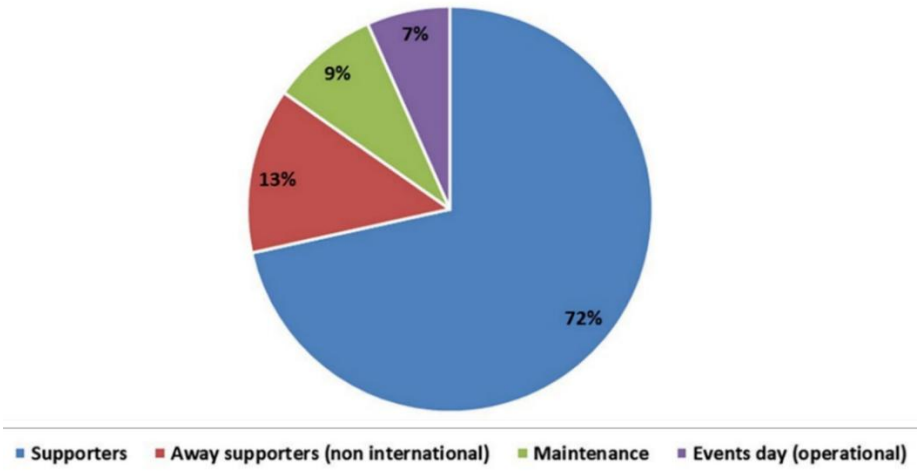
เมื่อวิเคราะห์เป็นรายกิจกรรม พบว่ากิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในขอบเขตที่ 3 คือ การเดินทางของผู้เข้าชมการแข่งขัน (Supporters) โดยเฉพาะการเดินทางด้วยเครื่องบิน คิดเป็นร้อยละ 72 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด แม้ว่ากิจกรรมนี้จะปล่อยก๊าซมากที่สุด แต่สโมสรฟุตบอลไม่สามารถควบคุมเพื่อลดการปล่อยก๊าซได้โดยตรง รองลงมาคือ การเดินทางของกองเชียร์ทีมเยือนภายในประเทศ (Away supporters) คิดเป็นร้อยละ 13 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด การปล่อยก๊าซจากกิจกรรมบำรุงรักษาพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 9 และกิจกรรมวันแข่งขันคิดเป็นร้อยละ 7 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม (ภาพที่ 2.13)

ตารางที่ 2.3 ระดับความสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมของสโมสรฟุตบอลในแต่ละขอบเขต (Scope)

ขอบเขตและกิจกรรม	ส่วนประกอบ				
	สำนักงานและสิ่งอำนวยความสะดวกภายใน	พื้นที่ภายนอก	ชั้นจอดรถ	สนาม	พื้นที่ส่วนกลางและอัฒจันทร์
Scope 1 – Direct emission	Very significant	Not significant	Not significant	Not significant	Not significant
Scope 2 – Indirect emission	Very significant	Significant	Very significant	Not significant	Significant
Scope 3 – Other indirect emission					
1) การซื้อสินค้าและบริการ	Significant	Not significant	Not significant	Not significant	Very significant
2) การได้มาของพลังงานและอื่น ๆ จากการบริการภายนอก (การจัดการ การบำรุงรักษา การสนับสนุนงานกิจกรรม และการจัดเลี้ยง)	Not significant	Significant	Very significant	Very significant	Very significant
3) การขนส่งวัตถุดิบ	Not significant	Not significant	Not significant	Significant	Very significant
4) การจัดการของเสีย	Not significant	Significant	Not significant	Significant	Very significant
5) การเดินทางเพื่อธุรกิจ	Very significant	Not significant	Not significant	Not significant	Not significant
6) การเดินทางไปกลับของพนักงาน	Very significant	Significant	Significant	Not significant	Not significant
7) การเดินทางของกองเชียร์และทีมงาน	Not significant	Not significant	Very significant	Not significant	Very significant

หมายเหตุ: Not significant Significant Very significant

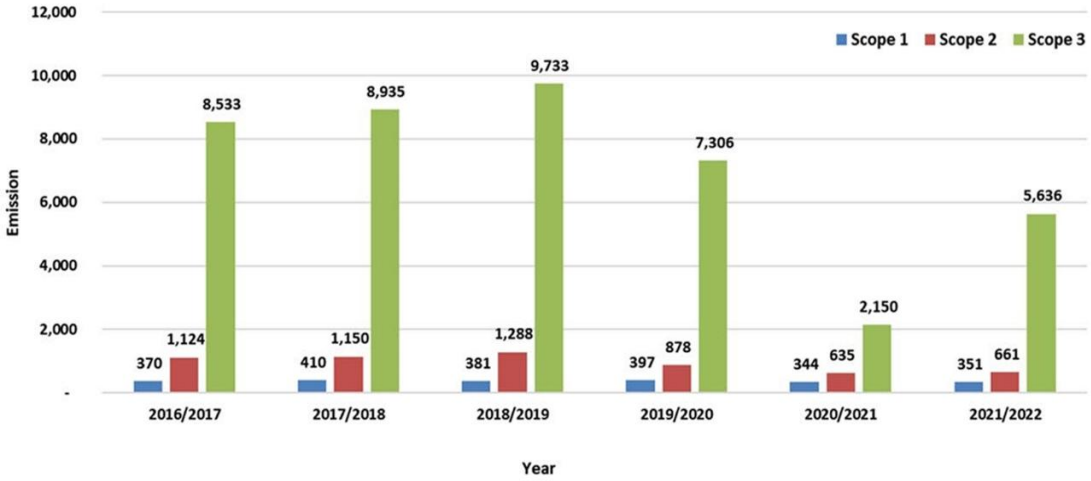
ที่มา: Khanna et al. (2024)



ภาพที่ 2.13 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางเทคนิค

ที่มา: Khanna et al. (2024)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหลายปี (ระหว่างปี ค.ศ. 2016/2017–2021/2022) พบว่าภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงปี ค.ศ. 2019/2020–2021/2022 ลดลงเมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2016/2017–2018/2019 สาเหตุสำคัญมาจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 (COVID-19) ในทุกช่วงปี กิจกรรมในขอบเขตที่ 3 ยังคงเป็นแหล่งปล่อยก๊าซสูงสุด รองลงมาคือกิจกรรมในขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 1 ตามลำดับ (ภาพที่ 2.14)



ภาพที่ 2.14 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขตระหว่างปี 2016/2017–2021/2022
ที่มา: Khanna et al. (2024)

ดังนั้นเพื่อให้สโมสรฟุตบอลดำเนินงานอย่างยั่งยืนและสอดคล้องกับบริบทการเปลี่ยนแปลงของโลก สหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (Fédération Internationale de Football Association หรือ FIFA) และสหภาพสมาคมฟุตบอลยุโรป (Union of European Football Associations หรือ UEFA) ได้เริ่มสนับสนุนให้สโมสรฟุตบอลดำเนินกิจการโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังขาดผลงานวิจัยที่สนับสนุนความสำเร็จของการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม (Khanna et al., 2024) ในเบื้องต้น ทั้ง FIFA และ UEFA สนับสนุนให้สโมสรฟุตบอลเลือกใช้วัสดุทดแทนเม็ดยางเติมสนาม เช่น การใช้วัสดุอินทรีย์จากไม้หรือกะลามะพร้าว เป็นต้น

การศึกษาของ Russo et al. (2022) ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของสนามฟุตบอล ตั้งแต่การก่อสร้าง การใช้งาน การบำรุงรักษา ไปจนถึงการจัดการซาก เพื่อเปรียบเทียบสนามหญ้าธรรมชาติและสนามหญ้าเทียมที่เติมเม็ดยางจากวัสดุใช้แล้ว ผลการวิจัยสรุปว่า การใช้เม็ดยางจากวัสดุรีไซเคิลหรือการนำวัสดุสังเคราะห์กลับมาใช้ใหม่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สนามหญ้าเทียมมีความยั่งยืนมากขึ้น ขณะเดียวกัน การใช้เทคโนโลยีประหยัดน้ำและพลังงานควบคู่กับการเลือกพันธุ์

หญ้าที่ต้องการการดูแลน้อย เป็นแนวทางสำคัญในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสนามหญ้าธรรมชาติ

การศึกษาของ Simmons and Latham (2024) เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของสนามหญ้าธรรมชาติและสนามหญ้าเทียม โดยวิเคราะห์ทั้งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม สุขภาพ ข้อกฎหมาย และความเสมอภาคทางสังคม พบว่าสนามหญ้าเทียมมีความทนทาน ใช้งานได้ตลอดปี และใช้ทรัพยากรในการบำรุงรักษาน้อยกว่าสนามหญ้าธรรมชาติ แต่ก่อให้เกิดปัญหาขยะและไมโครพลาสติก ในขณะที่สนามหญ้าธรรมชาติมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่ต้องใช้การดูแลรักษามากและมีชั่วโมงการใช้งานจำกัด ผลการศึกษานี้จึงไม่สามารถสรุปว่าสนามประเภทใดดีกว่ากันโดยรวม (ตารางที่ 2.4) แต่สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเลือกประเภทสนามให้เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะภายใต้ข้อจำกัดด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ต้นทุน และระยะเวลา เช่น หากต้องการใช้งานระยะสั้น การเลือกสนามหญ้าธรรมชาติอาจคุ้มค่ามากกว่าสนามหญ้าเทียม

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบการใช้งานของสนามที่ทำจากวัสดุแตกต่างกัน

ประเภทสนาม	**รายละเอียด**	**การใช้งานสูงสุด (ชั่วโมงต่อสัปดาห์)**	**อายุการใช้งาน (รวมการปรับปรุงประจำปี)**
หญ้าธรรมชาติ	ใช้พืชปลูกบนดินและทราย	6	1–2 ปี
แบบผสม (ธรรมชาติและสังเคราะห์)	วัสดุสังเคราะห์ผสมกับการใช้รากธรรมชาติ	8–10	5 ปี
แบบผสม (ประเภทพรม)	หญ้าปลูกบนพรมสังเคราะห์ (มีเส้นใยสังเคราะห์ติดอยู่) และรากที่มีดิน	8–10	5 ปี
แบบผสม (เส้นใยเย็บ)	เส้นใยสังเคราะห์เย็บเข้ากับบริเวณรากหญ้า	20	10–12 ปี
หญ้าเทียม	วัสดุสังเคราะห์ทั้งหมด	20 (สำหรับใช้งานในระดับมืออาชีพ) 40–60 (สำหรับใช้งานในชุมชน)	10 ปี (ขึ้นอยู่กับการใช้งาน)

ที่มา: Simmons and Latham (2024)

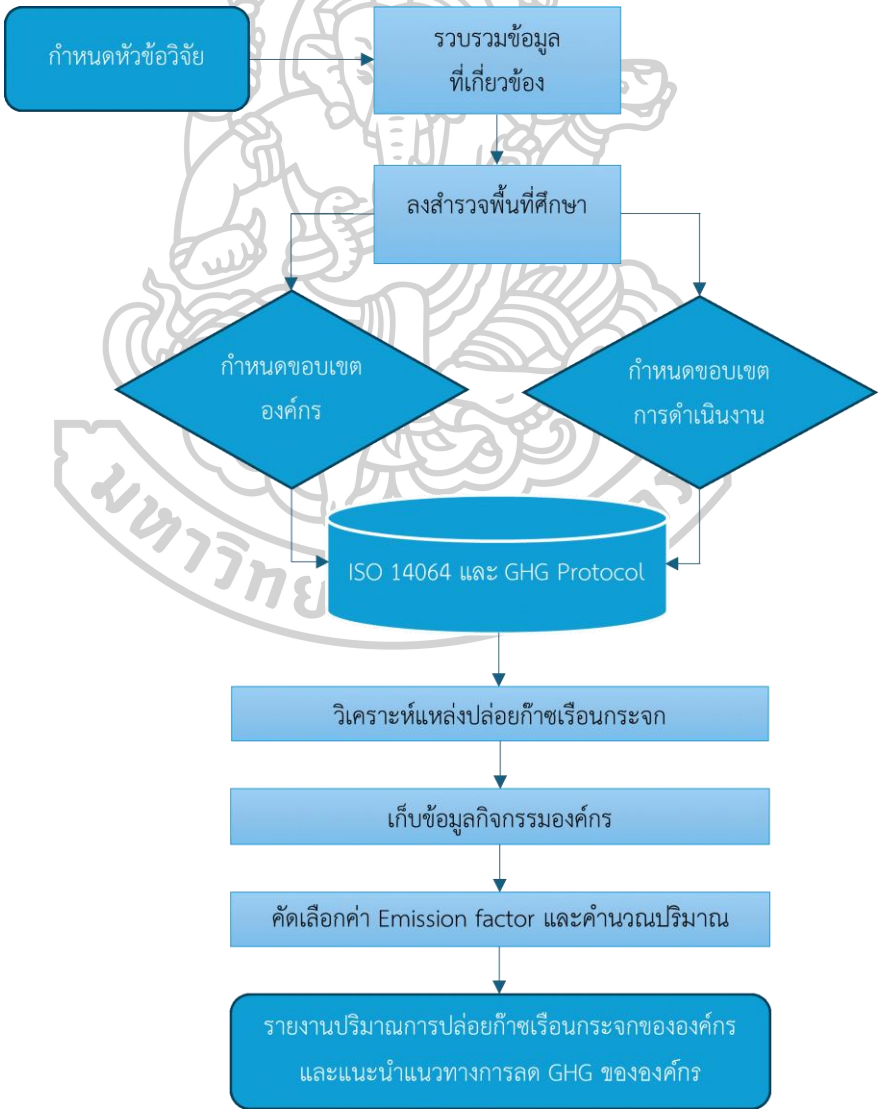
การศึกษาของ de Bernardi and Waller (2022) วิเคราะห์ช่องว่างด้านความยั่งยืนในการจัดการสนามหญ้าเทียมในประเทศสวีเดน โดยพบว่าแม้ว่าสนามหญ้าเทียมจะได้รับความนิยมอย่างสูงในปัจจุบัน แต่การใช้งานสนามประเภทนี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายประการ โดยเฉพาะปัญหาไมโครพลาสติกที่เกิดจากเม็ดยางเติมสนามและเส้นใยสังเคราะห์ นอกจากนี้ กระบวนการบำรุงรักษาหญ้าเทียมยังขาดเทคโนโลยีหรือวิธีการที่สามารถลดการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่านโยบายระดับชาติจะเริ่มตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืนมากขึ้น แต่การจัดการสนามหญ้าเทียมยังเผชิญข้อจำกัดหลายด้าน ทั้งด้านนโยบาย ความปลอดภัย และทรัพยากร ตัวอย่างเช่น ข้อกำหนดของสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (FIFA) ที่ระบุว่าการปรับเปลี่ยนสมบัติของเม็ดยางในสนามอาจส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้เล่น และเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของนักกีฬา ประเด็นนี้จึงมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าประเด็นด้านความยั่งยืน เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว มีข้อเสนอแนวทางที่สามารถสนับสนุนความยั่งยืนของสนามหญ้าเทียมได้ ได้แก่ การพัฒนาและใช้วัสดุทดแทนใหม่ที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถจัดการไมโครพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในการบำรุงรักษา รวมถึงการเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย เช่น ผู้จัดการสนาม ผู้เล่น และผู้ใช้บริการ ในการรักษาและจัดการสิ่งแวดล้อม วิธีการเหล่านี้มีศักยภาพที่จะสนับสนุนการจัดการสนามหญ้าเทียมให้มีความยั่งยืนมากขึ้นในระยะสั้นและระยะกลาง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนและกรอบการศึกษาวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยหลายขั้นตอนที่มีความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ โดยผู้วิจัยได้จัดจำแนกและแสดงขั้นตอนหลักของการศึกษาวิจัยไว้ดังภาพที่ 3.1 การศึกษานี้มุ่งเน้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการดำเนินงานของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล โดยคำนึงถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม



ภาพที่ 3.1 ขั้นการดำเนินงานวิจัย

การประเมินดังกล่าวดำเนินการตามกรอบการประเมินที่เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับ ได้แก่ ISO 14064-1:2018 ซึ่งกำหนดแนวทางการวัดและรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร, GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2001, 2004) (World Resources Institute, 2004) ซึ่งให้หลักการจัดทำบัญชีและรายงานก๊าซเรือนกระจกสำหรับองค์กร และ Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard (2011) (World Resources Institute, 2011) ที่เน้นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามห่วงโซ่คุณค่าขององค์กร นอกจากนี้ การดำเนินการยังอ้างอิงแนวทางเชิงวิธีวิทยาเพิ่มเติมจาก ISO/TR 14069:2013 (Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations) ซึ่งให้รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการคำนวณ การรวบรวมข้อมูล และการรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับหลักวิชาการ เพื่อให้ผลการประเมินมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลที่ได้รับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลจำนวน 2 แห่ง ซึ่งแตกต่างกันทั้งในด้านทำเลที่ตั้ง ลักษณะสิ่งอำนวยความสะดวก และประเภทพื้นสนาม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 สนาม A

สนาม A จังหวัดราชบุรี มีพื้นที่รวมประมาณ 8,000 ตารางเมตร ประกอบด้วยสนามฟุตบอลกลางแจ้ง 2 สนาม ได้แก่ สนามหญ้าธรรมชาติ ขนาด 45 × 60 เมตร และสนามหญ้าเทียม ขนาด 50 × 70 เมตร (ภาพที่ 3.2) นอกจากนี้ สถานที่ยังมีร้านค้าปลีก ห้องนั่งพักและพื้นที่พักผ่อน (ภาพที่ 3.3) ห้องสุขาและห้องอาบน้ำ (ภาพที่ 3.4) ลานจอดรถกลางแจ้ง (ภาพที่ 3.5) และห้องเก็บอุปกรณ์พร้อมห้องสำหรับเจ้าหน้าที่ การดำเนินงานเปิดให้บริการทุกวันตั้งแต่เวลา 10:00 น. ถึง 24:00 น. (รวม 14 ชั่วโมง) โดยมีพนักงานให้บริการจำนวน 5 คน

ภาพที่ 3.2 สนามฟุตบอล A

ภาพที่ 3.3 ร้านค้าปลีกและพื้นที่พักผ่อนของสนามฟุตบอล A

ภาพที่ 3.4 ห้องสุขาและห้องอาบน้ำของสนามฟุตบอล A

ภาพที่ 3.5 ลานจอดรถของสนามฟุตบอล A

3.2.2 สนาม B

สนาม B จังหวัดนนทบุรี มีพื้นที่รวมประมาณ 4,800 ตารางเมตร ประกอบด้วยสนามหญ้าเทียมในร่ม 2 สนาม แต่ละสนามมีขนาด 20 × 40 เมตร (ภาพที่ 3.6) สิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มเติม ได้แก่ ร้านค้าปลีกและพื้นที่พักผ่อน (ภาพที่ 3.7) ห้องสุขาและห้องอาบน้ำ (ภาพที่ 3.8) ลานจอดรถทั้งในร่มและกลางแจ้ง (ภาพที่ 3.9) ห้องออกกำลังกาย (ภาพที่ 3.10) และห้องเก็บอุปกรณ์ การดำเนินงานเปิดให้บริการตั้งแต่เวลา 08:30 น. ถึง 22:00 น. (รวม 9.5 ชั่วโมง) โดยมีพนักงานให้บริการจำนวน 2 คน

ภาพที่ 3.6 สนามฟุตบอล B

ภาพที่ 3.7 ร้านค้าปลีกและพื้นที่พักผ่อนของสนามฟุตบอล B

ภาพที่ 3.8 ห้องสุขาและห้องอาบน้ำของสนามฟุตบอล B

ภาพที่ 3.9 พื้นที่จอดรถของสนามฟุตบอล B

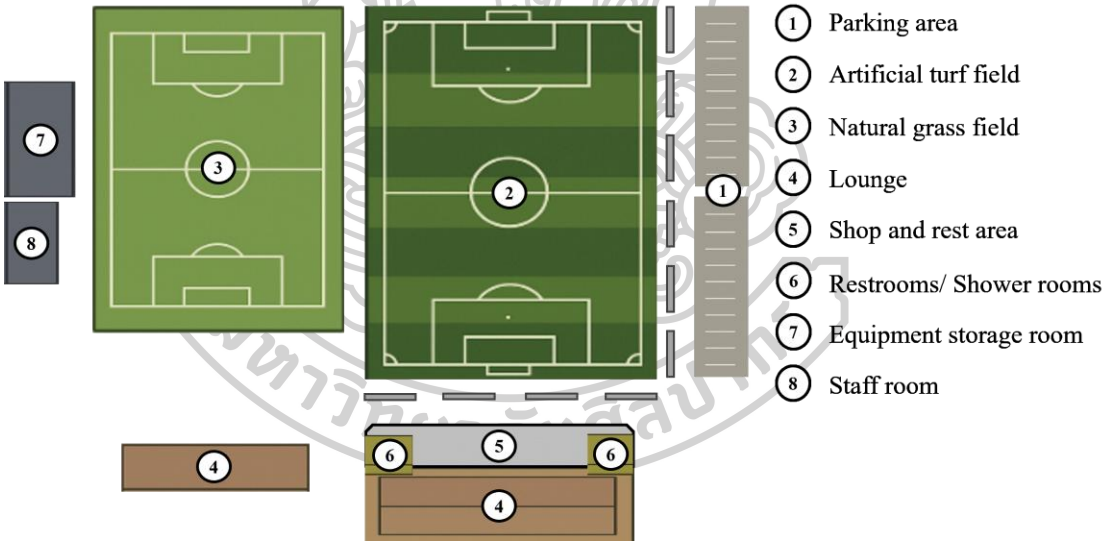
ภาพที่ 3.10 ห้องออกกำลังกายของสนามฟุตบอล B

ทั้งสองสถานประกอบการถูกออกแบบเพื่อรองรับการฝึกซ้อม การออกกำลังกายเพื่อสันทนาการ และการจัดการแข่งขันฟุตบอล ซึ่งสะท้อนรูปแบบการดำเนินงานทั่วไปของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย

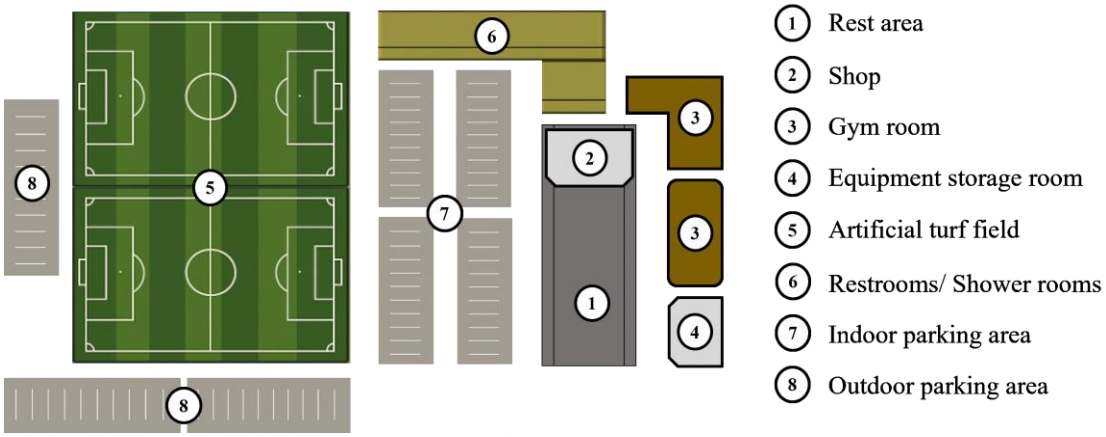
3.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.3.1 การกำหนดขอบเขตองค์กรและขอบเขตการดำเนินงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ ขอบเขตขององค์กรถูกกำหนดตามแนวทางการควบคุมการดำเนินงาน (Operational control approach) โดยมุ่งเน้นกิจกรรมที่ธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลสามารถบริหารจัดการหรือควบคุมการดำเนินงานได้โดยตรง ขอบเขตดังกล่าวปรากฏในแผนผังองค์กรตามภาพที่ 3.11 และ 3.12 พร้อมทั้งองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยของสนามทั้งสองแสดงไว้ในตารางที่ 3.1–3.2 และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องปรากฏในตารางที่ 3.3–3.4



ภาพที่ 3.11 แผนผังองค์ประกอบของสนาม A



ภาพที่ 3.12 แผนผังองค์ประกอบของสนาม B

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานให้เช่าสนามฟุตบอลประจำปีของสนาม A

องค์ประกอบ	รายละเอียด	กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
สนามฟุตบอล	- สนามฟุตบอลหญ้าธรรมชาติแบบกลางแจ้งขนาด 2,700 m^2 - สนามฟุตบอลหญ้าเทียมแบบกลางแจ้งขนาด 3,500 m^2	- การใช้งานสนาม (การฝึกซ้อม การออกกำลังกาย และการจัดการแข่งขัน) - การติดตั้งและดูแลบำรุงรักษาสนามหญ้าธรรมชาติและหญ้าเทียม - การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง - การทิ้งขยะ	- การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การผลิต การขนส่ง และการใช้ปุ๋ย - การใช้น้ำบาดาลและน้ำประปา - การผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง - การผลิต การขนส่ง และการใช้วัสดุสำหรับการบำรุงรักษาสนาม (รายละเอียดในตารางที่ 3.3) - การขนส่งและการกำจัดของเสีย
ส่วนบริการอาหารและเครื่องดื่ม	- ร้านค้าปลีก (ปริมาตร 1,200 m^3) - ห้องพักผ่อนในอาคาร (ปริมาตร 1,800 m^3) - พื้นที่พักผ่อนรองรับได้ประมาณ 100 คน	- การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า - การซื้อ-ขายอาหารและเครื่องดื่ม - การทิ้งขยะ - การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง - การใช้เครื่องปรับอากาศ	- การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การผลิตและการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) สำหรับกิจกรรมการปรุงอาหารขนาดเล็ก - การขนส่งและการกำจัดของเสีย - การผลิต การขนส่ง และการบริโภคอาหารและเครื่องดื่ม - การรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ

องค์ประกอบ	รายละเอียด	กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
			- การผลิตและการใช้น้ำประปา - การจัดการน้ำเสีย
ส่วนบริการห้องสุขาและห้องอาบน้ำ	- ห้องน้ำชาย 3 ห้อง - ห้องน้ำหญิง 3 ห้อง - ห้องอาบน้ำ 3 ห้อง	- การใช้น้ำประปา - การจัดการน้ำใช้แล้ว - การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง - การทิ้งขยะ	- การผลิตและการใช้น้ำประปา - การจัดการน้ำเสีย - การปล่อยมีเทนจาก septic tanks - การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การขนส่งและการกำจัดของเสีย
ลานจอดรถ	- ลานจอดรถกลางแจ้งรองรับได้ 15 คัน	- การเดินทางของผู้ใช้บริการและผู้ที่เกี่ยวข้อง - การขนส่งสินค้า - การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง	- การผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง - การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า
ส่วนอื่น ๆ	- ห้องเก็บอุปกรณ์ (ปริมาตร 800 m^3) - ห้องพักพนักงาน (ปริมาตร 300 m^3)	- การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า - การใช้น้ำประปา - การทิ้งขยะ - การใช้เครื่องปรับอากาศ	- การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การผลิตและการใช้น้ำประปา - การขนส่งและการกำจัดของเสีย - การรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ - การจัดการน้ำเสีย

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานให้เช่าสนามฟุตบอลประจำปีของสนาม B

องค์ประกอบ	รายละเอียด	กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก
สนามฟุตบอล	สนามฟุตบอลหญ้าเทียมในร่ม จำนวน 2 สนาม แต่ละสนามขนาด 800 m^2	- การใช้งานสนาม (การฝึกซ้อมและการออกกำลังกาย) - การติดตั้งและดูแลบำรุงรักษาสนามหญ้าเทียม - การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง - การทิ้งขยะ	- การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การผลิต การขนส่ง และการใช้วัสดุสำหรับการบำรุงรักษาสนาม (รายละเอียดในตารางที่ 3.3) - การขนส่งและการกำจัดของเสีย

ส่วนบริการอาหารและเครื่องดื่ม	- ร้านค้าปลีก (ปริมาตร 45 m^3) - พื้นที่พักผ่อนรองรับได้ประมาณ 20 คน	- การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า - การซื้อ-ขายอาหารและเครื่องดื่ม - การทิ้งขยะ - การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง - การใช้เครื่องปรับอากาศ	- การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การผลิตและการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) สำหรับกิจกรรมการปรุงอาหารขนาดเล็ก - การขนส่งและการกำจัดของเสีย - การผลิต การขนส่ง และการบริโภคอาหารและเครื่องดื่ม - การรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ - การผลิตและการใช้น้ำประปา - การจัดการน้ำเสีย
ส่วนบริการห้องสุขาและห้องอาบน้ำ	- ห้องน้ำชาย 5 ห้อง - ห้องน้ำหญิง 5 ห้อง - ห้องอาบน้ำชาย 8 ห้อง - ห้องอาบน้ำหญิง 6 ห้อง	- การใช้น้ำประปา - การจัดการน้ำใช้แล้ว - การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง - การทิ้งขยะ	- การผลิตและการใช้น้ำประปา - การจัดการน้ำเสีย - การปล่อยมีเทนจาก septic tanks - การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การขนส่งและการกำจัดของเสีย
ลานจอดรถ	- ลานจอดรถกลางแจ้งรองรับได้ 20 คัน - ลานจอดรถในร่มรองรับได้ 14 คัน	- การเดินทางของผู้ใช้บริการและผู้ที่เกี่ยวข้อง - การขนส่งสินค้า - การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง	- การผลิตและการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง - การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า
ส่วนอื่น ๆ	- ห้องออกกำลังกาย (ปริมาตร 480 m^3) - ห้องเก็บอุปกรณ์ (ปริมาตร 60 m^3)	- การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า - การทิ้งขยะ - การใช้เครื่องปรับอากาศ	- การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การขนส่งและการกำจัดของเสีย - การรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 3.3 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการดูแลรักษาสนาม A

สนาม	กิจกรรมการติดตั้งและดูแลรักษาสนาม		แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	
	การดูแลรักษารายปี	**การปรับปรุงในรอบ 10 ปี**	**การดูแลรักษารายปี**	**การปรับปรุงในรอบ 10 ปี**
สนามหญ้าเทียม	- เติมเม็ดยาง EPDM ทุก 6 เดือน (ครั้งละ 20 กิโลกรัม) - ปั่นเม็ดยางทุก 2 เดือน - เปลี่ยนตาข่ายประตูฟุตบอล ลูกฟุตบอล และที่สูบลมฟุตบอลทุกปี - ใช้แรงงานคนในการดำเนินงาน	- รถเครนถูกใช้สำหรับกระบวนการรื้อถอน - ติดตั้งแผ่นหญ้าเทียมใหม่ (ชนิด HDPE ความหนา 5 ซม.) ขนาดแผ่นละ 4.5 ม. x 50 ม. จำนวน 16 แผ่น (3 กก. ต่อตารางเมตร) - เปลี่ยนเม็ดยาง EDPM ใหม่ในปริมาณ 6 kg m^{-2} - เติมทรายในปริมาณ 23 kg m^{-2} - แผ่นหญ้าเทียมและเม็ดยางเก่าถูกนำไปฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล - ใช้แรงงานคนในการดำเนินงาน	- การผลิต การขนส่ง และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง - การผลิตและการขนส่งเม็ดยาง EPDM - การผลิตและการขนส่งตาข่ายประตูฟุตบอล ลูกฟุตบอล และปั๊มลมฟุตบอล	- การผลิต การขนส่ง และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง - การผลิต การขนส่ง และการกำจัดแผ่นหญ้าเทียม HDPE - การผลิต การขนส่ง และการกำจัดเม็ดยาง EPDM - การผลิต การขนส่ง และการกำจัดทรายละเอียด

สนาม	กิจกรรมการติดตั้งและดูแลรักษาสนาม		แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	
	การดูแลรักษารายปี	**การปรับปรุงในรอบ 10 ปี**	**การดูแลรักษารายปี**	**การปรับปรุงในรอบ 10 ปี**
สนามหญ้าธรรมชาติ	- รดน้ำด้วยน้ำบาดาลวันละ 2 ชั่วโมง (68 m^3) - หลังการใช้งานใช้น้ำประปารดสนามหญ้า (38.4 m^3 ต่อเดือน) - ใส่ปุ๋ยเคมีทุก 2 เดือน โดยใช้ปุ๋ย 2 สูตรผสมกัน (46-0-0 และ 15-15-15) สูตรละ 10 กิโลกรัม - ทาสีเส้นขอบสนามทุก 2 เดือน - ตัดหญ้าทุก 2 สัปดาห์ - เปลี่ยนตาข่ายประตูฟุตบอล ลูกฟุตบอล และที่สูบลมฟุตบอลทุกปี - ใช้แรงงานคนในการดำเนินงาน	- ติดตั้งแผ่นหญ้าชนิดพาสพาลัมใหม่ ขนาด 0.5 ม. × 1 ม. x 1.5 ซม. จำนวน 5,400 แผ่น (2 กก. ต่อแผ่น) - ใช้น้ำประปารดสนามหญ้า 30 นาที (ใช้น้ำประปาประมาณ 3.2 m^3) - ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 จำนวน 20 กิโลกรัม และปุ๋ยสูตร 15-15-15 จำนวน 10 กิโลกรัม - เติมทรายในปริมาณ 11 kg m^{-2} - ใช้สีทาเส้นขอบสนาม จำนวน 1 ถัง ขนาด 18 ลิตร - แผ่นหญ้าธรรมชาติถูกนำไปฝังกลบ - ใช้แรงงานคนในการดำเนินงาน	- การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า - การผลิตและการใช้น้ำประปา - การจัดการน้ำเสีย - การผลิต การขนส่ง และการใช้ปุ๋ย - การผลิตและการขนส่งสี - การผลิต การขนส่ง และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง - การผลิตและการขนส่งตาข่ายประตูฟุตบอล ลูกฟุตบอล และปั๊มลมฟุตบอล	- การผลิต การขนส่ง และการกำจัดแผ่นหญ้าธรรมชาติ - การผลิตและการใช้น้ำประปา - การจัดการน้ำเสีย - การผลิต การขนส่ง และการใช้ปุ๋ย - การผลิต การขนส่ง และการกำจัดทรายละเอียด - การผลิตและการขนส่งสี

ตารางที่ 3.4 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและการดูแลรักษาสนาม B

สนาม	กิจกรรมการติดตั้งและดูแลรักษาสนาม		แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	
	การดูแลรักษารายปี	**การปรับปรุงในรอบ 10 ปี**	**การดูแลรักษารายปี**	**การปรับปรุงในรอบ 10 ปี**
สนามหญ้าเทียม	- เติมเม็ดยาง SBR สนามละ 12.5 กิโลกรัมต่อปี - เปลี่ยนตาข่ายประตูฟุตบอล ลูกฟุตบอล และที่สูบลมฟุตบอลทุกปี - ใช้แรงงานคนในการดำเนินงาน	- รถเครนถูกใช้สำหรับกระบวนการรื้อถอน - ติดตั้งแผ่นหญ้าเทียมใหม่ (ชนิด HDPE ความหนา 5 ซม.) ขนาดแผ่นละ 3.5 ม. x 20 ม. จำนวน 12 แผ่น (3 กก. ต่อตารางเมตร) - เติมเม็ดยาง SBR ใหม่ในปริมาณ 6 kg m^{-2} - เติมทรายในปริมาณ 23 kg m^{-2} - แผ่นหญ้าเทียมและเม็ดยางเก่าถูกนำไปฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล - ใช้แรงงานคนในการดำเนินงาน	- การผลิตและการขนส่งเม็ดยาง SBR - การผลิตและการขนส่งตาข่ายประตูฟุตบอล ลูกฟุตบอล และปั๊มลมฟุตบอล	- การผลิต การขนส่ง และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง - การผลิต การขนส่ง และการกำจัดแผ่นหญ้าเทียม HDPE - การผลิต การขนส่ง และการกำจัดเม็ดยาง SBR - การผลิต การขนส่ง และการกำจัดทรายละเอียด

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการศึกษาครั้งนี้ ไม่นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในช่วงการก่อสร้างเริ่มต้นเพื่อจัดตั้งธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล ทั้งนี้ การประเมินถูกแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังต่อไปนี้

3.3.1.1 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการดำเนินงานประจำปี

ครอบคลุมกิจกรรมการดำเนินงานทั่วไปของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล รวมถึงการดูแลและบำรุงรักษาในรอบปี พ.ศ. 2567 (เดือนมกราคม–ธันวาคม) โดยสนาม A เปิดให้บริการ 351 วัน และสนาม B เปิดให้บริการ 356 วัน รายละเอียดกิจกรรมและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานประจำปีปรากฏในตารางที่ 3.1–3.2 ส่วนกิจกรรมและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดูแลบำรุงรักษาและรักษาสภาพของสนามฟุตบอลประจำปีปรากฏในตารางที่ 3.3–3.4

3.3.1.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะเวลา 10 ปี

ครอบคลุมกิจกรรมต่าง ๆ ของธุรกิจสนามฟุตบอล ได้แก่ การดำเนินงานและการบำรุงรักษาประจำปี การจัดซื้อสินค้าทุน (ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ พัดลม โต๊ะ และเก้าอี้) รวมถึงการติดตั้งและซ่อมแซมพื้นสนามหญ้าครั้งใหญ่ (Renovation หรือ 10-year operational cycle) เพื่อปรับปรุงและคงคุณภาพการให้บริการของสนามฟุตบอล ตลอดจนการกำจัดซากเมื่อหมดอายุการใช้งาน รายละเอียดกิจกรรมและแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดรอบ 10 ปี แสดงในตารางที่ 3.3–3.4

3.3.2 การวิเคราะห์แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานประจำปีและในรอบระยะเวลา 10 ปีของธุรกิจสนามฟุตบอลได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.1–3.4 ซึ่งครอบคลุมทั้งกิจกรรมการดำเนินงานทั่วไป การดูแลบำรุงรักษา และการปรับปรุงพื้นสนามหญ้า (Renovation) เพื่อให้การวิเคราะห์เป็นไปตามมาตรฐานสากลและแนวปฏิบัติที่เป็นที่ยอมรับ กิจกรรมเหล่านี้ถูกจัดจำแนกออกเป็นขอบเขตที่ 1 (Scope 1), ขอบเขตที่ 2 (Scope 2) และขอบเขตที่ 3 (Scope 3) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2565ก); Fong et al., 2014; World Resources Institute, 2004; World Resources Institute, 2011) จากการวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมขององค์กรพบว่า กิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน ขอบเขตที่ 3 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลทั้งสองแห่ง ประกอบด้วย Category 1 การจัดซื้อวัตถุดิบและบริการ, Category 2 สินค้าทุน, Category 3 การจัดหาพลังงานและเชื้อเพลิง, Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ, Category 5 การจัดการของเสียที่เกิดจากกิจกรรม, Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ และ Category

7 การเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการสนาม โดยผลลัพธ์จากการจำแนกกิจกรรมตามขอบเขตทั้งสามดังกล่าวปรากฏในตารางที่ 3.5–3.6

ตารางที่ 3.5 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขตของสนาม A

ขอบเขต (Scope) และกิจกรรม	**กิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจก**	**การได้มาของข้อมูลกิจกรรม**
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง		
การเผาไหม้อยู่กับที่	การใช้เครื่องตัดหญ้า	- บันทึกการใช้งาน
	การใช้แก๊สหุงต้ม	- ใบแจ้งหนี้/ ใบเสร็จรับเงิน
การเผาไหม้เคลื่อนที่	การเดินทางโดยใช้รถส่วนกลาง	- บันทึกการใช้งาน
	การใช้รถบดหญ้า	- การสัมภาษณ์/ การสำรวจ
	การใช้รถปั่นเม็ดยาง	
	การใช้รถเครน	
การรั่วไหลอื่น ๆ	การรั่วไหลของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและตู้เย็น	- บันทึกการใช้งาน/ ฉลากผลิตภัณฑ์
	การใช้ปุ๋ยเคมี	- บันทึกการใช้งาน
	การปล่อยมีเทนจาก septic tanks	- บันทึกจำนวนคนใช้งาน
	การจัดการน้ำเสีย	- การสัมภาษณ์/ การสำรวจ
	การรั่วไหลของสารดับเพลิง	- บันทึกการใช้งาน/ การสำรวจ
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน		
การใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก	การใช้ไฟฟ้า	- ใบแจ้งหนี้/ ใบเสร็จรับเงิน
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ		
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ	อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ - น้ำเปล่า/ น้ำอัดลม/ น้ำผลไม้ - เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ - เครื่องดื่มเกลือแร่ - ขนมคบเคี้ยว - อาหารกึ่งสำเร็จรูป	- บันทึกการสั่งซื้อ - ใบแจ้งหนี้/ ใบเสร็จรับเงิน
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ	การใช้น้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค	- บันทึกการสั่งซื้อ - ใบแจ้งหนี้/ ใบเสร็จรับเงิน

ขอบเขต (Scope) และกิจกรรม	กิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การได้มาของข้อมูลกิจกรรม
	วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ซ่อมแซมสนาม - สีทาเส้นขอบสนาม - ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0/ ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15	
	วัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ภายในสนาม - ลูกฟุตบอล/ ตาข่าย/ เสาประตู/ ที่สูบลม - เม็ดยางที่ใช้เติมสนามหญ้าเทียม - หลอดไฟ	
Category 2 สินค้าประเภททุน	อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป - ตู้เย็น/ เครื่องปรับอากาศ/ พัดลม - โต๊ะ/ เก้าอี้ - ข้อมูลการขนส่งที่เกี่ยวข้อง (ประเภทและระยะทางการขนส่ง)	- บันทึกการสั่งซื้อ - การสำรวจ/ การสัมภาษณ์ - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
Category 3 การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงานที่ใช้	การได้มาของน้ำมันเชื้อเพลิง การได้มาของแก๊สหุงต้ม การได้มาของไฟฟ้า	- ใช้ข้อมูลเดียวกับขอบเขตที่ 1 และ 2
Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ	- ปริมาณสินค้าต่าง ๆ ที่ซื้อใน Category 1 - ข้อมูลการขนส่งที่เกี่ยวข้อง (ประเภทและระยะทางการขนส่ง)	- แบบสอบถาม - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
Category 5 การกำจัดของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม	- ปริมาณขยะ - วิธีการจัดการขยะ - หน่วยงานที่รับกำจัดขยะ - ระยะทางในการขนส่งขยะเพื่อการกำจัด	- แบบสอบถาม - การสำรวจ/ การสัมภาษณ์ - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ	การเดินทางเพื่อธุรกิจของเจ้าของสนาม	- แบบสอบถาม - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

ขอบเขต (Scope) และกิจกรรม	กิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การได้มาของข้อมูลกิจกรรม
Category 7 การเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ	- จำนวนพนักงาน - จำนวนผู้ที่มาใช้บริการ - รูปแบบและระยะทางของการเดินทาง	- แบบสอบถาม - การสัมภาษณ์ - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

ตารางที่ 3.6 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามขอบเขตของสนาม B

ขอบเขต (Scope) และกิจกรรม	กิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การได้มาของข้อมูลกิจกรรม
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง		
การเผาไหม้เคลื่อนที่	การเดินทางโดยใช้รถส่วนกลาง	- บันทึกการใช้งาน
	การใช้รถเครน	- บันทึกการใช้งาน
การรั่วไหลอื่น ๆ	การรั่วไหลของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและตู้เย็น	- บันทึกการใช้งาน/ ฉลากผลิตภัณฑ์
	การปล่อยมีเทนจาก septic tanks	- บันทึกจำนวนคนใช้งาน
	การจัดการน้ำเสีย	- การสัมภาษณ์/ การสำรวจ
	การรั่วไหลของสารดับเพลิง	- บันทึกการใช้งาน/ การสำรวจ
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน		
การใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก	การใช้ไฟฟ้า	- ใบแจ้งหนี้/ ใบเสร็จรับเงิน
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ		
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ	อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ - น้ำเปล่า/ น้ำอัดลม/ น้ำผลไม้ - เครื่องดื่มเกลือแร่ - ขนมคบเคี้ยว - อาหารกึ่งสำเร็จรูป	- บันทึกการสั่งซื้อ - ใบแจ้งหนี้/ ใบเสร็จรับเงิน
	การใช้น้ำประปาของการประปานครหลวง	
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ	วัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ภายในสนาม	- บันทึกการสั่งซื้อ - ใบแจ้งหนี้/ ใบเสร็จรับเงิน

ขอบเขต (Scope) และกิจกรรม	กิจกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การได้มาของข้อมูลกิจกรรม
	- ลูกฟุตบอล/ ตาข่าย/ เสาประตู/ ที่สูบลม - เม็ดยางที่ใช้เติมสนามหญ้าเทียม - หลอดไฟ	
Category 2 สินค้าประเภททุน	อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป - ตู้เย็น/ เครื่องปรับอากาศ/ พัดลม - โต๊ะ/ เก้าอี้ - ข้อมูลการขนส่งที่เกี่ยวข้อง (ประเภทและระยะทางการขนส่ง)	- บันทึกการสั่งซื้อ - การสำรวจ/ การสัมภาษณ์ - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
Category 3 การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงานที่ใช้	การได้มาของน้ำมันเชื้อเพลิง การได้มาของไฟฟ้า	- ใช้ข้อมูลเดียวกับขอบเขตที่ 1 และ 2
Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ	- ปริมาณสินค้าต่าง ๆ ที่ซื้อใน Category 1 - ข้อมูลการขนส่งที่เกี่ยวข้อง (ประเภทและระยะทางการขนส่ง)	- แบบสอบถาม - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
Category 5 การกำจัดของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม	- ปริมาณขยะ - วิธีการจัดการขยะ - หน่วยงานที่รับกำจัดขยะ - ระยะทางในการขนส่งขยะเพื่อการกำจัด	- แบบสอบถาม - การสำรวจ/ การสัมภาษณ์ - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ	การเดินทางเพื่อธุรกิจของเจ้าของสนาม	- แบบสอบถาม - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม
Category 7 การเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ	- จำนวนพนักงาน - จำนวนผู้ที่มาใช้บริการ - รูปแบบและระยะทางของการเดินทาง	- แบบสอบถาม - การสัมภาษณ์ - การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

3.3.3 การรวบรวมข้อมูลกิจกรรม

การรวบรวมข้อมูลกิจกรรม (Activity Data หรือ AD) ตามที่ระบุในตารางที่ 3.5–3.6 ดำเนินการโดยอาศัยการลงพื้นที่จริงเป็นหลัก เพื่อเก็บข้อมูลจากหลักฐานที่มีอยู่ เช่น เอกสารการสั่งซื้อ ใบแจ้งหนี้ ใบเสร็จรับเงิน และบันทึกกิจกรรมต่าง ๆ อาทิ การใช้สนามและการเดินทาง นอกจากนี้ ยังใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ผ่านแบบสอบถามที่จัดทำขึ้น โดยสอบถามเจ้าของสนาม ผู้จัดการสนาม ผู้ดูแลสนาม แม่บ้าน และผู้ใช้บริการ เพื่อเก็บข้อมูลกิจกรรมที่ไม่ปรากฏในเอกสารหรือบันทึกอย่างเป็นทางการ สำหรับการประเมินแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ยังมีการสำรวจบริเวณและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น ถังดับเพลิง ถังขยะ และอุปกรณ์อื่น ๆ ในกรณีที่ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลกิจกรรมโดยตรง จะใช้วิธีคำนวณย้อนกลับจากบริบทแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เพื่อสะท้อนกิจกรรมขององค์กรอย่างแท้จริง หากไม่สามารถคำนวณย้อนหลังได้ จะใช้สมมติฐาน (Assumptions) เปรียบเทียบกับข้อมูลกิจกรรมที่ใกล้เคียงที่สุด เพื่อให้ได้ค่าประเมินที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความเป็นจริง

การดำเนินการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวเป็นไปตามแนวทางมาตรฐานสากลโดยอ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2565ก), Fong et al. (2014), World Resources Institute (2004) และ World Resources Institute (2011) ซึ่งช่วยให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลกิจกรรมที่รวบรวมมีความถูกต้อง ครบถ้วน และสามารถนำไปใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.4 การคัดเลือกค่า Emission factor

ค่า Emission Factor (EF) คือค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกิจกรรมกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเลือกใช้ค่า EF ที่เหมาะสมถือเป็นปัจจัยสำคัญในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างแม่นยำ เนื่องจากการเลือกค่า EF ที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความคลาดเคลื่อน ในการศึกษานี้ การเลือกใช้ค่า EF อ้างอิงจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและเป็นมาตรฐานสากล ดังนี้

1) ฐานข้อมูลของประเทศ ที่แนะนำโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2) ฐานข้อมูลระดับสากลที่แนะนำโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ IPCC และโปรแกรม Life Cycle Assessment (LCA) ต่าง ๆ เช่น ฐานข้อมูล Ecoinvent ใน SimaPro (Ecoinvent Centre, 2021)

3) งานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่ได้รับการยอมรับ

4) ข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่สนามฟุตบอลทั้งสองแห่งนำมาใช้ในการดำเนินธุรกิจ ซึ่งได้รับการรับรองและขึ้นทะเบียนโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlpIVmpkSE5mWVhCd2NtOTJZV3c9)

ค่า EF สำหรับข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงในตารางที่ 3.7–3.11 ซึ่งครอบคลุมกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานและการบำรุงรักษาของสนามฟุตบอล

ตารางที่ 3.7 ค่า EF สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเผาไหม้

รายการ	Unit	EF			
		CO_2 ($kgCO_2$ $unit^{-1}$)	Fossil CH_4 ($kgCH_4$ $unit^{-1}$)	N_2O (kgN_2O $unit^{-1}$)	Total ($kgCO_2eq$ $unit^{-1}$)
การเผาไหม้อยู่กับที่					
LPG	kg	3.11E+00	4.93E-05	4.93E-06	3.1134
Diesel	L	2.70E+00	1.09E-04	2.19E-05	2.7078
Motor gasoline	L	2.18E+00	9.44E-05	1.89E-05	2.1894
การเผาไหม้เคลื่อนที่ (On road)					
Motor gasoline	L	2.18E+00	7.87E-04	2.52E-04	2.2719
Diesel	L	2.70E+00	1.42E-04	1.42E-04	2.7406
LPG	L	1.68E+00	1.65E-03	5.32E-06	1.7306
LPG	kg	3.11E+00	3.06E-03	9.86E-06	3.2049
การเผาไหม้เคลื่อนที่ (Off road) - Motor Gasoline - 2 stroke					
Agriculture	L	2.18E+00	4.41E-03	1.26E-05	2.3171

ที่มา: IPCC (2006)

ตารางที่ 3.8 ค่า EF สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลอื่น ๆ

รายการ	Unit	EF
สารทำความเย็น		
R22 (HCFC-22)	$kgCO_2eq$ kg^{-1}	1,960
R32	$kgCO_2eq$ kg^{-1}	771
R125	$kgCO_2eq$ kg^{-1}	3,740
R134	$kgCO_2eq$ kg^{-1}	1,260
R134a	$kgCO_2eq$ kg^{-1}	1,530

รายการ	Unit	EF
R143a	$kgCO_2eq\ kg^{-1}$	5,810
R410a (50% of R32 + 50% of R125)	$kgCO_2eq\ kg^{-1}$	2,255.50
การใช้ปุ๋ยเคมี N additions from mineral fertilizers and organic amendments	$kgN_2O\text{-}N\ (kg\ N\ input)^{-1}$	0.01
การใช้ห้องน้ำ (การปล่อยมีเทนจาก septic tanks) Latrine, dry climate, groundwater lower than latrine, communal (many users) (Treated system)	$kgCH_4\ person^{-1}\ day^{-1}$	0.012
การจัดการน้ำเสีย Discharges to aquatic environments (Untreated systems)	$kgCH_4\ person^{-1}\ day^{-1}$	0.0024

ที่มา: IPCC (2006), IPCC (2019)

ตารางที่ 3.9 ค่า EF สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

รายการ	Unit	EF
ไฟฟ้าแบบ grid mix (ปี 2016–2018: LCIA method)	$kgCO_2eq\ kWh^{-1}$	0.4999

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2565ข)

ตารางที่ 3.10 ค่า EF สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในขอบเขตที่ 3

Category	รายการ	Unit	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)
Category 1	เครื่องดื่ม		
	น้ำดื่มสิงห์ บรรจุขวด PET ขนาด 600 มิลลิลิตร	ขวด	0.09720
	น้ำดื่มสิงห์ บรรจุขวด PET ขนาด 750 มิลลิลิตร	ขวด	0.13600
	น้ำดื่มสิงห์ บรรจุขวด PET ขนาด 1500 มิลลิลิตร	ขวด	0.16000
	เครื่องดื่มฟังชันเกลือแร่พาวเวอร์พลัสบรรจุขวด ขนาด 250 มิลลิลิตร	ขวด	0.30200
	เครื่องดื่มน้ำอัดลม ตราเป๊ปซี่ บรรจุขวด PET 300 มิลลิลิตร	ขวด	0.12900
	น้ำอัดลมโคคา-โคลา บรรจุขวด PET 450 มิลลิลิตร	ขวด	0.12500

Category	รายการ	Unit	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)
	น้ำอัดลมโคคา-โคลา บรรจุขวด PET 1.5 ลิตร	ขวด	0.37400
	น้ำอัดลม ชเวปส์ มะนาวโซดา บรรจุ 245 มิลลิลิตร	กระป๋อง	0.11300
	เบียร์สิงห์ บรรจุขวดแก้ว ขนาด 620 มิลลิลิตร	ขวด	0.39900
	เบียร์ลีโอ บรรจุขวดแก้ว ขนาด 620 มิลลิลิตร	ขวด	0.50200
	เบียร์ช้างคลาสสิก บรรจุขวดแก้ว 620 มิลลิลิตร	ขวด	0.51800
	เครื่องดื่ม ซี-วิท วิตามินออเร้นจ์ บรรจุขวดแก้ว ขนาด 140 มิลลิลิตร	ขวด	0.13900
	เครื่องดื่มชาเขียวสไตล์ญี่ปุ่น กลิ่นอ่อนเคียวโฮ ผสมวุ้นมะพร้าว และวิตามินซี ตราโออิชิ กรีนที 380 มิลลิลิตร	ขวด	0.31800
	เครื่องดื่มสมุนไพร สูตรจับเลี้ยง ตราจับใจ บรรจุขวดพีอีที 500 ลบ.ซม.	ขวด	0.32500
	ขนมคบเคี้ยวและอาหารกึ่งสำเร็จรูป		
	ขนมขบเคี้ยวสำเร็จรูปปลาสวรรค์ตราทาโร รสบาร์บีคิว บรรจุซอง 32 กรัม	ซอง	0.16000
	มาม่าบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปคัพกระดาษ รสต้มยำกุ้ง 60 กรัม	ถ้วย	0.23200
	ข้าวต้มคัพ ข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูปรสกุ้งกระเทียม ตรามาม่า 40 กรัม	ถ้วย	0.43400
	ถุงพลาสติก		
	ถุงดำ ขนาด 36 ซม. x 45 ซม.	แพค	3.28000
	ถุงพลาสติก PE 95 ซม. x 170 ซม. x 0.18 มม.	kg	2.93000
Category 1	อุปกรณ์ซ่อมแซมสนาม		
	สีน้ำภายนอก TOA PRO EXPERT#000A 5 แกลลอน	m^2	0.34000
	น้ำประปา		
	น้ำประปา-การประปานครหลวง	m^3	0.79480
	น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	0.54100
	ปุ๋ยเคมี		

Category	รายการ	Unit	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)
	ปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 (การผลิต)	kg	1.51970
	ปุ๋ยสูตร 15-15-15 (การผลิต)	kg	0.80589
	เม็ดยางสำหรับเติมและการผลิตวัสดุสิ้นเปลือง		
	Styrene Butadiene Rubber (SBR)	kg	0.97320
	Polypropylene compound, Ethylene-Propylene-Diene Rubber (EPDM) Group 1	kg	1.82000
	Polypropylene (PP)	kg	1.88140
	High Density Polyethylene (HDPE)	kg	6.70710
	Low Density Polyethylene (LDPE)	kg	2.62580
	Ploy vinyl Chloride (PVC)	kg	2.13310
	Polybutadiene	kg	3.91060
	Polycarbonate	kg	7.77600
	Polyester resin	kg	7.41850
	Nylon 6	kg	9.26910
	Polyurethane (flexible polyurethane)	kg	4.85240
	Calendering, rigid sheets (กระบวนการ)	kg	0.41710
	Injection moulding (กระบวนการ)	kg	1.41620
	Extrusion, plastic film (กระบวนการ)	kg	0.57510
	Blow moulding (กระบวนการ)	kg	1.20770
	วัสดุสิ้นเปลือง		
	หลอดฟลูออเรสเซนต์ ตราโตชิบา ชนิดหลอดตรง–สั้น (T8) ขนาด 18W Model FL 18W T8 WW	หลอด	0.285
	ทราย (Sand)	kg	0.0037
Category 2	สินค้าทุน		
	เครื่องปรับอากาศ ชุดแฟนคอยล์ รุ่น FXFSQ50AVM และ ชุดคอนเดนซิง รุ่น RSUQ8AYMS (ไดกิ้น)	ชุด	2,840.0
	เครื่องปรับอากาศ ชุด Fan Coil รุ่น FUNE24I-AF2 และชุด Condensing Unit รุ่น CHBE24I-AF1R	ชุด	1,052.0

Category	รายการ	Unit	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)
	เครื่องปรับอากาศ ชุดแฟนคอยล์ รุ่น FTKQ12WV2S และ ชุดคอนเดนซิ่ง รุ่น RKQ12WV2S	ชุด	500.00
Category 2	สินค้าทุน (ต่อ)		
	ตู้เย็น/ตู้แช่ (56 กก.)	เครื่อง	241.00
	โต๊ะทำงาน WD188-2.0	ชุด	110.08
	เก้าอี้	ตัว	75.000
	แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	m^3	548.00
	ท่อสี่เหลี่ยมขนาด 120 x 120 x 12.5 x 100 ซม.	m^3	251.00
	เหล็กเส้นข้ออ้อย SD40	kg	2.2900
Category 3	ไฟฟ้าแบบ grid mix ปี 2016-2018; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03	kWh	0.0987
	Gasoline (แก๊สโซลีน)	kg	0.4024
	Diesel (น้ำมันดีเซล/น้ำมันโซล่าร์)	kg	0.3522
	ก๊าซหุงต้ม	kg	0.4267
Category 4	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 0% Loading	km	0.3345
	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 100% Loading	tkm	0.1835
	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.4069
	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 100% Loading	tkm	0.0653
	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่ง แบบปกติ 0% Loading	km	0.3131
	รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่ง แบบปกติ 100% Loading	tkm	0.1411
	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.4373
	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 100% Loading	tkm	0.0547
Category 5	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล	kg	0.7933
	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.4923
	รถบรรทุกขยะ 6 ล้อ วิ่งปกติ 100% Loading	tkm	0.0475

Category	รายการ	Unit	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)
Category 6	Motor gasoline (Oxydation catalyst)	L	2.2719
	Diesel	L	2.7406
	LPG	L	1.7306
	Compressed natural gas	L	2.2609
Category 7	Motor gasoline (Oxydation catalyst)	L	2.2719
	Diesel	L	2.7406
	LPG	L	1.7306
	Compressed natural gas	L	2.2609

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2565ข) และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2565ค)

ตารางที่ 3.11 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยของการเดินทางด้วยยานพาหนะประเภทต่าง ๆ

ประเภทยานพาหนะ	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
รถยนต์ขนาดเล็ก (1500 cc)	เบนซิน	$km\ L^{-1}$	17.770
รถยนต์ขนาดกลาง (1600 cc)	เบนซิน	$km\ L^{-1}$	15.238
รถยนต์ขนาดกลาง (1800 cc)	เบนซิน	$km\ L^{-1}$	13.796
รถยนต์ขนาดใหญ่ (2000 cc)	เบนซิน	$km\ L^{-1}$	12.248
รถยนต์เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	$km\ L^{-1}$	14.763
รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย	ดีเซล	$km\ L^{-1}$	6.369
รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 ตัน	ดีเซล	$km\ L^{-1}$	11.111
รถ NGV	CNG	$km\ kg^{-1}$	11.905
รถ LPG	LPG	$km\ L^{-1}$	8.929
รถตู้โดยสาร	ดีเซล	$km\ L^{-1}$	10.204
รถโดยสารประจำทาง	ดีเซล	$km\ L^{-1}$	2.850
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาดเล็กกว่า 125 cc	เบนซิน	$km\ L^{-1}$	36.625
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 125 cc	เบนซิน	$km\ L^{-1}$	38.655

ประเภทยานพาหนะ	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 120 cc	เบนซิน	km L^{-1}	37.245
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ขนาด 150 cc	เบนซิน	km L^{-1}	27.625
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km L^{-1}	37.640
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะเฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km L^{-1}	32.435

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2565ก)

3.3.5 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดำเนินการโดยนำข้อมูลกิจกรรม (AD) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) และค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในระยะเวลา 100 ปี (GWP_{100}) ดังแสดงในสมการที่ (1) ซึ่งเป็นแนวทางการคำนวณที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากลสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ค่า GWP_{100} ที่ใช้ในการคำนวณได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.12 ผลลัพธ์จากการคำนวณถูกรายงานในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) ตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2565ก)

$$GHG = AD \times EF \times GWP \quad (1)$$

โดยที่ GHG คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
AD คือ ข้อมูลกิจกรรมขององค์กรที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
GWP คือ ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ตารางที่ 3.12 ค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกตามรายงานการประเมินฉบับที่ 6 (AR6) ของ IPCC

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรเคมี	GWP
Carbon dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	27
Fossil Methane	CH_4	29.8
Nitrous oxide	N_2O	273

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรเคมี	GWP
HFC-23	CHF_3	14,600
HFC-32	CH_2F_2	771
HFC-41	CH_3F	135
HFC-125	CHF_2CF_3	3,740
HFC-134	CHF_2CHF_2	1,260
HFC-134a	CH_2FCF_3	1,530
HFC-143	CH_2FCHF_2	364
HFC-143a	CH_3CF_3	5,810

ที่มา: IPCC (2021)

3.3.6 การรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การศึกษานี้มุ่งเน้นการจัดทำรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยจำแนกตามขอบเขตกิจกรรม เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล ได้แก่ ISO 14064-1 และ GHG Protocol โดยรายงานฉบับนี้จะนำเสนอข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขตและรายกิจกรรม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาจุดวิกฤตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon hotspot) จากการดำเนินธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล อีกทั้งยังดำเนินการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างสนามฟุตบอลทั้งสองแห่ง เพื่อประเมินรูปแบบการปล่อยและประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมของแต่ละแห่งอย่างเป็นระบบ โดยเนื้อหาการรายงานผลประกอบด้วยประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

1) รายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปี โดยแสดงข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสนามฟุตบอลในหน่วย “ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2eq) หรือกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)” จากการดำเนินธุรกิจตามสภาพปกติในปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2567 หรือ ค.ศ. 2024) และค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปีจากการดำเนินธุรกิจรวมถึงการปรับปรุงสนามในรอบระยะเวลา 10 ปี ทั้งนี้ การรายงานจะจำแนกผลตามขอบเขตกิจกรรม ตามแนวทางที่ได้กล่าวไว้ในส่วนก่อนหน้า

2) การระบุจุดวิกฤตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อระบุและวิเคราะห์กิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในแต่ละสนามฟุตบอล อันจะนำไปสู่การเสนอแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม สอดคล้องกับบริบทการดำเนินงานของแต่ละแห่ง และสามารถประยุกต์ใช้ในการพัฒนากลยุทธ์การจัดการคาร์บอนในภาคธุรกิจบริการได้อย่างยั่งยืน (ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร, 2567)

3) การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างสนามฟุตบอลทั้งสองแห่ง เพื่อสะท้อนถึงลักษณะและประสิทธิภาพด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมของแต่ละธุรกิจ โดยแบ่งการเปรียบเทียบออกเป็น 3 มิติหลัก ได้แก่

3.1) การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (Total carbon footprint) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขต (Carbon footprint in each scope)

3.2) การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการติดตั้งและการบำรุงรักษาสนามฟุตบอล ทั้งในรอบ 1 ปี และในรอบ 10 ปี โดยค่าเฉลี่ยตลอดรอบ 10 ปี ถือเป็นค่าที่สะท้อนการดำเนินงานจริง เนื่องจากสนามฟุตบอลมีการรื้อถอน ซ่อมแซม และปรับปรุงพื้นสนามทุก ๆ 10 ปี

3.3) การเปรียบเทียบความเข้มข้นของคาร์บอน (Carbon intensity) ในหน่วยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่สนาม (ตารางเมตร) ต่อจำนวนผู้ใช้บริการ และต่อชั่วโมงการใช้งาน เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบระหว่างสนามฟุตบอลทั้งสองแห่งอย่างเป็นรูปธรรม

3.3.7 การประเมินและรายงานความไม่แน่นอนของข้อมูลก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกย่อมมีความไม่แน่นอน (Uncertainty) เนื่องจากข้อจำกัดในการรวบรวมข้อมูลกิจกรรมและการคัดเลือกค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อาจไม่สามารถดำเนินการได้อย่างสมบูรณ์แบบในทุกกรณี เพื่อให้สามารถระบุและสื่อสารระดับความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างโปร่งใส จึงได้ดำเนินการประเมินและรายงานความไม่แน่นอนของข้อมูลดังกล่าว

การประเมินความไม่แน่นอนใช้หลักการพิจารณาคุณภาพของข้อมูล โดยคำนวณจากผลคูณของระดับคุณภาพของข้อมูลกิจกรรม (AD) และระดับคุณภาพของข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.13 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปแปลผลเพื่อจัดระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ระบุในตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.13 ระดับคะแนนอ้างอิงของคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความไม่แน่นอน

รายการ	**ระดับคุณภาพของข้อมูล**		
AD	6 Points เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง	3 Points เก็บข้อมูลจากมิเตอร์	1 Point เก็บข้อมูลจาก

รายการ	ระดับคุณภาพของข้อมูล		
		และใบเสร็จ	การประมาณค่า หรือคำนวณย้อนกลับ
EF	3 Points EF จากผู้ผลิต หรือ EF ระดับประเทศ	2 Points EF ระดับภูมิภาค	1 Point EF ระดับสากล

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2565ก)

ตารางที่ 3.14 ระดับคะแนนและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลก๊าซเรือนกระจก

ระดับ	ระดับคะแนนโดยรวมของข้อมูล	คำอธิบาย
1	1 – 6	มีความไม่แน่นอนสูง
2	7 – 12	มีความไม่แน่นอนปานกลาง
3	13 – 18	มีความไม่แน่นอนต่ำ

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2565ก)

3.4 การเสนอแนะแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก

หลังจากการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การศึกษานี้ได้วิเคราะห์และกำหนดแนวทางในการบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เฉพาะเจาะจงและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง โดยครอบคลุมแนวทางด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การเลือกใช้วัสดุคาร์บอนต่ำ การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการของเสีย และการปรับปรุงขั้นตอนการดำเนินงานให้สอดคล้องกับหลักการดำเนินงานอย่างยั่งยืน เป็นต้น ขั้นตอนในการเสนอแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกสามารถสรุปได้ดังนี้

1) เสนอแนวทางจากจุดวิกฤตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon hotspot) เพื่อมุ่งเน้นการลดปริมาณการปล่อยสูงสุดในแต่ละสนามฟุตบอล

2) เสนอแนวทางจากกิจกรรมหลักที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่มีความคุ้นชินและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล โดยคำนึงถึงความคุ้มทุนในระยะยาว

3) เสนอแนวทางจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินงานที่สามารถปรับใช้ได้ง่าย แต่มีศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ

4) เสนอแนวทางที่องค์กรสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเองและอยู่ภายใต้อำนาจควบคุมขององค์กรทั้งหมด

5) เสนอแนวทางที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้การดำเนินธุรกิจสอดคล้องกับแนวโน้มทางสังคมและกระแสโลก

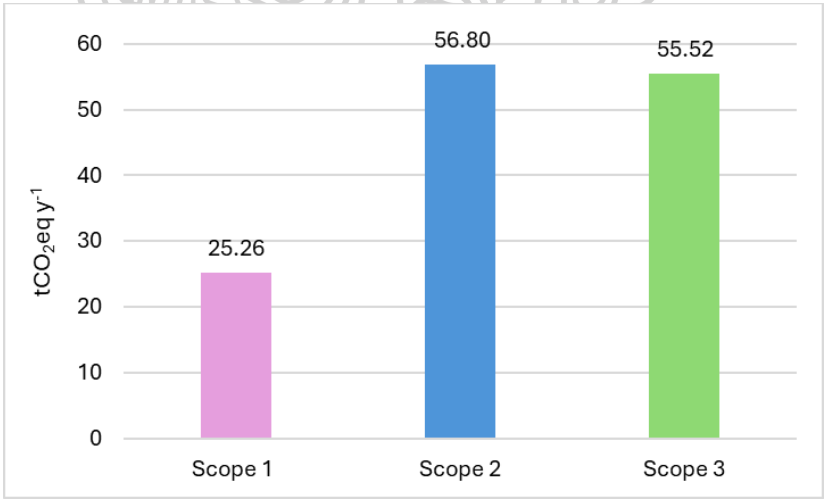
แนวทางดังกล่าวมีเป้าหมายเพื่อช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวม เพิ่มประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนความก้าวหน้าขององค์กรไปสู่การจัดการคาร์บอนอย่างมีประสิทธิผล รวมทั้งบรรลุเป้าหมายความยั่งยืนในระยะยาว

บทที่ 4
ผลการศึกษาและการอภิปราย

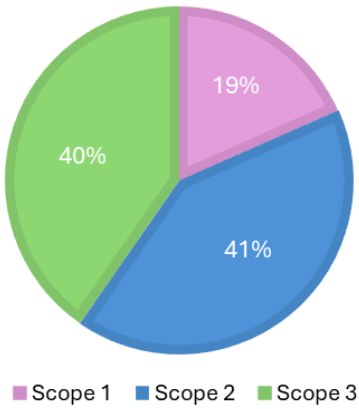
4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน

4.1.1 สนาม A

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม A สำหรับการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2567) พบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 137.58 tCO_2eq เมื่อจำแนกตามขอบเขตกิจกรรม พบว่าขอบเขตที่ 2 (Scope 2) เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด โดยมีปริมาณ 56.80 tCO_2eq รองลงมาคือขอบเขตที่ 3 (Scope 3) ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 55.52 tCO_2eq และขอบเขตที่ 1 (Scope 1) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 25.26 tCO_2eq ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1) เมื่อพิจารณาสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามขอบเขตกิจกรรม พบว่าขอบเขตที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 19 ขอบเขตที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 41 และขอบเขตที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 40 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (ภาพที่ 4.2)

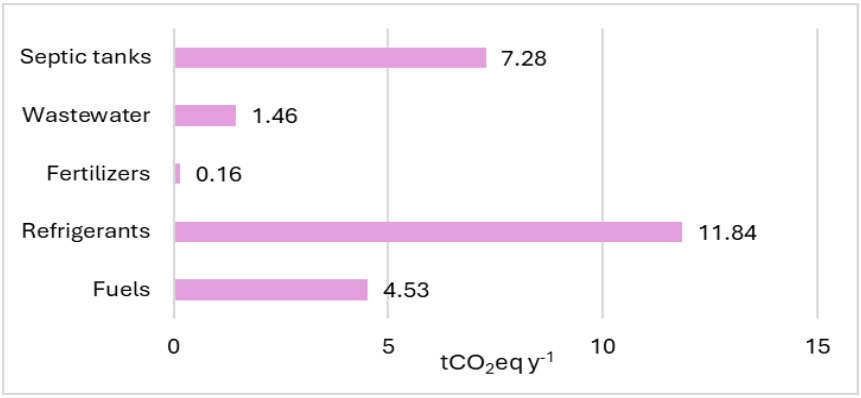


ภาพที่ 4.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขตของสนาม A



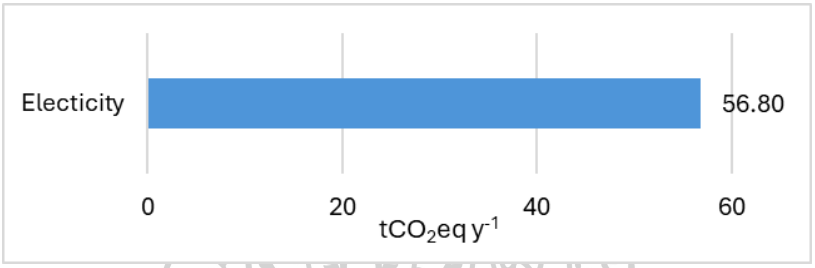
ภาพที่ 4.2 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม A

1) ขอบเขตที่ 1 (Scope 1) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งมีปริมาณการปล่อยรวมต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขอบเขตอื่น โดยมีการปล่อยรวมทั้งสิ้น 25.26 tCO_2eq ภายในขอบเขตนี้ แหล่งกำเนิดหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นชนิด R410a จากเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีปริมาณการปล่อยเท่ากับ 11.84 tCO_2eq รองลงมาคือ การปล่อยก๊าซมีเทนจากการใช้ห้องน้ำ (Septic tanks) จำนวน 7.28 tCO_2eq และการปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการน้ำเสียที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ 1.46 tCO_2eq ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหลืออีก 4.53 tCO_2eq เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงในกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ รถยนต์ส่วนกลาง รถปั่นเม็ดยาง รถบดหญ้า เครื่องตัดหญ้า และการใช้แก๊สหุงต้ม นอกจากนี้ ยังพบการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 15-15-15 อีก 0.16 tCO_2eq (ภาพที่ 4.3) ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงสมบัติของสารทำความเย็น R410a ที่มีค่าศักยภาพในการก่อภาวะโลกร้อนสูงถึง 2,256 เท่าเมื่อเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีค่าสูงกว่ากิจกรรมอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (IPCC, 2021)



ภาพที่ 4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 ของสนาม A

2) ขอบเขตที่ 2 (Scope 2) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จัดหาโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยมีปริมาณการปล่อยรวมเท่ากับ 56.80 tCO_2eq (ภาพที่ 4.4) ขอบเขตนี้ถือว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบตามสัดส่วนของการปล่อยทั้งหมด (ภาพที่ 4.2) ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณมากเพื่อรองรับความสะดวกสบายและความต้องการของผู้ใช้บริการในสนามฟุตบอล



ภาพที่ 4.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ของสนาม A

3) ขอบเขตที่ 3 (Scope 3) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็นอันดับสอง (ภาพที่ 4.2) โดยปริมาณรวมอยู่ที่ 55.52 tCO_2eq กิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตนี้ ได้แก่

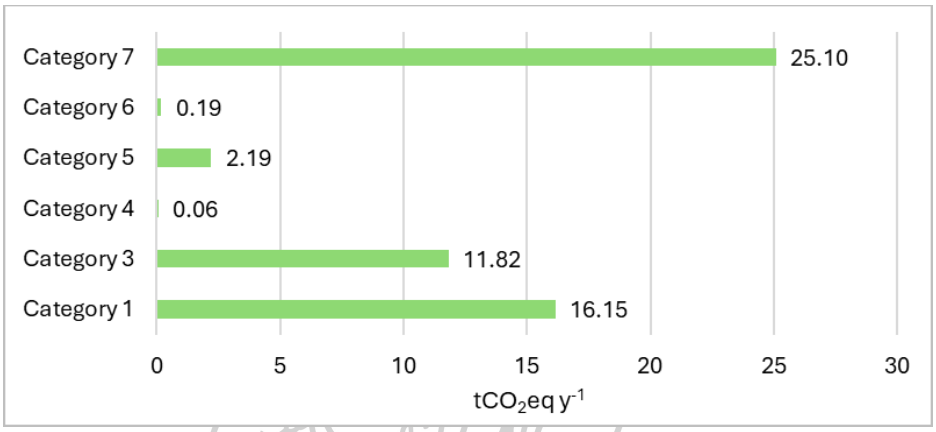
Category 7 กิจกรรมเกี่ยวกับการเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 25.10 tCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 45.22 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 3

Category 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อสินค้าและบริการ เช่น อาหารและเครื่องดื่ม ถุงพลาสติก ลูกฟุตบอล อุปกรณ์บำรุงรักษาสนาม (ปุ๋ยเคมี สีทาเส้นขอบสนาม เม็ดยางเติมสนาม และตาข่าย) และการใช้น้ำประปา มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 16.15 tCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 29.10 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 3

Category 3 การได้มาของพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 11.82 tCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 21.29 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 3

Category 5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการจัดการของเสีย มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 2.19 tCO_2eq คิดเป็นร้อยละ 3.95 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในขอบเขตที่ 3

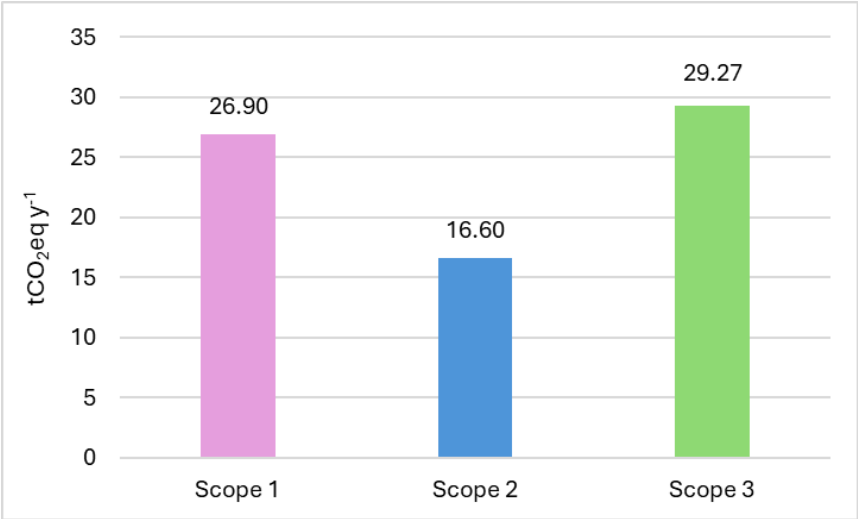
ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหลือเกิดจาก Category อื่น ๆ ได้แก่ Category 4 การขนส่งวัตถุดิบ และ Category 6 การเดินทางของเจ้าของธุรกิจ ซึ่งมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 4.5) อย่างไรก็ตาม ในการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประจำปี พ.ศ. 2567 ไม่ได้นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสินค้าทุนใน Category 2 เนื่องจากในปีปัจจุบันไม่มีการจัดซื้อหรือเพิ่มสินค้าทุนใหม่



ภาพที่ 4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 ของสนาม A

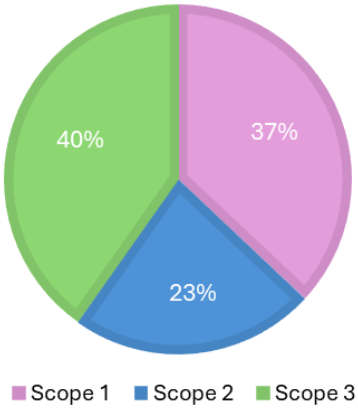
4.1.2 สนาม B

ในปี พ.ศ. 2567 สนาม B มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 72.77 tCO_2eq โดยขอบเขตที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ขอบเขตที่ 3 (Scope 3) ซึ่งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 29.27 tCO_2eq รองลงมาคือ ขอบเขตที่ 1 (Scope 1) ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 26.90 tCO_2eq และขอบเขตที่ 2 (Scope 2) ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 16.60 tCO_2eq (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขตของสนาม B

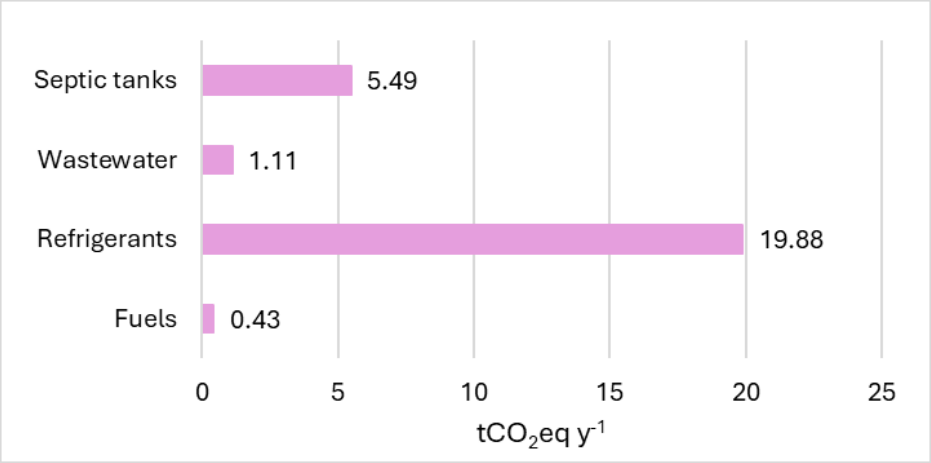
เมื่อพิจารณาสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามขอบเขตกิจกรรม พบว่า ขอบเขตที่ 1 มีสัดส่วนร้อยละ 37 ขอบเขตที่ 2 ร้อยละ 23 และขอบเขตที่ 3 ร้อยละ 40 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมด (ภาพที่ 4.7) สะท้อนให้เห็นว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมในห่วงโซ่การดำเนินงาน (Scope 3) เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำคัญ



ภาพที่ 4.7 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม B

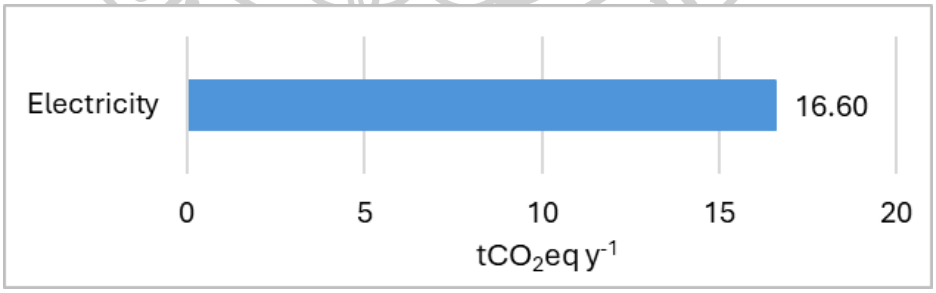
1) ขอบเขตที่ 1 (Scope 1) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งเป็นแหล่งการปล่อยที่มีปริมาณสูงเป็นอันดับที่สอง รองจากขอบเขตที่ 3 โดยแหล่งกำเนิดหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตนี้มาจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศชนิด R22 (HCFC-22) และ R32 ซึ่งมีปริมาณการปล่อยรวมเท่ากับ 19.88 tCO_2eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 74 ของการปล่อยทั้งหมดในขอบเขตที่ 1 รองลงมาคือ การปล่อยก๊าซมีเทนจากการใช้ห้องน้ำ (Septic

tanks) จำนวน 5.49 tCO_2eq การปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการน้ำเสียที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ 1.11 tCO_2eq และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ส่วนกลาง 0.43 tCO_2eq (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 ของสนาม B

2) ขอบเขตที่ 2 (Scope 2) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จัดหาโดยการไฟฟ้านครหลวง โดยมีปริมาณการปล่อยรวมเท่ากับ 16.60 tCO_2eq (ภาพที่ 4.9) ขอบเขตนี้ถือว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบตามสัดส่วนของการปล่อยทั้งหมด (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ของสนาม B

3) ขอบเขตที่ 3 (Scope 3) หมายถึง การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ซึ่งมีสัดส่วนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับขอบเขตอื่น ๆ (ภาพที่ 4.7) โดยมีปริมาณรวมทั้งสิ้น 29.27 tCO_2eq (ภาพที่ 4.10) กิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตนี้ ประกอบด้วย

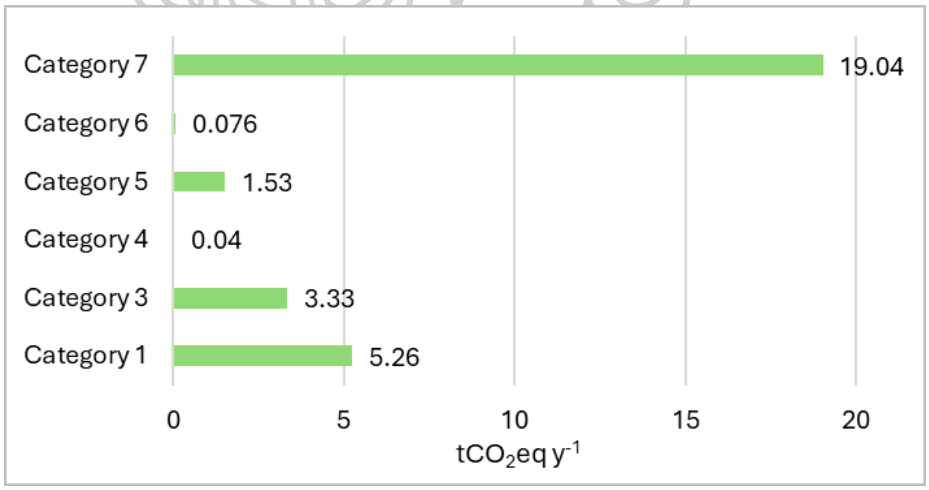
Category 7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ ซึ่งเป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีสัดส่วนสูงที่สุดในขอบเขตนี้ โดยมีปริมาณการปล่อย 19.04 tCO_2eq หรือคิดเป็นร้อยละ 65.06 ของการปล่อยทั้งหมดในขอบเขตที่ 3

Category 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดซื้อสินค้าและบริการ รวมถึงวัสดุสิ้นเปลือง ตลอดจนการใช้น้ำประปา โดยมีปริมาณการปล่อยรวม 5.26 tCO_2eq หรือคิดเป็นร้อยละ 17.96 ของการปล่อยทั้งหมดในขอบเขตที่ 3

Category 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งพลังงาน ทั้งไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.33 tCO_2eq หรือคิดเป็นร้อยละ 11.38 ของการปล่อยทั้งหมดในขอบเขตที่ 3

Category 5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสีย มีปริมาณการปล่อยรวม 1.53 tCO_2eq หรือคิดเป็นร้อยละ 5.21 ของการปล่อยทั้งหมดในขอบเขตที่ 3

สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหลือเกิดจาก Category 4 และ Category 6 ได้แก่ การขนส่งวัตถุดิบและการเดินทางของเจ้าของธุรกิจ ซึ่งมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับหมวดอื่น ๆ (ภาพที่ 4.10) ทั้งนี้ ในการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประจำปี พ.ศ. 2567 ไม่ได้รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการซื้อสินค้าทุนใน Category 2 เนื่องจากในปีดังกล่าว สนามฟุตบอล B ไม่มีการจัดซื้อหรือเพิ่มสินค้าทุนใหม่



ภาพที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 ของสนาม B

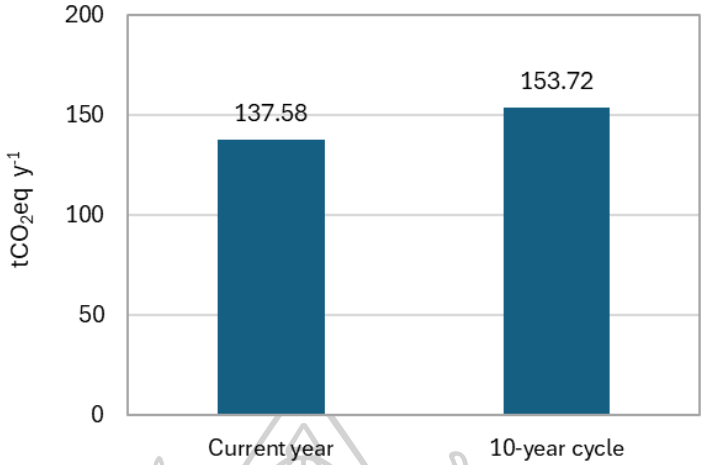
4.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในรอบ 10 ปี

การดำเนินงานในรอบ 10 ปี หมายถึง กระบวนการดำเนินงานตามปกติประจำปีที่รวมกับกิจกรรมการซ่อมบำรุงสนามครั้งใหญ่ ซึ่งดำเนินการเป็นรอบทุก ๆ 10 ปี โดยประกอบด้วยการรื้อถอนสนาม การเปลี่ยนวัสดุชุดใหม่ การกำจัดซากวัสดุที่รื้อถอน และการจัดซื้อรวมถึงการขนส่งสินค้าทุนที่ใช้ในการปรับปรุงสภาพสนาม เพื่อคงคุณภาพและมาตรฐานการให้บริการของสนามให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อการใช้งาน ดังนั้น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานในรอบ 10 ปี จึงได้ทำการเฉลี่ยค่าการปล่อยให้เป็นต่อปี เพื่อรวมเข้ากับค่าการปล่อยจากการดำเนินงานตามปกติประจำปี ทั้งนี้ การรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปีที่ครอบคลุมทั้งกิจกรรมการดำเนินงานปกติและการดำเนินงานในรอบ 10 ปี (ที่เฉลี่ยเป็นรายปี) สามารถสะท้อนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประจำปีได้อย่างเหมาะสมและสมบูรณ์กว่าการพิจารณาจากกิจกรรมการดำเนินงานปกติเพียงอย่างเดียว รายละเอียดดังแสดงต่อไปนี้

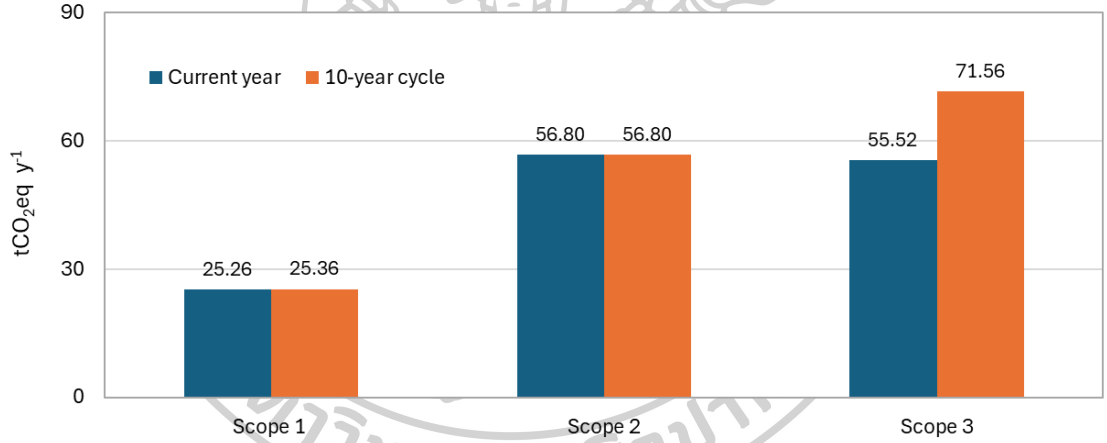
4.2.1 สนาม A

จากการดำเนินงานปกติประจำปี สนาม A มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 137.58 tCO_2eq เมื่อขยายกรอบการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมรอบเวลา 10 ปี ซึ่งรวมถึงกิจกรรมการดูแลรักษาสนามฟุตบอลทั้งหญ้าเทียมและหญ้าธรรมชาติ พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นเป็น 153.72 tCO_2eq (ภาพที่ 4.11) เมื่อพิจารณาตามขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขอบเขตที่ 3 โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้น 16.04 tCO_2eq ต่อปี (ภาพที่ 4.12) ซึ่งแหล่งกำเนิดหลักมาจากกิจกรรมในหมวดต่าง ๆ ได้แก่ การจัดซื้อวัตถุดิบที่ใช้ในการซ่อมบำรุงสนามทั้งหญ้าเทียมและหญ้าธรรมชาติ (Category 1) คิดเป็นร้อยละ 73.19, การผลิตและขนส่งสินค้าทุน (Category 2) ร้อยละ 0.33, การขนส่งวัตถุดิบสำหรับการซ่อมบำรุง (Category 4) ร้อยละ 5.28 และการกำจัดซากวัสดุจากการรื้อถอนสนามทั้งสองประเภท (Category 5) ร้อยละ 21.20 เมื่อพิจารณาเชิงลึกพบว่า วัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมสนามหญ้าเทียมเป็นแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก โดยกิจกรรมการรื้อถอน การซ่อมแซม และการกำจัดซากของสนามหญ้าเทียมก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าสนามหญ้าธรรมชาติถึงประมาณ 16 เท่า

สำหรับขอบเขตที่ 1 พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากการปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยเคมี (สูตร 46-0-0 และ 15-15-15) และจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของรถเครนในระหว่างการรื้อถอน ทั้งนี้ เมื่อคำนวณเฉลี่ยต่อปี ปริมาณการปล่อยในขอบเขตนี้อยู่ที่เพียง 0.10 tCO_2eq (ภาพที่ 4.12) ซึ่งถือว่ามีนัยสำคัญน้อยเมื่อเทียบกับการปล่อยในขอบเขตที่ 3



ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของสนาม A จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (Current year) และในรอบ 10 ปี (10-year cycle)

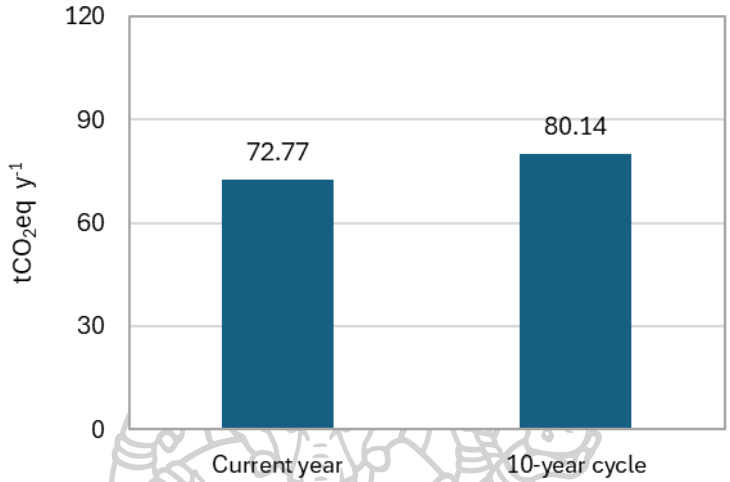


ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขตของสนาม A จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (Current year) และในรอบ 10 ปี (10-year cycle)

4.2.2 สนาม B

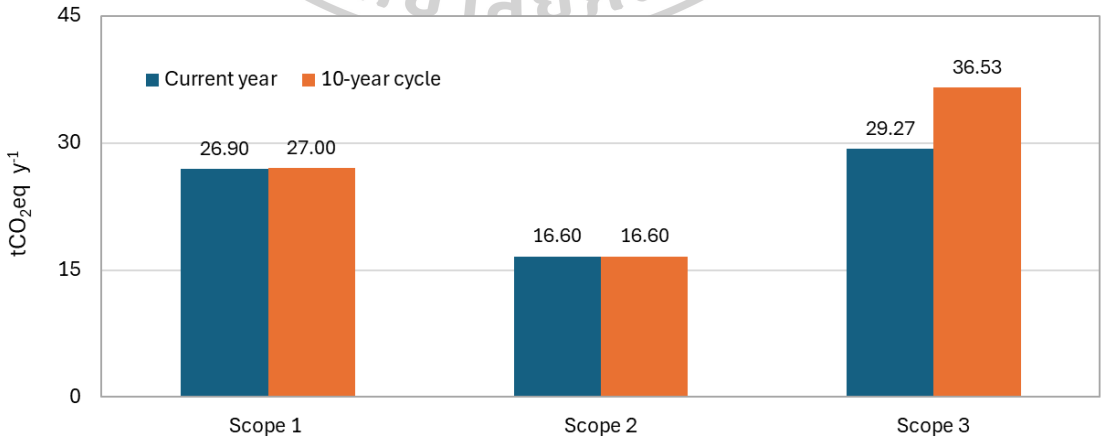
สำหรับสนาม B การดำเนินงานปกติประจำปีมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 72.77 tCO_2eq เมื่อขยายการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมรอบเวลา 10 ปี ซึ่งรวมถึงกิจกรรมการดูแลรักษาสนามฟุตบอลหญ้าเทียมจำนวน 2 สนาม พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นเป็น 80.14 tCO_2eq (ภาพที่ 4.13) ผลการวิเคราะห์รายขอบเขตแสดงให้เห็นว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเกือบทั้งหมดในขอบเขตที่ 3 เช่นเดียวกับสนาม A โดยมีการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 7.26 tCO_2eq ต่อปี (ภาพที่ 4.14) แหล่งกำเนิดการปล่อยหลัก ได้แก่ การจัดซื้อวัตถุดิบที่ใช้ในการซ่อมบำรุง

สนามหญ้าเทียม (Category 1) ร้อยละ 63.58, การผลิตและขนส่งสินค้าทุน (Category 2) ร้อยละ 0.39, การขนส่งวัตถุดิบ (Category 4) ร้อยละ 19.99 และการกำจัดซากวัสดุจากการรื้อถอนสนาม (Category 5) ร้อยละ 16.04



ภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของสนาม B จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (Current year) และในรอบ 10 ปี (10-year cycle)

ผลการศึกษายืนยันว่า วัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมสนามหญ้าเทียมยังคงเป็นแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักเช่นเดียวกับในกรณีของสนาม A ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกใน ขอบเขตที่ 1 จากกิจกรรมในรอบ 10 ปี มีเพียงเล็กน้อย (0.10 tCO_2eq) โดยเกิดจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถเครนระหว่างกระบวนการรื้อถอนสนามเดิม



ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายขอบเขตของสนาม B จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน (Current year) และในรอบ 10 ปี (10-year cycle)

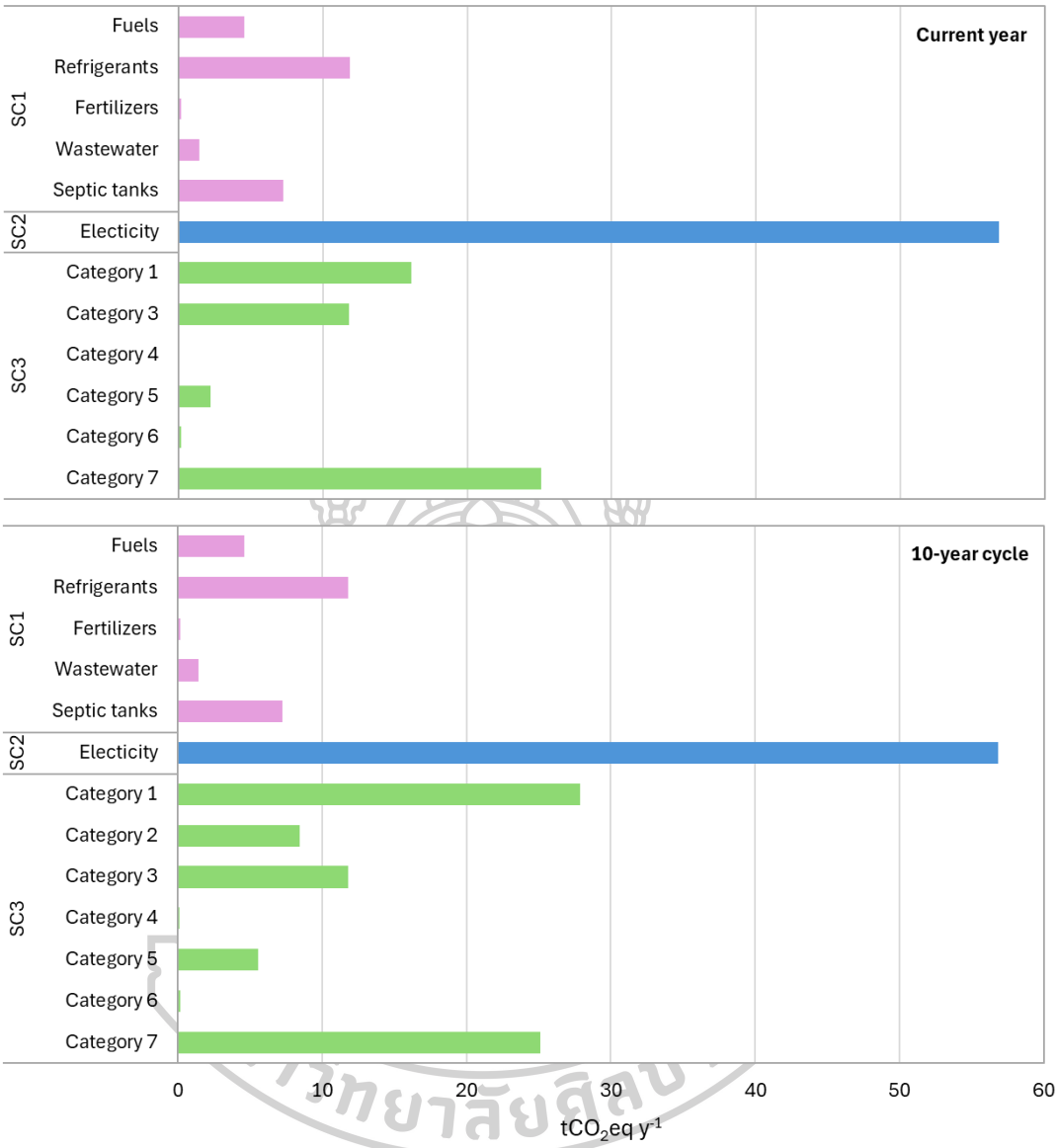
4.3 จุดวิกฤตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในปีปัจจุบันและในรอบ 10 ปี

จากการคำนวณและรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการดำเนินงานทั้งในปีปัจจุบันและในรอบ 10 ปี พบว่าจุดวิกฤตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon Hotspot) ของสนามให้เช่าทั้งสองแห่งมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 สนาม A

กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของสนาม A อยู่ในขอบเขตที่ 2 ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อมาจากภายนอก โดยเฉพาะจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค คิดเป็นสัดส่วนเกือบร้อยละ 50 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (ภาพที่ 4.15) การใช้พลังงานไฟฟ้าดังกล่าวเกิดจากกิจกรรมหลักภายในสนาม ได้แก่ การเปิดไฟสปอตไลต์สำหรับให้บริการในช่วงเวลากลางคืน การใช้เครื่องสูบน้ำบาดาลเพื่อรดน้ำสนามหญ้าธรรมชาติ และการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ในพื้นที่ให้บริการ กิจกรรมเหล่านี้เป็นกระบวนการที่ต้องดำเนินการเป็นประจำ เนื่องจากมีความจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล โดยเฉพาะในกรณีของสนามหญ้าธรรมชาติที่ต้องรดน้ำทุกวันเพื่อรักษาสภาพสนามให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ของสนาม A จึงควรได้รับการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และพิจารณาการใช้พลังงานทางเลือก เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยลดการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งภายนอกและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมขององค์กร

กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองลงมาจากขอบเขตที่ 2 ได้แก่ Category 7 (ในกรณีของการดำเนินงานในปีปัจจุบัน) และ Category 1 (ในกรณีของการดำเนินงานในรอบ 10 ปี) ซึ่งทั้งสองหมวดอยู่ภายใต้ขอบเขตที่ 3 โดยใน Category 7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าร้อยละ 90 เกิดจากการเดินทางของผู้ใช้บริการ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมดังกล่าวเป็นส่วนที่ยากต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากอยู่นอกเหนือขอบเขตการควบคุมโดยตรงขององค์กร สำหรับ Category 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าร้อยละ 70 เกิดจากกระบวนการผลิตวัสดุสำหรับสนามหญ้าเทียม ได้แก่ แผ่นหญ้าเทียมชนิด HDPE และเม็ดพลาสติก EPDM ที่ใช้เติมในสนาม ซึ่งเป็นกิจกรรมซ่อมบำรุงที่ดำเนินการในรอบทุก ๆ 10 ปี นอกจากนี้ ยังพบว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในลำดับรองลงมา ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นชนิด R410a ในขอบเขตที่ 1 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาของพลังงาน (Category 3) ในขอบเขตที่ 3 ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการใช้พลังงานในขอบเขตที่ 1 และ 2 (ภาพที่ 4.15)



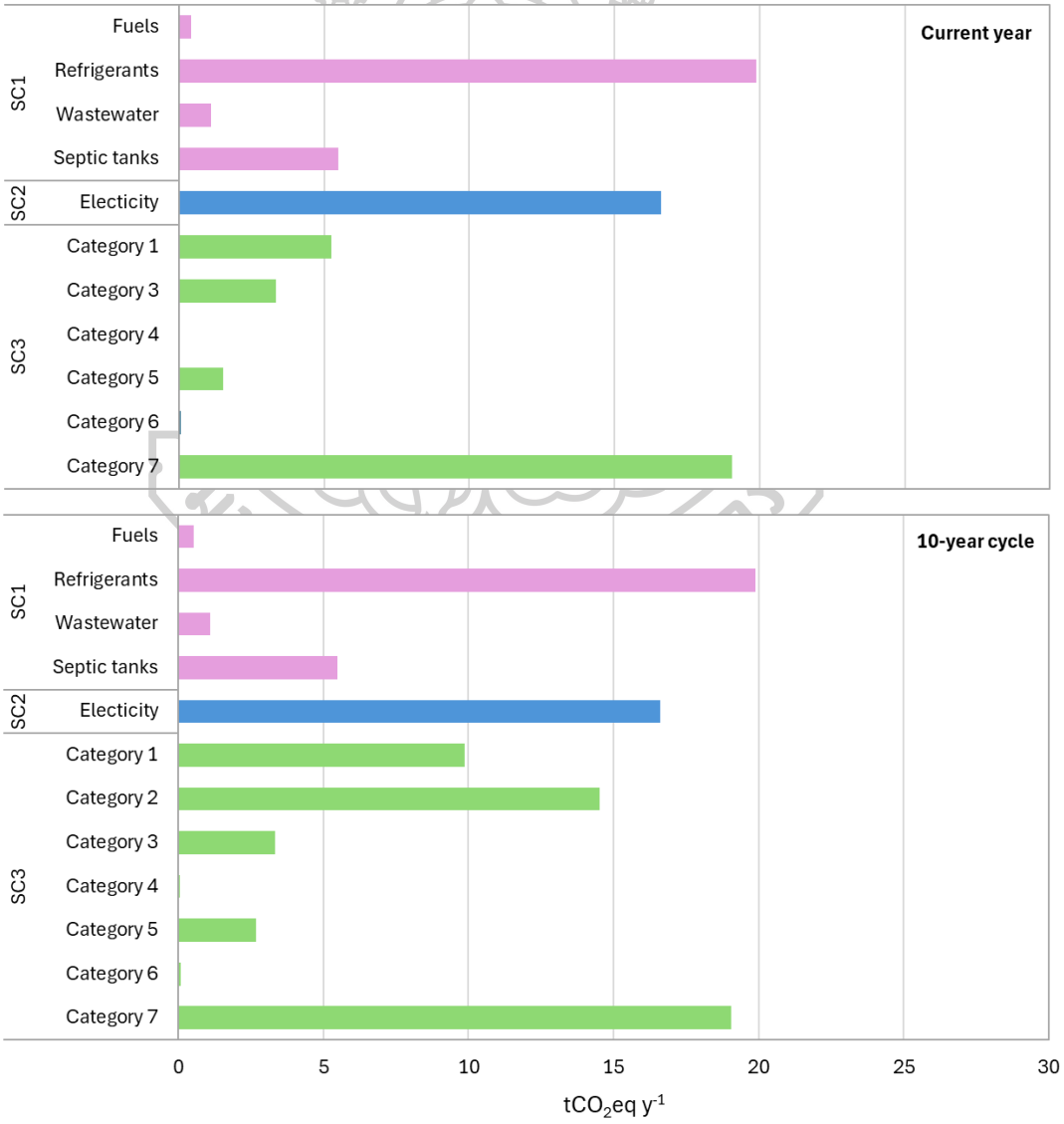
ภาพที่ 4.15 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมของสนาม A จากการดำเนินงานในปีปัจจุบันและการดำเนินงานในรอบ 10 ปี (SC1, SC2 และ SC3 คือ ขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ)

4.3.2 สนาม B

สำหรับสนาม B พบว่ากิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมี 2 ประเภทหลัก ได้แก่ กิจกรรมในขอบเขตที่ 1 ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นชนิด R22 และ R32 จากเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในสนาม โดยมีสัดส่วนการปล่อยมากกว่าร้อยละ 70 ของการปล่อยทั้งหมดในขอบเขตที่ 1 ดังนั้น การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำ

ความเย็นซึ่งมีค่าศักยภาพในการก่อภาวะโลกร้อน (GWP) ต่ำ จึงเป็นแนวทางสำคัญในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 (Category 7) ซึ่งเป็นการเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ คิดเป็นมากกว่าร้อยละ 60 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 (ภาพที่ 4.16) โดยผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของสนาม A ที่ชี้ให้เห็นว่าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเดินทางเป็นประเด็นที่ท้าทายต่อการบริหารจัดการคาร์บอนขององค์กร

นอกจากนี้ เครื่องปรับอากาศยังเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานสูง เช่นเดียวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบแสงสว่างและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่น ๆ ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 อยู่ในลำดับสูงเป็นอันดับที่สาม รองจากสองกิจกรรมหลักที่กล่าวมา (ภาพที่ 4.16)



ภาพที่ 4.16 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมของสนาม B จากการดำเนินงานในปีปัจจุบันและการดำเนินงานในรอบ 10 ปี (SC1, SC2 และ SC3 คือ ขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ)

ผลการศึกษาของทั้งสองสนามให้บริการเช่าสนามฟุตบอลมีความสอดคล้องกับรายงานของ Khanna et al. (2024) ซึ่งระบุว่าแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของสโมสรฟุตบอล ได้แก่ การเดินทางของผู้เข้าชมการแข่งขัน (Supporters) ในขอบเขตที่ 3 โดยเฉพาะการเดินทางทางอากาศ และการใช้พลังงานไฟฟ้าในขอบเขตที่ 2 ซึ่งใช้ในการส่องสว่างสนาม พื้นที่โดยรอบ อาคารสำนักงาน รวมถึงอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับผู้เล่นและแฟนบอลทั้งในช่วงฝึกซ้อมและการแข่งขัน ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินงานของสโมสรฟุตบอลเป็นไปอย่างยั่งยืนและสอดคล้องกับบริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (FIFA) และสหภาพสมาคมฟุตบอลยุโรป (UEFA) จึงได้ส่งเสริมให้สโมสรฟุตบอลทั่วโลกดำเนินกิจกรรมโดยมุ่งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการดำเนินงาน

4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสองธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล

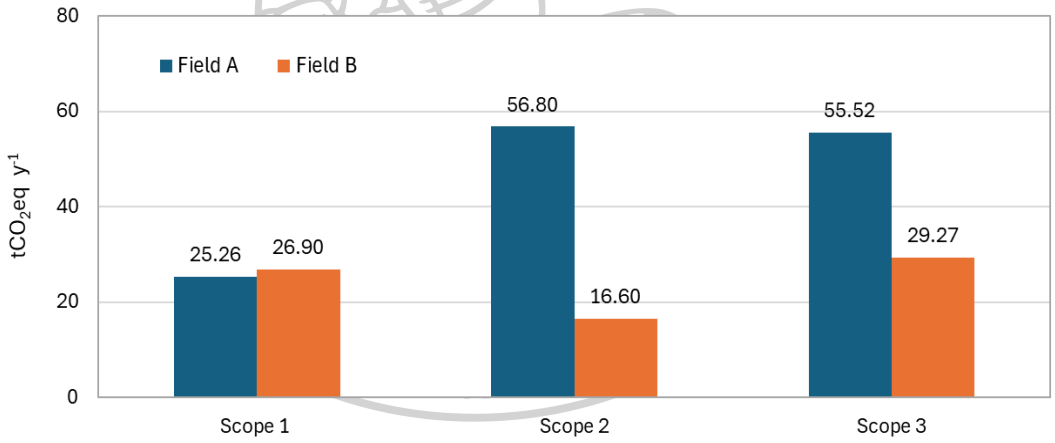
การวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจแหล่งกำเนิดและสัดส่วนของการปล่อยในแต่ละขอบเขตของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล โดยกิจกรรมของแต่ละสนามมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน ระบบโครงสร้างพื้นฐาน และรูปแบบการดูแลรักษาที่มีผลโดยตรงต่อรูปแบบและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเปรียบเทียบดังกล่าวจึงช่วยสะท้อนความแตกต่างด้านการใช้พลังงานและทรัพยากรของแต่ละสนาม และสามารถนำไปสู่การพัฒนาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม สอดคล้องกับบริบทการดำเนินงานของแต่ละสนามอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

4.4.1 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน

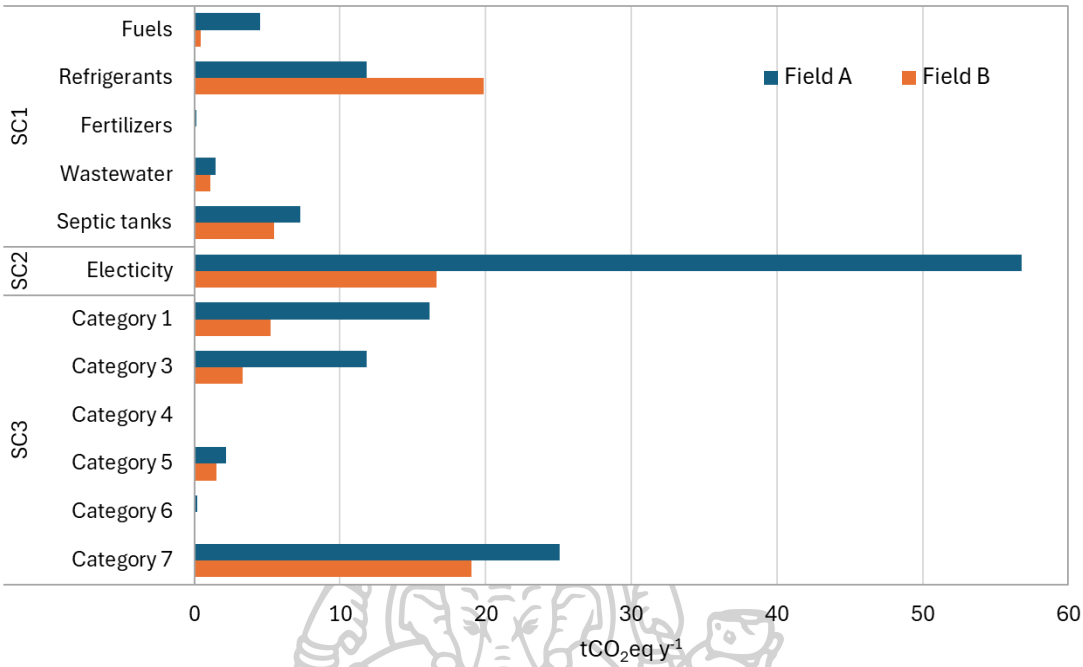
ผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม A และสนาม B จากการดำเนินงานในปีปัจจุบัน เมื่อจำแนกตามแต่ละขอบเขต พบว่าทั้งสองสนามมีระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 3 ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่มีค่าการปล่อยสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การปล่อยก๊าซเรือน

กระจกทางตรงในขอบเขตที่ 1 มีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยสนาม B มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าสนาม A เล็กน้อย (ภาพที่ 4.17)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 ของสนาม B มีค่าสูงกว่าเนื่องจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากระบบปรับอากาศที่ติดตั้งทั้งในห้องรับรองและห้องออกกำลังกาย ซึ่งใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารทำความเย็นในปริมาณมากกว่า ในทางตรงกันข้าม การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 ของสนาม A สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.18) ซึ่งสะท้อนถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่า อันเนื่องมาจากลักษณะการเป็นสนามฟุตบอลกลางแจ้งที่ต้องเปิดไฟส่องสว่างในช่วงเวลากลางคืนเพื่อรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมาก แตกต่างจากสนาม B ซึ่งเป็นสนามในร่มและมีสัดส่วนผู้ใช้บริการในช่วงกลางวันมากกว่า นอกจากนี้ ขนาดพื้นที่ดำเนินการที่ใหญ่กว่าของสนาม A ส่งผลให้สามารถรองรับกิจกรรมได้หลากหลาย ทั้งการฝึกซ้อมของศูนย์ฝึกอบรมฟุตบอล (Football Academy) และการจัดการแข่งขันในรูปแบบทัวร์นาเมนต์อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรพื้นฐานและวัสดุสิ้นเปลืองมากกว่า จึงทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกหมวดหมู่ (Category) ของขอบเขตที่ 3 สูงกว่าสนาม B (ภาพที่ 4.18)



ภาพที่ 4.17 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินงานของทั้งสองสนามในปีปัจจุบัน

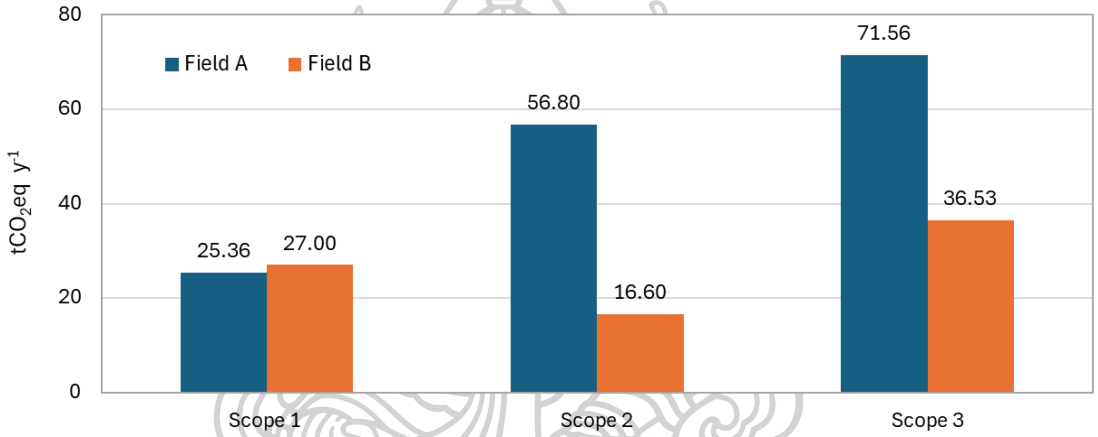


ภาพที่ 4.18 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมในขอบเขตที่ 1-3 จากการดำเนินงานของทั้งสองสนามในปีปัจจุบัน

สำหรับขอบเขตที่ 3 พบว่าทั้งสองสนามมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดใน Category 7 ซึ่งเกิดจากการเดินทางของผู้ใช้บริการโดยรถยนต์ส่วนบุคคลเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่การปล่อยใน Category 5 (การจัดการของเสียขององค์กร) มีค่าต่ำเมื่อเทียบกับภาคธุรกิจประเภทอื่น เนื่องจากขยะส่วนใหญ่เป็นขวดพลาสติกซึ่งมีระบบการรวบรวมและขายต่อให้ร้านรับซื้อเพื่อรีไซเคิล ส่งผลให้ปริมาณขยะที่ถูกนำไปฝังกลบโดยเทศบาลลดลง ในส่วนของ Category 1 ภายใต้ขอบเขตที่ 3 พบว่าสนาม A มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าสนาม B อย่างชัดเจน สาเหตุสำคัญมาจากลักษณะของสนามที่แตกต่างกัน โดยสนามหญ้าเทียมของ B เป็นสนามในร่ม ทำให้พื้นสนามไม่สัมผัสกับแสงแดด ลม และฝนโดยตรง จึงมีการสึกหรอและการรั่วไหลของเม็ดยางต่ำ สามารถใช้งานได้ยาวนานและต้องการการบำรุงรักษาน้อยกว่า ในขณะที่สนาม A เป็นสนามกลางแจ้ง ทำให้เกิดการสึกหรอของเม็ดยางและทรายจากการโดนลมหรือฝนพัดพาออกจากสนาม ส่งผลให้ต้องมีการเติมเม็ดยางและทรายบ่อยครั้ง การซื้อวัตถุดิบเหล่านี้เพื่อการบำรุงรักษาที่ถี่กว่าเป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นใน Category 1 ของสนาม A ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Itten et al. (2020) ซึ่งระบุว่าสนามหญ้าเทียมจำเป็นต้องมีการเติมเม็ดยางและทรายอย่างสม่ำเสมอ เพื่อคงสภาพการใช้งานและคุณภาพของพื้นสนามให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

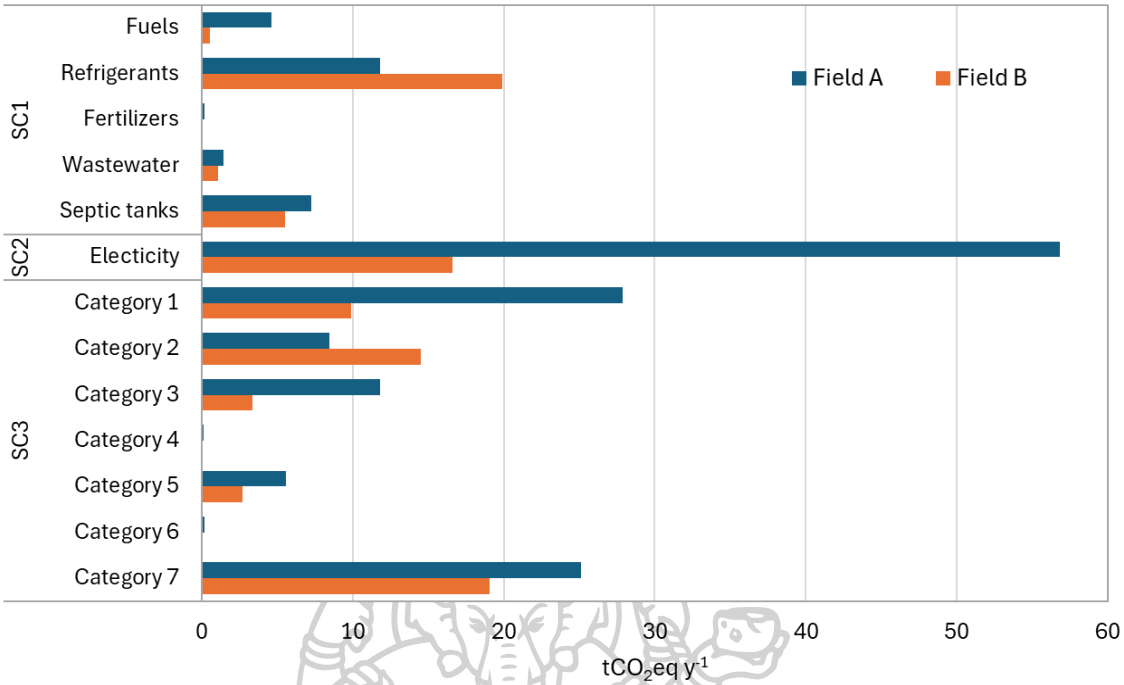
4.4.2 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในรอบ 10 ปี

ผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม A และสนาม B จากการดำเนินงานในรอบระยะเวลา 10 ปี เมื่อจำแนกตามแต่ละขอบเขต พบว่าทั้งสองสนามมีแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันในลักษณะเดียวกับผลการดำเนินงานในปีปัจจุบัน โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 3 (ภาพที่ 4.19)



ภาพที่ 4.19 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินงานของทั้งสองสนามในรอบ 10 ปี

ความแตกต่างในขอบเขตที่ 2 เป็นไปตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 4.4.1 ส่วนความแตกต่างในขอบเขตที่ 3 พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม A มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากประมาณ 26 tCO_2eq ในปีปัจจุบัน เป็นประมาณ 35 tCO_2eq ในการดำเนินงานรอบ 10 ปี (ภาพที่ 4.19) สาเหตุสำคัญมาจากการปรับปรุงสนามที่ใช้แผ่นหญ้าเทียมชนิด HDPE ในปริมาณมากกว่าสนาม B รวมทั้งการใช้เม็ดยางเติมสนามชนิด EPDM ซึ่งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าเม็ดยางชนิด SBR ที่ใช้ในสนาม B ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก Category 1 ของสนาม A สูงกว่าสนาม B อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การรื้อถอนสนามเดิมของสนาม A ยังทำให้เกิดของเสียจำนวนมากที่ต้องนำไปกำจัด ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก Category 5 สูงกว่าสนาม BgOO อย่างชัดเจน (ภาพที่ 4.20 และตารางที่ 4.1) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการดำเนินงานในปีปัจจุบันที่นำเสนอในหัวข้อ 4.4.1



ภาพที่ 4.20 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายกิจกรรมในขอบเขตที่ 1-3 จากการดำเนินงานของทั้งสองสนามในรอบ 10 ปี

ตารางที่ 4.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานในรอบ 10 ปี ที่จำแนกตามกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สนาม	กิจกรรมการซ่อมบำรุงสนามในรอบ 10 ปีที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO_2eq)				
	การผลิตวัสดุที่ใช้ในการซ่อมบำรุง (Cat 1)	การซื้อและขนส่งสินค้าทุน (Cat 2)	การขนส่งวัสดุที่ใช้ในการซ่อมบำรุง (Cat 4)	การขนส่งและการจัดการขยะ (Cat 5)	การใช้ปุ๋ยเคมีและน้ำมันเชื้อเพลิง (SC1)
Field A	117.41	8.47	0.53	34.01	1.05
Field B	46.18	14.52	0.28	11.65	1.00

4.4.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของคาร์บอน (Carbon intensity)

การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่างสองกิจการอาจไม่สะท้อนถึงประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม หากกิจการมีขนาดหรือขอบเขตการดำเนินงานที่แตกต่างกัน ดังนั้น การเปรียบเทียบในรูปของความเข้มข้นของ

คาร์บอนจึงถูกนำเสนอในหัวข้อนี้ เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดที่คำนึงถึงขนาดและลักษณะการดำเนินงานที่แตกต่างกัน

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้คำนวณความเข้มข้นของคาร์บอนทั้งสำหรับการดำเนินงานในปีปัจจุบันและในรอบ 10 ปี โดยแสดงในรูปของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยพื้นที่ (ตารางเมตร) ต่อจำนวนผู้ใช้งาน และต่อชั่วโมงการใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของคาร์บอนรวมของทั้งสองสนามอยู่ในช่วง 15.16–19.22 $kgCO_2eq\ m^{-2}$, 2.26–3.71 $kgCO_2eq\ user^{-1}$ และ 21.52–31.28 $kgCO_2eq\ h^{-1}$ ตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นของคาร์บอนในแต่ละขอบเขตพบว่า ขอบเขตที่ 1 อยู่ในช่วง 3.16–5.63 $kgCO_2eq\ m^{-2}$, 0.61–0.84 $kgCO_2eq\ user^{-1}$ และ 5.14–7.98 $kgCO_2eq\ h^{-1}$ ขอบเขตที่ 2 อยู่ในช่วง 3.46–8.94 $kgCO_2eq\ m^{-2}$, 0.51–1.37 $kgCO_2eq\ user^{-1}$ และ 4.91–11.56 $kgCO_2eq\ h^{-1}$ และขอบเขตที่ 3 อยู่ในช่วง 6.10–8.94 $kgCO_2eq\ m^{-2}$, 0.91–1.73 $kgCO_2eq\ user^{-1}$และ 8.65–14.56 $kgCO_2eq\ h^{-1}$ (ตารางที่ 4.2)

จากผลการเปรียบเทียบพบว่า ความเข้มข้นของคาร์บอนรวมของสนาม A สูงกว่าสนาม B ทั้งในปีปัจจุบันและในรอบ 10 ปี โดยสูงกว่าร้อยละ 13.46–15.16, 46.90–49.60 และ 30.11–32.04 เมื่อคิดเทียบต่อหน่วยพื้นที่ จำนวนผู้ใช้งาน และชั่วโมงการใช้งาน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเป็นรายขอบเขตพบว่า สนาม B มีความเข้มข้นของคาร์บอนในขอบเขตที่ 1 สูงกว่าสนาม A โดยเฉลี่ยร้อยละ 77.41, 36.89 และ 54.66 ตามลำดับของการคิดต่อหน่วยพื้นที่ จำนวนผู้ใช้งาน และชั่วโมงการใช้งาน ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการรั่วไหลของสารทำความเย็น ในขณะที่ ความเข้มข้นของคาร์บอนในขอบเขตที่ 2 และ 3 ของสนาม A ยังพบว่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสนาม B

โดยสรุป สนาม A ซึ่งมีพื้นที่ดำเนินธุรกิจ 8,000 ตารางเมตร และให้บริการสนามฟุตบอลหญ้าธรรมชาติและหญ้าเทียมกลางแจ้ง มีความเข้มข้นของคาร์บอนทางอ้อมสูงกว่า อันเนื่องมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและการบริโภคทรัพยากรจำนวนมาก โดยเฉพาะวัสดุอย่างแผ่นหญ้าเทียมและเม็ดยางเติมสนาม ในขณะที่สนาม B ซึ่งมีพื้นที่ดำเนินธุรกิจ 4,800 ตารางเมตร และให้บริการสนามฟุตบอลหญ้าเทียมในร่ม มีความเข้มข้นของคาร์บอนทางตรงสูงกว่าจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็น

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของคาร์บอนของสนามทั้งสองแห่ง จำแนกตามหน่วยพื้นที่ จำนวนผู้ใช้งาน และชั่วโมงการใช้สนาม

สนาม	ขอบเขต	ความเข้มข้นของคาร์บอน ($kgCO_2eq$)					
		ต่อตารางเมตร (m^{-2})		ต่อผู้ใช้งาน ($user^{-1}$)		ต่อชั่วโมงการใช้งาน (h^{-1})	
		ปีปัจจุบัน	รอบ 10 ปี	ปีปัจจุบัน	รอบ 10 ปี	ปีปัจจุบัน	รอบ 10 ปี
Field A	1	3.16	3.17	0.61	0.61	5.14	5.16
	2	7.10	7.10	1.37	1.37	11.56	11.56
	3	6.94	8.94	1.34	1.73	11.30	14.56
	รวม	17.20	19.22	3.32	3.71	28.00	31.28
Field B	1	5.60	5.63	0.83	0.84	7.95	7.98
	2	3.46	3.46	0.51	0.51	4.91	4.91
	3	6.10	7.61	0.91	1.13	8.65	10.80
	รวม	15.16	16.69	2.26	2.48	21.52	23.69

4.4.4 การเปรียบเทียบสนามฟุตบอลที่มีวัสดุพื้นผิวสนามแตกต่างกัน

ผลการศึกษาในหัวข้อก่อนหน้าแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่างธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลทั้งสองแห่ง ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากประเภทของพื้นสนามและวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างและซ่อมแซม ความแตกต่างดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Simmons and Latham (2024) ที่รายงานว่าการติดตั้งและการดูแลรักษาสนามฟุตบอลทั้งแบบหญ้าธรรมชาติและหญ้าเทียมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับอายุการใช้งาน การบำรุงรักษา และการซ่อมบำรุง การศึกษานี้จึงเปรียบเทียบสนามฟุตบอลที่มีวัสดุพื้นผิวต่างชนิดกัน ได้แก่ หญ้าธรรมชาติและหญ้าเทียม เพื่อใช้ข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางในการเสนอแนะกลยุทธ์ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ผลการวิเคราะห์พบว่า สนามฟุตบอลที่ใช้วัสดุพื้นผิวต่างชนิดกันมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยในช่วงการบำรุงรักษาประจำปี สนามหญ้าธรรมชาติมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าสนามหญ้าเทียมทั้งในร่มและกลางแจ้งอย่างมีนัยสำคัญ (มากกว่า 0.41–0.42 $kgCO_2eq\ m^{-2}$) สาเหตุหลักมาจากการใช้เชื้อเพลิงในการตัดหญ้า การใช้ปุ๋ยเคมี การใช้น้ำประปา และการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสูบน้ำบาดาลเพื่อดูแลรักษาสนาม ในขณะที่สนามหญ้า

เทียมทั้งสองประเภทมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในช่วงการบำรุงรักษาที่ใกล้เคียงกันเมื่อพิจารณาต่อหน่วยพื้นที่ของสนามฟุตบอล (ตารางเมตร)

ในทางตรงกันข้าม ในช่วงการปรับปรุงสนามในรอบระยะเวลา 10 ปี พบว่าสนามหญ้าเทียมมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่าสนามหญ้าธรรมชาติอย่างมาก โดยมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 36.32–40.81 $kgCO_2eq\ m^{-2}$ สำหรับสนามหญ้าเทียม และ 3.39 $kgCO_2eq\ m^{-2}$ สำหรับสนามหญ้าธรรมชาติ (ตารางที่ 4.3) ความแตกต่างนี้มีสาเหตุหลักจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในกระบวนการผลิตแผ่นหญ้าเทียมชนิด HDPE และเม็ดยางสังเคราะห์ที่ใช้เติมในสนามฟุตบอล ตลอดจนกระบวนการขนส่งและการกำจัดของเสียจากการปรับปรุงสนาม นอกจากนี้ ความแตกต่างระหว่างสนามหญ้าเทียมกลางแจ้งและในร่มยังสัมพันธ์กับชนิดของเม็ดยางที่ใช้ โดยสนามกลางแจ้งของสนาม A ใช้เม็ดยางชนิด EPDM ซึ่งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าเม็ดยางชนิด SBR ที่ใช้ในสนามในร่มของสนาม B

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัสดุปูพื้นสนามฟุตบอลที่แตกต่างกัน

หน่วยเปรียบเทียบ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก					
	การดำเนินงานประจำปี			การดำเนินงานในรอบ 10 ปี		
	สนามหญ้าเทียมกลางแจ้ง (A)	สนามหญ้าเทียมในร่ม (B)	สนามหญ้าธรรมชาติ (A)	สนามหญ้าเทียมกลางแจ้ง (A)	สนามหญ้าเทียมในร่ม (B)	สนามหญ้าธรรมชาติ (A)
ต่อครั้ง (tCO_2eq)	0.12	0.01	1.20	142.85	29.06	9.14
ต่อตารางเมตร ($kgCO_2eq$)	0.03	0.02	0.44	40.81	36.32	3.39

หมายเหตุ: A คือ สนาม A (Field A) และ B คือ สนาม B (Field B)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Itten et al. (2020) ซึ่งได้ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของสนามกีฬาที่ใช้หญ้าธรรมชาติ หญ้าเทียม และหญ้าแบบผสม (Hybrid grass) โดยสรุปว่าขั้นตอนการก่อสร้าง การปรับปรุง และการกำจัดวัสดุของสนามหญ้าเทียมเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงกว่าสนามหญ้าธรรมชาติ ขณะที่ในขั้นตอนการบำรุงรักษา สนามหญ้าธรรมชาติมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าเนื่องจากการใช้ปุ๋ยและเชื้อเพลิงในการดูแลรักษา

จากผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้สนามหญ้าธรรมชาติจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการซ่อมบำรุงต่ำ แต่ต้องใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างต่อเนื่องในการดูแลรักษา รวมถึงต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของผู้ดูแลสนามเพื่อรักษาสภาพสนามให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ในทางตรงกันข้าม สนามหญ้าเทียมสามารถคงสภาพได้แม้มีการใช้งานหนักโดยไม่จำเป็นต้องบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องเหมือนสนามหญ้าธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การลดภาระทางสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตและการปรับปรุงสนามหญ้าเทียมยังคงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อส่งเสริมให้การใช้งานสนามหญ้าเทียมมีความเหมาะสมและยั่งยืนมากยิ่งขึ้นในอนาคต

4.5 ความไม่แน่นอนของข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แม้ว่าการศึกษาครั้งนี้จะได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างรอบคอบ โดยอาศัยหลักฐานที่เชื่อถือได้ การสำรวจภาคสนาม และการสัมภาษณ์เชิงลึก แต่ยังคงมีความไม่แน่นอนอยู่ในระดับหนึ่งในข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้มา ข้อมูลกิจกรรม (AD) ส่วนใหญ่ของทั้งสองสนามฟุตบอลได้จากเอกสารหลักฐาน เช่น ใบแจ้งหนี้ ใบเสร็จรับเงิน และบันทึกการจัดซื้อ ซึ่งในบางกรณีจำเป็นต้องอาศัยสมมติฐานหรือการประมาณค่าเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถประเมินได้อย่างครบถ้วน ขณะเดียวกัน ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ที่ใช้สำหรับการคำนวณในครั้งนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากฐานข้อมูลในระดับสากล ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ ซึ่งอาจไม่สะท้อนลักษณะเฉพาะของสถานที่ศึกษาอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ระดับความไม่แน่นอนโดยรวมอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูงในทุกขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในตารางที่ 4.4 (รายละเอียดการประเมินความไม่แน่นอนรายกิจกรรมแสดงในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4.4 ความไม่แน่นอนของข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของทั้งสองสนาม

ขอบเขต	ระดับความไม่แน่นอนของข้อมูล
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง	ปานกลาง ถึง สูง
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน	ปานกลาง
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ	
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ	ปานกลาง
Category 2 สินค้าทุน	ปานกลาง ถึง สูง
Category 3 การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงาน	ปานกลาง
Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ	สูง

Category 5 การจัดการของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม	สูง
Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ	ปานกลาง
Category 7 การเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ	สูง

สำหรับขอบเขตที่ 3 พบว่า Category 4, 5 และ 7 มีระดับความไม่แน่นอนของข้อมูลอยู่ในระดับสูง เนื่องจากเป็นข้อมูลทางอ้อมที่ได้จากการประมาณค่าและการคำนวณย้อนกลับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของระยะทางการขนส่งและการเดินทางของผู้ใช้บริการ ขณะที่ Category 1, 2, 3 และ 6 ถูกประเมินว่ามีระดับความไม่แน่นอนอยู่ในช่วงปานกลางถึงปานกลางค่อนไปทางสูง เนื่องจากข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ในการคำนวณส่วนใหญ่ได้มาจากเอกสารใบเสร็จรับเงินหรือใบแจ้งหนี้ รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ก็เป็นค่ามาตรฐานระดับประเทศ หรือค่าที่มาจากผู้ผลิตที่ผ่านการประเมินและรับรองโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (ตารางที่ 4.4) แม้ว่าข้อมูลบางขอบเขตหรือบางกิจกรรมจะมีระดับความไม่แน่นอนสูง แต่การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการภายใต้แนวทางมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและเทียบเคียงได้ ทั้งนี้ เพื่อยกระดับความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการประเมินในอนาคต ควรดำเนินการเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง เช่น การติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของรถตัดหญ้า หรือการติดตามการใช้ไฟฟ้าในการสูบน้ำบาดาล พร้อมทั้งพัฒนาและประยุกต์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เฉพาะเจาะจงตามลักษณะพื้นที่และกิจกรรมขององค์กร (IPCC, 2019)

4.6 ข้อเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล

ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การดำเนินธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลเป็นอีกหนึ่งกิจกรรมสำคัญที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากกระบวนการบำรุงรักษาและปรับปรุงสนามหญ้า ทั้งในกรณีของสนามหญ้าธรรมชาติและสนามหญ้าเทียม ซึ่งถือเป็นจุดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักของกระบวนการดำเนินงาน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดแนวทางและกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อบรรเทาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมการดำเนินธุรกิจอย่างยั่งยืน

4.6.1 การจัดการแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การใช้ไฟฟ้าและการรั่วไหลของสารทำความเย็นเป็นแหล่งกำเนิดหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการดำเนินงานของธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล

ดังนั้น การบริหารจัดการพลังงานและการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นมาตรการสำคัญในการลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ

4.6.1.1 การใช้ไฟฟ้า

การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ โดยคิดเป็นสัดส่วนประมาณ ร้อยละ 35.21–41.29 สำหรับสนาม A และร้อยละ 17.81–22.81 สำหรับสนาม B ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางหนึ่งที่สามารถดำเนินการได้อย่างเป็นรูปธรรม คือ การนำพลังงานหมุนเวียน โดยเฉพาะระบบโซลาร์เซลล์ (Photovoltaic หรือ PV) เข้ามาทดแทนหรือชดเชยการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่าย การศึกษาของ de Souza Grilo et al. (2018) พบว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 207.88 $kgCO_2eq$ ต่อปี เมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายทั่วไป

สำหรับสนาม B ซึ่งมีรูปแบบการใช้บริการส่วนใหญ่ในช่วงเวลากลางวัน ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานอยู่ในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นหลัก การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์แบบเชื่อมต่อโครงข่ายโดยไม่มีแบตเตอรี่จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการทดแทนการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายในช่วงกลางวัน ในทางกลับกัน สนาม A มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในระดับสูงทั้งช่วงกลางวันและกลางคืน จึงอาจจำเป็นต้องใช้ระบบโซลาร์เซลล์ขนาดใหญ่ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ลิเธียม-ไอออน (Lithium-ion battery storage) เพื่อให้สามารถจ่ายไฟได้อย่างต่อเนื่องและรองรับภาระสูงสุด (Peak load) อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระบบแบตเตอรี่มีผลทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบสูงขึ้น โดยการผลิตแบตเตอรี่เป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นประมาณร้อยละ 54 ของการปล่อยทั้งหมดในระบบ ส่งผลให้ระบบโซลาร์เซลล์ที่มีแบตเตอรี่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าระบบที่ใช้เฉพาะโซลาร์เซลล์ แม้จะมีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในระยะเริ่มต้นสูงกว่า แต่เมื่อพิจารณาในระยะยาว การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานยังคงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างมีนัยสำคัญ (Mehedi et al., 2022)

อย่างไรก็ตาม การลงทุนติดตั้งระบบพลังงานหมุนเวียนจำเป็นต้องพิจารณาด้านความคุ้มค่า (Cost-effectiveness) และความเหมาะสมของขนาดธุรกิจ โดยเฉพาะในกรณีของผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ซึ่งมักมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ การศึกษาของ Peffley and Pearce (2020) รายงานว่าระบบไฮบริดที่ผสานการทำงานของโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงสำหรับ SMEs โดยเฉพาะเมื่อมีการสนับสนุนจากภาครัฐ ทั้งนี้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Atchike et al. (2022) ที่ชี้ว่า

มาตรการจูงใจทางเศรษฐกิจจากภาครัฐมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจลงทุนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ของผู้ประกอบการ ในทำนองเดียวกัน Mehedi et al. (2022) ประเมินอัตราคืนทุนด้านพลังงาน (Energy payback time) ของระบบโซลาร์เซลล์เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 3.8 ปี (ช่วง 3.3–4.2 ปี) ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่เป็นไปได้สำหรับภาคธุรกิจทั่วไป ขณะที่ Carneiro et al. (2022) ยืนยันเพิ่มเติมว่า การเปลี่ยนแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลไปเป็นพลังงานแสงอาทิตย์หมุนเวียนสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้อย่างมีนัยสำคัญ และเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาที่ยั่งยืนและการสร้างสังคมคาร์บอนต่ำในระยะยาว

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการที่เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ผู้ประกอบการมีความสนใจอย่างมากในการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าและลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกิจการ โดยมีศักยภาพเพียงพอในด้านพื้นที่ติดตั้ง ทั้งบนหลังคาอาคารและบริเวณพื้นที่ว่างของสนาม ทั้งนี้ หากภาครัฐหรือรัฐวิสาหกิจสามารถจัดสรรเงินสนับสนุนหรือลดต้นทุนการลงทุนเบื้องต้นได้ จะเป็นแรงจูงใจสำคัญที่ช่วยเร่งให้ผู้ประกอบการตัดสินใจลงทุนได้เร็วขึ้น เนื่องจากผู้ประกอบการตระหนักดีถึงแนวโน้มของโลกที่ให้ความสำคัญกับประเด็นสิ่งแวดล้อมและการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งอาจนำไปสู่การจัดเก็บภาษีคาร์บอน (Carbon Tax) ในอนาคตอันใกล้ ดังนั้น การสนับสนุนเชิงนโยบายและงบประมาณจากภาครัฐจึงเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมให้ภาคเอกชนมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ

4.6.1.2 การรั่วไหลของสารทำความเย็น

การรั่วไหลของสารทำความเย็นเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในขอบเขตที่ 1 เนื่องจากสารทำความเย็นส่วนใหญ่ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ เช่น R410a และ R22 มีค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) สูงถึง 2,255.5 และ 1,960 เท่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับคาร์บอนไดออกไซด์ (IPCC, 2021) การรั่วไหลแม้เพียงเล็กน้อยจึงส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าว ควรส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นที่มีค่า GWP ต่ำ โดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ทดแทนของเดิมที่เสื่อมสภาพ การศึกษาของ Abas et al. (2018) แนะนำให้ใช้สารทำความเย็นธรรมชาติ (Natural refrigerants) ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือมีค่า GWP ต่ำ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแอมโมเนีย (NH_3) (GWP คือ 0) รวมถึง ไฮโดรคาร์บอน (HCs) เช่น โพรเพน (GWP คือ 3.3) ไอโซบิวเทน (GWP คือ 4) และโพรพิลีน (GWP คือ 1.8) นอกจากนี้ ยังมีสารสังเคราะห์รุ่นใหม่ เช่น R152a และ R1234yf ที่สามารถใช้ทดแทนสารทำความเย็นเดิมได้ โดยให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ดีขึ้นและลดผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ

ในอนาคตอันใกล้ กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้รายงานว่าจะมีการเพิ่มการนำเข้าสารทำความเย็นธรรมชาติเพื่อทดแทนสารสังเคราะห์ที่มีค่า GWP สูง เพื่อสนับสนุนเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยภายใต้เป้าหมายการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contributions หรือ NDCs) ภายในปี ค.ศ. 2030 (DCCE, 2024) ดังนั้น เมื่อถึงเวลาที่ต้องเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ สนามฟุตบอลที่อยู่ในขอบการศึกษานี้ควรพิจารณาเลือกใช้เครื่องที่ใช้สารทำความเย็นธรรมชาติเป็นหลัก

ทั้งนี้ ประเทศไทยได้ดำเนินโครงการ “RAC NAMA (Refrigeration and Air Conditioning Nationally Appropriate Mitigation Action)” ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2559 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น โครงการดังกล่าวดำเนินการโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ซึ่งต่อมาได้ถ่ายโอนภารกิจไปยังกรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ร่วมกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และภาคอุตสาหกรรมเอกชน เพื่อส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารทำความเย็นธรรมชาติและเผยแพร่ความรู้ด้านเทคโนโลยีความเย็นสีเขียว (Green Cooling Technology) ในช่วงสองปีที่ผ่านมา กองทุน RAC NAMA ภายใต้การบริหารของ กฟผ. ได้สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีสารทำความเย็นธรรมชาติทั้งในภาคการผลิต การบริโภค และภาคบริการ โดยคาดว่าจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 0.94 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (GIZ, 2020)

ดังนั้น สารทำความเย็นธรรมชาติเป็นสารที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนและมีค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนต่ำมาก อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานสูงกว่าสารทำความเย็นสังเคราะห์ทั่วไป จึงถือเป็นแนวทางสำคัญในการบรรเทาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและส่งเสริมการดำเนินธุรกิจอย่างยั่งยืนในระยะยาว (Natref, 2019)

4.6.2 การจัดการสนามหญ้าเทียมอย่างยั่งยืน

การบำรุงรักษาและการปรับปรุงสนามหญ้าเทียมเป็นหนึ่งในแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการผลิต การขนส่ง และการกำจัดวัสดุที่ใช้ในสนาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผ่นพลาสติกชนิด HDPE และเม็ดยางสังเคราะห์ที่ใช้เป็นวัสดุเติมสนาม (Infill material) ดังนั้น การจัดการสนามหญ้าเทียมอย่างยั่งยืนจึงมีบทบาทสำคัญในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยรวมของการดำเนินงาน

4.6.2.1 การเลือกชนิดของวัสดุเติมสนาม

การเลือกใช้วัสดุเติมสนามที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำเป็นแนวทางสำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม วัสดุรีไซเคิล เช่น SBR รีไซเคิล, EPDM รีไซเคิล, TPE รีไซเคิล หรือวัสดุจากธรรมชาติ เช่น จุกไม้ (Natural cork) สามารถใช้ทดแทนเม็ดยางสังเคราะห์ที่ผลิตใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้วัสดุรีไซเคิลไม่เพียงช่วยลดความต้องการพลังงานในกระบวนการผลิตใหม่ แต่ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของวัสดุ การศึกษาของ Magnusson and Mácsik (2017) รายงานว่าการนำวัสดุสังเคราะห์ ทราย และหญ้าเทียมเก่ากลับมาใช้ซ้ำหรือรีไซเคิล สามารถลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Russo et al. (2022) เน้นย้ำถึงความจำเป็นของการรีไซเคิลเม็ดยางสังเคราะห์เพื่อให้การจัดการสนามหญ้าเทียมเกิดความยั่งยืนอย่างแท้จริง

เม็ดยางที่ใช้เป็นวัสดุเติมในสนามหญ้าเทียมในร่มมักมีอัตราการสึกหรอและเสื่อมสภาพต่ำ เนื่องจากไม่ได้สัมผัสกับแสงแดด ลม และฝนโดยตรง ทำให้เม็ดยางสังเคราะห์ยังคงคุณภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน หลังการรื้อถอนและแยกวัสดุ สามารถนำเม็ดยางดังกล่าวมาคัดแยกและทำความสะอาดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในสนามหญ้าเทียมในร่มได้ ส่งผลให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตเม็ดยางใหม่ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Magnusson and Mácsik, 2017) สำหรับสนามหญ้าเทียมกลางแจ้ง เม็ดยางมีแนวโน้มเสื่อมสภาพมากกว่า เนื่องจากต้องรับภาระการใช้งานที่หนักและการสัมผัสกับสภาพแวดล้อมโดยตรง ทั้งแสงแดด ความชื้น ฝน รวมถึงการพัดพาของลม ทำให้คุณภาพของเม็ดยางลดลงตามระยะเวลาการใช้งานและการบำรุงรักษา ภายหลังการรื้อถอนและแยกวัสดุ เม็ดยางที่ยังคงสภาพดีสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทั้งในสนามหญ้าเทียมกลางแจ้งและสนามหญ้าเทียมในร่ม ส่วนเม็ดยางที่เสื่อมสภาพจนไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุเติม สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดใหม่ เช่น แผ่นยางกันกระแทก พื้นสนามเด็กเล่น พื้นลู่วิ่งยาง ฉากกั้นสนามกีฬา หรือแผ่นปูทางเดินพลาสติก นอกจากนี้ยังสามารถนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตแผ่นหญ้าเทียมและเม็ดยางใหม่ ช่วยลดความต้องการผลิตเม็ดพลาสติกใหม่และลดปริมาณเศษพลาสติกที่ต้องนำไปฝังกลบ (Polytan, 2024)

ในอนาคต การใช้วัสดุอินทรีย์ เช่น จุกไม้ธรรมชาติ (Natural cork infills) เพื่อทดแทนเม็ดยางสังเคราะห์ถือเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ อีกทั้งยังมีค่าดุลคาร์บอนเป็นลบ (–72.5 $kgCO_2eq\ kg^{-1}$) ตามรายงานของ Amorim Sports (2025) วัสดุไม้ก๊อกธรรมชาติหรือไม้ก๊อกผสมวัสดุอื่นถูกนำมาใช้เป็นวัสดุเติมในสนามหญ้าเทียม โดยมีคุณสมบัติสำคัญ ได้แก่ ความสามารถในการเป็นฉนวนและการดูดซับความร้อนต่ำเมื่อสัมผัสแสงแดด ความยืดหยุ่นสูง อัตราการสึกหรอต่ำ และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ทั้งยังทนทาน

ต่อความชื้นและการผุพัง เนื่องจากไม้ก๊อกมีส่วนประกอบของซูเบอริน จึงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานยาวนานเทียบเท่ากับอายุการใช้งานของสนามหญ้าเทียม นอกจากนี้ วัสดุจากไม้ก๊อกยังสามารถนำไปรีไซเคิลได้ เช่น ใช้ทำปุ๋ยหมักหรือใช้ซ้ำในรูปแบบอื่น จึงตอบโจทย์ในด้านความยั่งยืน องค์กรระดับนานาชาติ เช่น FIFA และ UEFA ได้สนับสนุนการใช้วัสดุอินทรีย์เป็นวัสดุเติมในสนาม เช่น เศษไม้หรือเปลือกมะพร้าว (Khanna et al., 2024) อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้วัสดุทดแทนควรพิจารณาทั้งด้านความปลอดภัยของผู้เล่น ประสิทธิภาพทางเทคนิคของสนาม และความสามารถในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ควบคู่กัน (de Bernardi and Waller, 2022)

4.6.2.2 การปรับปรุงชนิดสนามหญ้า

ระบบสนามหญ้าไฮบริด (Hybrid turf system) ซึ่งผสมผสานเส้นใยสังเคราะห์เข้ากับหญ้าธรรมชาติ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับสนามหญ้าเทียมเต็มรูปแบบ การใช้วัสดุสังเคราะห์ในปริมาณที่น้อยลงช่วยลดการปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการผลิตโพลิเมอร์และลดการปล่อยไมโครพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม การศึกษาของ Itten et al. (2020) พบว่าสนามหญ้าไฮบริดมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อชั่วโมงการใช้งานต่ำกว่าสนามหญ้าเทียม ทั้งนี้ เนื่องจากสนามไฮบริดประกอบด้วยหญ้าธรรมชาติที่แทรกอยู่ในโครงสร้างเส้นใยสังเคราะห์บางส่วน ทำให้ปริมาณวัสดุสังเคราะห์โดยรวมลดลง ส่งผลให้การปล่อยคาร์บอนในกระบวนการผลิตลดลงอย่างชัดเจน

แม้ว่าสนามหญ้าไฮบริดยังคงต้องการการบำรุงรักษาบางประการ เช่น การรดน้ำและการตัดหญ้า แต่โดยรวมแล้วใช้ทรัพยากรน้อยกว่าสนามหญ้าธรรมชาติ และไม่ต้องทำความสะอาดหรือเปลี่ยนวัสดุเติมสนามบ่อยครั้งเหมือนสนามหญ้าเทียม อีกทั้งยังมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า (ประมาณ 10–15 ปี) และสามารถซ่อมแซมเฉพาะส่วนได้โดยไม่ต้องรื้อถอนทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากสนามหญ้าเทียมที่มักต้องเปลี่ยนทั้งผืนเมื่อหมดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ สนามหญ้าไฮบริดยังมีคุณสมบัติในการระบายความร้อนตามธรรมชาติผ่านกระบวนการคายน้ำของหญ้าจริง ซึ่งช่วยลดอุณหภูมิพื้นสนาม ความต้องการพลังงานในการทำความเย็น และคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยรวม

4.6.2.3 การจัดการหญ้าเทียมเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน

การจัดการวัสดุสนามหญ้าเทียมเมื่อสิ้นอายุการใช้งานเป็นอีกขั้นตอนสำคัญของแนวทางการจัดการอย่างยั่งยืน การรีไซเคิลส่วนประกอบหลักของสนาม เช่น เส้นใย PE, PP, วัสดุรองหลัง (Backing materials) และแผ่นรองกันกระแทก สามารถนำโพลิเมอร์คุณภาพสูงกลับมาใช้ใหม่ได้ กระบวนการรีไซเคิลทางกล (Mechanical recycling) เช่น การบด การแยก และการทำให้เป็นเกล็ด สามารถนำวัสดุกลับมาใช้ในการผลิตสนามใหม่หรือผลิตภัณฑ์พลาสติกอื่น ๆ ได้ ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของสนามหญ้าเทียมพบว่า การรีไซเคิลสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม

ได้ถึงร้อยละ 30–50 เมื่อเทียบกับการนำไปฝังกลบหรือการใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงาน (Energy recovery) เม็ดยางรีไซเคิลยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อในสนามเด็กเล่น ลู่วิ่งกีฬา หรือผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปอื่น ๆ (Magnusson and Mácsik, 2017)

อย่างไรก็ตาม การจัดตั้งระบบรีไซเคิลที่มีโครงสร้างและการติดตามตรวจสอบอย่างเหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ตามที่ Bø et al. (2024) เสนอ ทั้งนี้ การจัดการวัสดุที่ไม่เหมาะสมในช่วงระหว่างการใช้งานหรือหลังการรื้อถอน เช่น เม็ดยางสังเคราะห์และแผ่นพลาสติก อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงจากการปล่อยไมโครพลาสติกและสารอันตราย เช่น Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) ออกสู่สิ่งแวดล้อม (Bø et al., 2024; Grynkiewicz-Bylina et al., 2022) ทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากเม็ดยางเสื่อมสภาพที่น่าสนใจเพื่อหลีกเลี่ยงการฝังกลบและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การนำไปใช้ในงานก่อสร้างและงานชลประทาน การเสริมความแข็งแรงของดินและไหล่ทาง การผสมในยางมะตอยสำหรับพื้นถนน การสร้างกำแพงกันดิน แผ่นกันกระแทกและกันการสั่นสะเทือน แผ่นกันเสียง รวมถึงองค์ประกอบในการจัดภูมิทัศน์ เช่น บล็อกปูพื้นและวัสดุตกแต่งต่าง ๆ (Grynkiewicz-Bylina et al., 2022)

4.6.3 การจัดการสนามหญ้าธรรมชาติเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การบำรุงรักษาประจำของสนามหญ้าธรรมชาติเป็นกิจกรรมที่มีส่วนสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งจากการใช้ปุ๋ย การใช้น้ำในการรดสนาม และการใช้เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องจักรในการตัดหญ้า การปรับปรุงแนวทางการจัดการสนามหญ้าอย่างเหมาะสมจึงมีบทบาทสำคัญต่อการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยรวมของการดำเนินงาน นอกจากการเปลี่ยนชนิดสนามหญ้าเป็นระบบไฮบริดตามที่กล่าวในหัวข้อ 4.6.2.2 แล้ว ยังสามารถดำเนินมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังต่อไปนี้

4.6.3.1 การใช้ปุ๋ยแบบแม่นยำ

การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 20 ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขอบเขตที่ 1 การใช้ปุ๋ยอย่างแม่นยำโดยอาศัยผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินสามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเกินความจำเป็น นอกจากช่วยลดต้นทุนการจัดการแล้ว ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้ทั้งทางตรงจากกระบวนการในดิน และทางอ้อมจากการสูญเสียไนโตรเจนผ่านการชะล้าง การสูญเสียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากปุ๋ยเคมีลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้ความเข้มข้นของสารอาหารเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้สาหร่ายและพืชน้ำสังเคราะห์แสงเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงและเกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน

(Eutrophication) การใช้ปุ๋ยแบบแม่นยำจึงเป็นมาตรการสำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาของ Rees et al. (2020) ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยตามความต้องการที่แท้จริงของพืชเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ ขณะที่ Hassan et al. (2022) รายงานว่าการปรับอัตราไนโตรเจนให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชช่วยลดการตกค้างของไนโตรเจนในดินและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การศึกษาของ Cui et al. (2024) ยังระบุว่าการจัดการปริมาณไนโตรเจนอย่างเหมาะสมเป็นกลยุทธ์สำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งอาจช่วยลดการปล่อยได้ถึงร้อยละ 86 ของศักยภาพการลดทั้งหมด โดยไม่กระทบต่อประสิทธิภาพหรือผลผลิตของพืชหญ้าในสนาม

4.6.3.2 การใช้เครื่องจักรประหยัดพลังงาน

การใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงด้านพลังงานเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการดูแลสนามหญ้า การเปลี่ยนจากเครื่องตัดหญ้าที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไปเป็นเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า เครื่องตัดหญ้าแบบไฮบริดที่ใช้พลังงานหมุนเวียน หรือเครื่องตัดหญ้าที่ใช้แบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูง สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้โดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีการเปลี่ยนเครื่องจักรเก่าที่สิ้นอายุการใช้งาน

นอกจากนี้ เครื่องจักรประหยัดพลังงานมักต้องการการบำรุงรักษาน้อยกว่าเครื่องจักรเชื้อเพลิง เช่น ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนน้ำมันเครื่องหรือกรองอากาศ ซึ่งช่วยลดการใช้วัสดุสิ้นเปลืองและลดคาร์บอนจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเหล่านั้นด้วย ในบางกรณี การใช้เครื่องจักรไฟฟ้าที่ชาร์จพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์) ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้ไฟฟ้าในระบบได้อีกด้วย (Onukwulu et al., 2021)

4.6.3.3 การจัดการน้ำและระบบระบายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพเป็นองค์ประกอบสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนามหญ้าธรรมชาติ เนื่องจากการสูบน้ำและระบบชลประทานต้องใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil moisture sensors) และระบบรดน้ำแบบควบคุมอัตโนมัติ (Smart irrigation systems) สามารถช่วยให้รดน้ำได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของหญ้า ลดการใช้น้ำโดยไม่กระทบต่อคุณภาพสนาม นอกจากนี้ การติดตั้งชั้นระบายน้ำใต้ดินที่ออกแบบอย่างเหมาะสมยังช่วยควบคุมการไหลของน้ำ ป้องกันน้ำขัง และรักษาความชื้นของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งช่วยลดการใช้น้ำประปาและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องได้เช่นกัน (Itten et al., 2020) ขณะเดียวกัน Russo et al. (2022) ได้แนะนำให้ใช้เทคโนโลยีประหยัดน้ำร่วมกับการเลือกพันธุ์หญ้า

ที่ต้องการการบำรุงรักษาน้อย เพื่อให้การจัดการสนามหญ้าธรรมชาติมีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

4.6.4 การดำเนินงานแบบบูรณาการและการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การจัดการสนามฟุตบอลอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องดำเนินงานภายใต้กรอบแนวคิดแบบบูรณาการ (Integrated approach) ที่ครอบคลุมทั้งการจัดการกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก การเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการบริหารจัดการตลอดวัฏจักรชีวิตของวัสดุ (Life cycle management) การติดตามและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสนามอย่างสม่ำเสมอในแต่ละปีเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้ดำเนินงานสามารถระบุแหล่งการปล่อยก๊าซหลัก ประเมินประสิทธิภาพของมาตรการลดการปล่อย และปรับปรุงกลยุทธ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในระยะยาว

การสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานท้องถิ่น (เช่น เทศบาล) ซัพพลายเออร์ และองค์กรด้านความยั่งยืน เช่น องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) มีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนระบบการจัดการสนามฟุตบอลคาร์บอนต่ำในทุกขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทาน ตัวอย่างเช่น การส่งเสริมให้บริษัทผู้ผลิตวัสดุสนามมีระบบรับคืน (Take-back system) สำหรับแผ่นพลาสติกหรือเม็ดยางที่รื้อถอน เพื่อจัดการด้วยวิธีที่เหมาะสมและยั่งยืน ตลอดจนการออกแบบและติดตั้งสนามโดยคำนึงถึงการรีไซเคิลและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นอายุการใช้งาน นอกจากนี้ รัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการกำหนดมาตรการจูงใจ (Incentive measures) และแนวปฏิบัติที่ดี (Best practices) เพื่อสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีประหยัดพลังงานและวัสดุที่ยั่งยืนในภาคธุรกิจสนามกีฬา ทั้งนี้ ความสำเร็จของการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ตั้งแต่ผู้ประกอบการ หน่วยงานภาครัฐ ผู้ผลิตวัสดุ ไปจนถึงผู้ใช้บริการสนาม เพื่อขับเคลื่อนโครงสร้างพื้นฐานด้านกีฬาและสันทนาการให้เปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำที่ยั่งยืน (Onukwulu et al., 2021)

4.6.5 การจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางของผู้ใช้บริการ

การเดินทางของผู้ใช้บริการเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 สูงที่สุด และโดยทั่วไปเป็นส่วนที่ลดได้ยาก เนื่องจากอยู่นอกเหนือขอบเขตการควบคุมของผู้ประกอบการสนามกีฬา อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมและสร้างแรงจูงใจให้ผู้ใช้บริการมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นรูปธรรม

แนวทางที่สามารถดำเนินการได้ คือ การรณรงค์ให้ผู้ใช้บริการเลือกใช้ยานพาหนะที่มีการปล่อยมลพิษต่ำ เช่น รถยนต์ไฟฟ้า การเดินทางเป็นหมู่คณะ หรือการใช้ระบบขนส่งสาธารณะ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทาง การดำเนินการเหล่านี้อาจจัดในรูปแบบแคมเปญร่วมกับระบบสะสมแต้ม (Green Points) เพื่อสร้างแรงจูงใจให้ผู้ใช้บริการเข้าร่วมกิจกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยผู้ใช้บริการสามารถนำแต้มที่สะสมไปแลกเป็นส่วนลดหรือสิทธิประโยชน์ในครั้งถัดไป ซึ่งจะช่วยให้เกิดการปรับพฤติกรรมในระยะยาว จากเดิมที่ขับเคลื่อนด้วยแรงจูงใจจากผลตอบแทน สู่การปฏิบัติที่เกิดขึ้นโดยความคุ้นชินและความสมัครใจ มาตรการดังกล่าวช่วยให้ธุรกิจสามารถบริหารจัดการกิจกรรมที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ยากให้เกิดผลลัพธ์ที่ชัดเจน พร้อมสะท้อนถึงความมุ่งมั่นในการพัฒนาการให้บริการที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ระบบจองสนามออนไลน์ยังเป็นอีกมาตรการที่ช่วยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็น เช่น การสอบถามข้อมูลหรือการตรวจสอบสถานะสนาม ซึ่งสามารถดำเนินการผ่านระบบออนไลน์ได้โดยไม่ต้องเดินทางมาด้วยตนเอง จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ พบว่าการส่งเสริมการเดินทางเป็นหมู่คณะมีความเหมาะสมกับสนาม A มากกว่า เนื่องจากที่ตั้งของสนามอาจไม่เอื้อต่อการใช้บริการขนส่งสาธารณะ ในขณะที่สนาม B ซึ่งตั้งอยู่ในเขตเมืองและมีระบบขนส่งสาธารณะเข้าถึงอย่างสะดวก เหมาะสมทั้งสำหรับการเดินทางเป็นหมู่คณะและการใช้บริการขนส่งสาธารณะ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ภาคกีฬาเป็นหนึ่งในภาคส่วนที่มีส่วนร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยเฉพาะในปัจจุบันที่ประชาชนให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้นและมีความสนใจในการเป็นนักกีฬาอาชีพ ฟุตบอลเป็นกีฬาสากลที่ได้รับความนิยมต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การเล่นฟุตบอลจำเป็นต้องอาศัยสนามฟุตบอล ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสถานที่ที่อยู่ในความดูแลขององค์กรต่าง ๆ ทำให้จำนวนสนามไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงเกิดธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอลขึ้นเพื่อรองรับความสะดวกสบายและตอบโจทย์วิถีชีวิตของคนเมืองที่ต้องการออกกำลังกายด้วยกีฬาฟุตบอล แม้ว่ากีฬาฟุตบอลจะสร้างประโยชน์ต่อสังคมหลายด้าน แต่กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของสนามฟุตบอลกลับเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งประเด็นนี้ยังได้รับความสนใจในเชิงวิชาการค่อนข้างจำกัด

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการดำเนินงานธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ สนาม A จังหวัดราชบุรี และสนาม B จังหวัดนนทบุรี โดยใช้กรอบแนวคิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร หรือ Carbon Footprint for Organization (CFO) เพื่อวิเคราะห์และเสนอแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การประเมินจำแนกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยทางตรงจากกิจกรรมขององค์กร ขอบเขตที่ 2 การปล่อยทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และขอบเขตที่ 3 การปล่อยทางอ้อมอื่น ๆ จากห่วงโซ่อุปทานและกิจกรรมสนับสนุน การประเมินครอบคลุมทั้งปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2567) และรอบการดำเนินงานปรับปรุงระยะ 10 ปี

ผลการศึกษาพบว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในปีปัจจุบันของการดำเนินงานสนามฟุตบอลในขอบเขตที่ 1–3 เท่ากับ 137.58 tCO_2eq (17.20 $kgCO_2eq\ m^{-2}$) สำหรับสนาม A และ 72.77 tCO_2eq (15.16 $kgCO_2eq\ m^{-2}$) สำหรับสนาม B ในขอบเขตที่ 1–2 การใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักในธุรกิจที่มีขนาดใหญ่กว่า ส่วนธุรกิจขนาดเล็กมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักมาจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นที่มีค่าศักยภาพก่อภาวะโลกร้อนสูง ในขอบเขตที่ 3 การเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหมวดหมู่อื่น ๆ โดยคิดเป็นร้อยละ 18.25 ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดของสนาม A และร้อยละ 26.17 ของสนาม B ในรอบการดำเนินงานระยะ 10 ปี คาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมเฉลี่ยต่อปีประเมินได้เท่ากับ

161.34 tCO_2eq (19.22 $kgCO_2eq\ m^{-2}$) สำหรับสนาม A และ 93.20 tCO_2eq (16.69 $kgCO_2eq\ m^{-2}$) สำหรับสนาม B การเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่เกิดจากขอบเขตที่ 3 โดยเฉพาะ Category 1 (การผลิตวัสดุสำหรับซ่อมแซมและปรับปรุงสนาม) และ Category 5 (การจัดการของเสียจากการปรับปรุงและรื้อถอนสนาม)

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของคาร์บอนชี้ให้เห็นว่า สนามหญ้าธรรมชาติมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงกว่าในช่วงการบำรุงรักษาประจำปี (สนามหญ้าธรรมชาติ = 0.44 $kgCO_2eq\ m^{-2}$; สนามหญ้าเทียม = 0.02–0.03 $kgCO_2eq\ m^{-2}$) เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิง การใส่ปุ๋ย และการใช้น้ำประปา ขณะที่สนามหญ้าเทียมมีคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงขึ้นอย่างชัดเจนในรอบการปรับปรุงระยะ 10 ปี (สนามหญ้าธรรมชาติ = 3.39 $kgCO_2eq\ m^{-2}$; สนามหญ้าเทียม = 36.32–40.81 $kgCO_2eq\ m^{-2}$) ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการผลิตและกำจัดแผ่นสนาม HDPE และเม็ดยางสังเคราะห์

เพื่อบรรเทาผลกระทบดังกล่าว สามารถใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม ได้แก่ การเปลี่ยนไปใช้พลังงานไฟฟ้าคาร์บอนต่ำหรือพลังงานหมุนเวียน การใช้สารทำความเย็นธรรมชาติหรือสารที่มีค่าศักยภาพก่อภาวะโลกร้อนต่ำ เช่น CO_2, NH_3, HCs, R152a, และ R1234yf และการเลือกใช้วัสดุเติมสนามและวัสดุสนามหญ้าเทียมที่มีคาร์บอนสะสมต่ำ เช่น วัสดุรีไซเคิล วัสดุธรรมชาติ หรือระบบเติมแบบไฮบริด นอกจากนี้ มาตรการเสริมยังรวมถึงการรีไซเคิลส่วนประกอบสนามหญ้าเทียม การใช้ปุ๋ยแบบแม่นยำ การใช้เครื่องจักรประหยัดพลังงาน การติดตั้งระบบรดน้ำและระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพ และการดำเนินงานแบบบูรณาการร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ตั้งแต่ผู้ประกอบการ หน่วยงานรัฐ ผู้ผลิตวัสดุ ไปจนถึงผู้ใช้บริการ โดยควรสนับสนุนผ่านมาตรการจูงใจและแนวปฏิบัติที่ดีจากหน่วยงานรัฐหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง การดำเนินมาตรการเหล่านี้จะช่วยเสริมสร้างความยั่งยืนของโครงสร้างพื้นฐานด้านกีฬาสันทนาการ และสนับสนุนให้ภาคธุรกิจสนามฟุตบอลสามารถเปลี่ยนผ่านสู่ เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษานี้ถือเป็นงานวิจัยแรกที่มุ่งประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการดำเนินธุรกิจให้เช่าสนามฟุตบอล จึงอาจมีความไม่แน่นอนในข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่บ้าง อย่างไรก็ตาม กระบวนการประเมินทั้งหมดดำเนินไปตามมาตรฐานสากล ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มความแม่นยำ โปร่งใส และความสอดคล้องของข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในอนาคต ควรจัดทำการรวบรวมและบันทึกข้อมูลกิจกรรมอย่างเป็นระบบ รวมถึงการติดตามและตรวจสอบการใช้พลังงาน วัสดุ และกิจกรรมสนับสนุนต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพัฒนาหรือสังเคราะห์ค่า

สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เฉพาะเจาะจงกับบริบทของประเทศไทย หรือกิจกรรมที่เกิดขึ้นจริง แทนการอิงค่ามาตรฐานสากลทั่วไป เพื่อให้ผลลัพธ์สะท้อนสภาพการดำเนินงานจริงและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น การดำเนินมาตรการเหล่านี้จะช่วยให้ข้อมูลที่ได้สามารถใช้ประกอบการวางนโยบายและกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับบริบทของภาคธุรกิจและความต้องการด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567). *การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ*. http://climate.tmd.go.th/content/article/9.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567). *ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect)*. http://climate.tmd.go.th/content/article/10.

กรองจิต กิติกาศ และ อนุสรา โพธิ์ศรี. (2567). *รายงานการสังเคราะห์การประเมินความเปราะบางของเมือง และชุมชนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อ้างอิงฐานข้อมูลจาก 12 กรณีศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 1). สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559). *อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC).* http://www.environnet.in.th/archives/1543.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2566). *รู้เท่าทันปัญหา...โลกร้อน* (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กระทรวงพลังงาน. (2559). *กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติ (UNFCCC).* https://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/climatechange/unitednation/unfccc#.

ภานุวัฒน์ อุส่าห์เพียร. (2567). *Carbon Hotspot คืออะไร สำคัญอย่างไร.* https://www.bsigroup. com/th-TH/blog/carbon-hotspot/.

มนต์ชัย จิตติปัญญากุล. (ม.ป.ป.). *เกณฑ์และวิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกขององค์กรตามข้อกำหนดของประเทศไทย*. บริษัท อีซีอีอี จำกัด.

มหาวิทยาลัยมหิดล. (ม.ป.ป.). *ข้อตกลงระหว่างประเทศ: นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม*. https://il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter2/chapter2_airpollution14.htm.

วศพล สกุลมีฤทธิ์. (2565). *แผนธุรกิจสนามฟุตบอลหญ้าเทียม Soccer Fun*. https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2022/TU_2022_6402030669_16261_23501.pdf.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2559). *รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2559*. บริษัท ริงโก จำกัด.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2564). *มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส งานบริการเช่าสนามฟุตบอลหญ้าเทียม (Artificial Turf Football Pitch Rental Services)*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2561). *แนวทางการประเมินประสิทธิภาพองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Local Performance Assessment : LPA) เรื่อง รายงานข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก* (พิมพ์ครั้งที่ 1). บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565ก). *ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร* (พิมพ์ครั้งที่ 8). องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565ข). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร: Emission Factor (CFO). https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YjNKbllXNXBlbUYwYVc5dVgyVnRhWE56YVc5dQ.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565ค). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์: Emission Factor (CFP). https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlplVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ9.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2566). *การดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*. http://lowcarboncity.tgo.or.th/uploads/docs/124_20230623120017_2.pdf.

อนิรุทธ์ วุฒิเนตร. (2560). *ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการสนามฟุตบอลหญ้าเทียมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา*. https://searchlib.utcc.ac.th/library/onlinethesis/301279.pdf

อรุษ เส็นบัตร และ นักรบ ระวังการณ์. (2563). การบริหารจัดการธุรกิจสนามฟุตบอลให้เช่าในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ*, 46(1), 199–211.

Abas, N., Kalair, A.R., Khan, N., Haider, A., Saleem, Z., & Saleem, M.S. (2018). Natural and synthetic refrigerants, global warming: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 557-569.

Amorim Sports. (2025). *Infills*. https://amorim-sports.com/en/products-applications /sport-surfaces/in fill/?utm_source=chatgpt.com.

ARTURF. (2024a). *ทำไมต้องใช้ยางในสนามฟุตบอล?.* https://arturf.com/th/product/artificial-grass-rubber-infill/.

ARTURF. (2024b). *ประเภทของพื้นผิวสนามฟุตบอล: หญ้าธรรมชาติ หญ้าเทียม และสนามหญ้าลูกผสม.* https://arturf.com/th/football-grass/football-field-surfaces-types/.

Atchike, D.W., Zhenyu, Z., Ali, T., Weishang, G., & Jabeen, G. (2022). Towards sustainable energy: Factors affecting solar power system adoption by small and medium-sized businesses. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 967284.

Barrow, M., Buckley, B., Caldicott, T., Cumberlege, T., Hsu, J., Kaufman, S., Rich, D., & Temple-Smith, W. (2014). *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*. Carbon Trust and World Resources Institute.

Bø, S.M., Bohne, R.A., & Lohne, J. (2024). Environmental impacts of artificial turf: a scoping review. International *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(16), 10205-10216.

Carneiro, A.L., Martins, A.A., Duarte, V.C., Mata, T.M., & Andrade, L. (2022). Energy consumption and carbon footprint of perovskite solar cells. *Energy Reports*, 8, 475-481.

Cui, X., Bo, Y., Adalibieke, W., Winiwarter, W., Zhang, X., Davidson, E.A., Sun, Z., Tian, H., Smith, P., & Zhou, F. (2024). The global potential for mitigating nitrous oxide emissions from croplands. *One Earth*, 7(3), 401-420.

DCCE (Department of Climate Change and Environment). (2024). *Thailand's First Biennial Transparency Report (BTR1)*. DCCE, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok.

de Bernardi, C., & Waller, J.H. (2022). A quest for greener grass: Value-action gap in the management of artificial turf pitches in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 380, 134861.

de Souza Grilo, M.M., Fortes, A.F.C., de Souza, R.P.G., Silva, J.A.M., & Carvalho, M. (2018). Carbon footprints for the supply of electricity to a heat pump: Solar energy vs. electric grid. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 10(2).

Eckstein, D., Künzel, V., & Schäfer, L. (2021). *The global climate risk index 2021*. Bonn: Germanwatch.

Ecoinvent Centre. (2021). *Ecoinvent database version 3.9*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, https://www.ecoinvent.org/.

Field Turf. (2021). *ความแตกต่างสนามหญ้าเทียมกับสนามหญ้าจริง*. https://www.fieldturf.co.th //สนามหญ้าเทียมดีกว่าสนา/.

Fong, W.K., Sotos, M., Doust, M., Schultz, S., Marques, A., & Deng-Beck, C. (2014). *Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities*. World Resources Institute.

GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). (2020). *สารทำความเย็นธรรมชาติ เย็นชื่นใจ ประหยัดไฟ ลดโลกร้อน*. https://www.thai-german-cooperation.info/th/saving-electricity-reducing-carbon-footprints-with-natural-refrigerants/

Grynkiewicz-Bylina, B., Rakwic, B., & Słomka-Słupik, B. (2022). Tests of rubber granules used as artificial turf for football fields in terms of toxicity to human health and the environment. *Scientific Reports*, 12(1), 6683.

Hassan, M.U., Aamer, M., Mahmood, A., Awan, M.I., Barbanti, L., Seleiman, M.F., Bakhsh, G., Alkharabsheh, H.M., Babur, E., Shao, J., Rasheed, A., & Huang, G. (2022). Management strategies to mitigate N_2O emissions in agriculture. *Life*, 12(3), 439.

IAKS (International Association for Sports and Leisure Facilities). (2021). *An ecological comparison of artificial and natural turf*. https://iaks.sport/en/sb-magazine/sb-magazine-22021.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2022a). *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2022b). *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of*

the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Itten, R., Stucki, M., & Glauser, L. (2021). *Life cycle assessment of artificial and natural turf sports fields: Executive summary.* Zurich: Institute of Natural Resource Sciences, Zurich University of Applied Sciences.

Khanna, M., Daddi, T., Merlo, F., & Iraldo, F. (2024). An Assessment on the Carbon Footprint of a Football Club—an Action Research from Theory to Practice. *Circular Economy and Sustainability*, 1-26.

Magnusson, S., & Mácsik, J. (2017). Analysis of energy use and emissions of greenhouse gases, metals and organic substances from construction materials used for artificial turf. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 362-372.

Mehedi, T.H., Gemechu, E., & Kumar, A. (2022). Life cycle greenhouse gas emissions and energy footprints of utility-scale solar energy systems. *Applied Energy*, 314, 118918.

Natref. (2019). *Natural refrigerants from a theoretical point of view*. https://natref.carel.com/what-are-natural-refrigerants.

Obsuklin, C., & Phakdeeying, R. (2023). Competitive Strategies of Artificial Grass Football Field Rental Business in Khon Kaen Province. *Journal of Modern Learning Development*, 9(2), 286–302.

ONEP (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning). (2022). *Thailand's Fourth Biennial Update Report*. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Minister of Natural Resources and Environment.

Onukwulu, E.C., Agho, M.O., & Eyo-Udo, N.L. (2021). Framework for sustainable supply chain practices to reduce carbon footprint in energy. *Open Access Research Journal of Science and Technology*, 1(2), 12-34.

Orr, M., & Inoue, Y. (2019). Sport versus climate: Introducing the climate vulnerability of sport organizations framework. *Sport management review*, 22(4), 452-463.

Peffley, T.B., & Pearce, J.M. (2020). The potential for grid defection of small and medium sized enterprises using solar photovoltaic, battery and generator hybrid systems. *Renewable Energy*, 148, 193-204.

Polytan. (2020). The Art of Recycling Turf. https://www.polytan.com/en/green-technology/formaturf-recycling.

Rees, R.M., Maire, J.M., Florence, A., Cowan, N., Skiba, U.M., Van Der Weerden, T., & Ju, X. (2020). Mitigating nitrous oxide emissions from agricultural soils by precision management. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 7(1), 75-80.

Russo, C., Cappelletti, G.M., & Nicoletti, G.M. (2022). The product environmental footprint approach to compare the environmental performances of artificial and natural turf. *Environmental Impact Assessment Review*, 95, 106800.

Simmons, K., & Latham, K. (2024). *A Comparison of Synthetic Turf and Natural Grass Athletic Fields in Montgomery County*. https://www.montgomerycountymd.gov/OLO/Resources/Files/2024_reports/OLOReport2024-12.pdf.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (2015). Paris Agreement. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw-JG5BhBZEiwAt7JR69yoQczMRzx8vEyRxh6U32UpuseXLu5X_4T_LN_bYuL608sf3yMRERoCQ2YQAvD_BwE.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (2022). *Thailand's Long-Term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy* (Revised version). https://unfccc.int/documents/622276?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw1Yy5BhD-ARIsAI0RbXaSoaKdUMFQp9UW2y6G5_7mk1D7uVe9Zjc6YTkkeF5NAQ-xcxI35qUaAmMfEALw_wcB.

Wang, F., Harindintwali, J.D., Wei, K., Shan, Y., Mi, Z., Costello, M.J., & Tiedje, J.M. (2023). Climate change: Strategies for mitigation and adaptation. *The Innovation Geoscience*, 1(1), 100015-61.

World Bank Group and Asian Development Bank. (2021). *Climate Risk Country Profile: Thailand* (1st ed.). World Bank Group and Asian Development Bank.

World Resources Institute. (2004). *The greenhouse gas protocol: a corporate accounting and reporting standard*. Revised edition. World Resources Institute, Washington, DC.

World Resources Institute. (2011). *Corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard: supplement to the GHG protocol corporate accounting and reporting standard*. World Resources Institute, Washington, DC.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามเก็บข้อมูลกิจกรรม

แบบสอบถามเก็บข้อมูลกิจกรรม

1. ขอบเขตที่ 1

1.1 การใช้เชื้อเพลิงอยู่กับที่

กิจกรรม	ชนิดเชื้อเพลิง	ความถี่ในการใช้งาน	ปริมาณที่เติมต่อครั้ง
การใช้เครื่องตัดหญ้า			

ยี่ห้อก๊าซหุงต้ม	ขนาดถัง (kg)	จำนวนถัง ที่ใช้ต่อเดือน	สถานที่จำหน่าย	รูปแบบการขนส่ง

1.2 การใช้เชื้อเพลิงแบบเคลื่อนที่

1.2.1 การใช้ยานพาหนะในการบำรุงรักษาสนาม

กิจกรรม	ชนิดเชื้อเพลิง	ความถี่ในการใช้งาน	ปริมาณที่เติมต่อครั้ง
การใช้รถปั่นเม็ดยาง			
การใช้รถบดหญ้า			

1.2.2 การใช้รถส่วนกลาง

รถที่ใช้ (ประเภทรถ)	เชื้อเพลิง	สถานที่ปลายทาง	ระยะทาง (km)	ปริมาณ เชื้อเพลิงที่เติม

1.3 การเติมสารทำความเย็น

อุปกรณ์ ทำความเย็น	ยี่ห้อ	รุ่น/ปี	จำนวน (เครื่อง)	จำนวนครั้งที่เติม สารทำความเย็น	ชนิดสารทำ ความเย็น
เครื่องปรับอากาศ					
เครื่องปรับอากาศ					

ตู้เย็น					
ตู้แช่เครื่องดื่ม					
ตู้แช่ไอศกรีม					

หน่วยงานที่ว่าจ้างให้เติมสารทำความเย็น.....

1.4 สารดับเพลิง

ประเภทถังดับเพลิง	ยี่ห้อ/รุ่น/สี	ขนาด (ปอนด์)	จำนวน (ถัง)	จำนวนครั้งที่เติมสารดับเพลิง	ชนิดสารดับเพลิง

หน่วยงานที่ว่าจ้างให้เติมสารดับเพลิง.....

1.5 การใช้ปุ๋ย

สูตรปุ๋ย	ยี่ห้อ	จำนวนครั้งที่ใช้ต่อเดือน	ร้านจำหน่ายปุ๋ย (ประเภทการขนส่ง)

1.6 การใช้ห้องน้ำ

เดือน	จำนวนผู้ใช้บริการ (คน)	จำนวนพนักงาน (คน)	จำนวนวันที่เปิดบริการ (วัน)
มกราคม			
กุมภาพันธ์			
มีนาคม			
เมษายน			
พฤษภาคม			
มิถุนายน			
กรกฎาคม			
สิงหาคม			

กันยายน			
ตุลาคม			
พฤศจิกายน			
ธันวาคม			

2. ขอบเขตที่ 2

เดือน	ค่าไฟฟ้า (บาท)	จำนวนหน่วยไฟฟ้า (kWh)	ราคาไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/kWh)
มกราคม			
กุมภาพันธ์			
มีนาคม			
เมษายน			
พฤษภาคม			
มิถุนายน			
กรกฎาคม			
สิงหาคม			
กันยายน			
ตุลาคม			
พฤศจิกายน			
ธันวาคม			

เลขทะเบียนมิเตอร์ไฟฟ้า.....

3. ขอบเขตที่ 3

3.1 การซื้อสินค้าและวัตถุดิบที่ใช้ภายในสนาม (รายสัปดาห์/รายเดือน)

รายการ	จำนวน	สถานที่จำหน่าย	ประเภทการขนส่ง
น้ำเปล่า			
น้ำอัดลม			
เครื่องดื่มแอลกอฮอล์			
เครื่องดื่มเกลือแร่			
น้ำผลไม้			

นม			
ขนมคบเคี้ยว			
อาหารกึ่งสำเร็จรูป			
อุปกรณ์ซ่อมแซมสนาม			
สีทาเส้นขอบ (ยี่ห้อ.....)			
ถุงขยะ			
ถุงพลาสติก			

3.2 การใช้น้ำประปา

เดือน	ค่าน้ำ (บาท)	จำนวนน้ำที่ใช้ (m^3)	ราคาน้ำต่อหน่วย (บาท/m^3)
มกราคม			
กุมภาพันธ์			
มีนาคม			
เมษายน			
พฤษภาคม			
มิถุนายน			
กรกฎาคม			
สิงหาคม			
กันยายน			
ตุลาคม			
พฤศจิกายน			
ธันวาคม			

เลขทะเบียนมิเตอร์น้ำ.....

3.3 สินค้าทุน

รายการ	จำนวน	สถานที่จำหน่าย	ประเภทการขนส่ง
ลูกฟุตบอล			
ตาข่าย			
เสาประตู			
เม็ดยางสำหรับเติม ประเภท (.....)			
ที่สูบลม			
ตู้เย็น			
พัดลม			
โต๊ะ			
เก้าอี้			
เครื่องปรับอากาศ			

3.4 ปริมาณขยะและการจัดการขยะ

ขนาดถังขยะ (ปริมาณขยะ)	จำนวนถังขยะ	ความถี่ในการรวบรวมขยะ	สถานที่จัดการขยะ	รูปแบบการขนส่งขยะ

การสำรวจองค์ประกอบของขยะ

องค์ประกอบ	ร้อยละ
เศษอาหาร	
กระดาษ	
พลาสติก	
แก้ว	
โลหะ/หิน/กระเบื้อง	
ยาง/หนัง	
ผ้า	
ไม้/ใบไม้	
อื่น ๆ	

การทำการทดลองชั่งน้ำหนักขยะก่อนถูกนำไปจัดการ

เดือน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
กุมภาพันธ์				
มีนาคม				
เมษายน				
พฤษภาคม				

3.5 การเดินทางเพื่อธุรกิจ

สถานที่เป้าหมาย	ระยะทาง (km)	รูปแบบการเดินทาง	ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

3.6 การเดินทางมาทำงานของพนักงาน

ชื่อพนักงาน/ผู้ใช้บริการ	รูปแบบการเดินทาง	ยานพาหนะที่ใช้	ชนิดเชื้อเพลิง	ตำแหน่งที่อยู่อาศัย

ชื่อพนักงาน/ ผู้ใช้บริการ	รูปแบบการ เดินทาง	ยานพาหนะที่ใช้	ชนิดเชื้อเพลิง	ตำแหน่ง ที่อยู่อาศัย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลกิจกรรมและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตารางผนวกที่ ข1 ข้อมูลกิจกรรมและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม A

ประเภทกิจกรรม	จำนวน	หน่วย	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)		
			Tier	ค่า	ที่มา
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission)					
การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Diesel)	450.85	L	1	2.74062	IPCC 2019, DEDE
การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Gasoline)	236.72	L	1	2.31712	IPCC 2019, DEDE
การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG)	936.00	kg	1	3.11338	IPCC 2019, DEDE (LPG 1 L = 0.54 kg)
สารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ R410a	5.25	kg	1	2,255.50	IPCC 2021
การใช้ห้องน้ำ	22,464.00	คน/ปี	1	0.32400	IPCC 2006
การบำบัดน้ำเสีย	898.56	kg BOD/ปี	1	0.06480	IPCC 2006, IPCC 2019
การใช้ปุ๋ย 46-0-0	60.00	kg	1	0.01000	IPCC 2006
การใช้ปุ๋ย 15-15-15	60.00	kg	1	0.01000	IPCC 2006
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emission)					
การใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	113,628.00	kWh	2	0.49990	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect Emission)					
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ (Purchased goods and services)					
น้ำเปล่า	24,960.00	ขวด	3	0.09720	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
น้ำอัดลม (ขวดเล็ก)	3,744.00	ขวด	3	0.12900	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
น้ำอัดลม (ขวดใหญ่)	624.00	ขวด	3	0.37400	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
เครื่องดื่มเกลือแร่	3,120.00	ขวด	3	0.30200	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง

ประเภทกิจกรรม	จำนวน	หน่วย	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)		
			Tier	ค่า	ที่มา
เครื่องดื่มจับเลี้ยง	1,248.00	ขวด	3	0.32500	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ชาเขียว	1,248.00	ขวด	3	0.31800	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
เบียร์ (สิงห์)	9,360.00	ขวด	3	0.39900	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
เบียร์ (ลีโอ)	6,240.00	ขวด	3	0.51800	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ขนม	3,120.00	ซอง	3	0.16000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	780.00	ถ้วย	3	0.23200	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูป	156.00	ถ้วย	3	0.43400	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ถุงขยะ	260.00	แพค	3	3.17000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ถุงพลาสติก	130.00	kg	3	2.93000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
สีทาเส้นขอบสนาม	960.00	m^3	3	0.34000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ปุ๋ย 46-0-0	60.00	kg	1	1.51970	Ecoinvent 2.0
ปุ๋ย 15-15-15	60.00	kg	1	0.80589	Ecoinvent 2.0
การใช้น้ำประปา	3,039.14	m^3	2	0.54100	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
ลูกฟุตบอล	16.40	kg	2	5.26950	
ตาข่าย	7.10	kg	2	10.6853	
เม็ดยางสำหรับเติม	40.00	kg	3	1.82000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
หลอดไฟ	2.00	หลอด	3	0.28500	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
Category 2 สินค้าทุน (Capital goods)					
ตู้เย็น	2.00	เครื่อง	3	241.000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง

ประเภทกิจกรรม	จำนวน	หน่วย	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)		
			Tier	ค่า	ที่มา
โต๊ะคอนกรีต	1.40	m^3	3	548.000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
เก้าอี้คอนกรีต	1.12	m^3	3	548.000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
เครื่องปรับอากาศ	3.00	เครื่อง	3	1052.00	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
Category 3 การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel and energy related activities)					
การได้มาของเชื้อเพลิง (Diesel)	450.85	L	2	0.29303	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
การได้มาของเชื้อเพลิง (Gasoline)	236.72	L	2	0.30180	
การได้มาของเชื้อเพลิง (LPG)	936.00	kg	2	0.42670	
การได้มาของพลังงานไฟฟ้า	113,628.00	kWh	2	0.09870	
Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ (Upstream transportation and distribution)					
รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่ง แบบปกติ 100% Loading	17.65	tkm	2	0.14110	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่ง แบบปกติ 0% Loading	2.52	km	2	0.31310	
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 100% Loading	491.28	tkm	2	0.06530	
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 0% Loading	57.80	km	2	0.40690	
Category 5 การจัดการของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม (Waste generated in operations)					
การจัดการของเสียขององค์กร	2,748.33	kg	2	0.79330	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ (Business travel)					

ประเภทกิจกรรม	จำนวน	หน่วย	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)		
			Tier	ค่า	ที่มา
การเดินทางของเจ้าของสนามเพื่อธุรกิจ	68.98	L	1	2.74060	IPCC 2019, DEDE
Category 7 การเดินทางของพนักงาน (Employee commuting)					
การเดินทางของพนักงาน	0.41	L	1	2.27190	IPCC 2019, DEDE
การเดินทางของผู้ใช้บริการ (Gasoline)	4,208.29	L	1	2.27190	IPCC 2019, DEDE
การเดินทางของผู้ใช้บริการ (Diesel)	3,727.66	L	1	2.74060	IPCC 2019, DEDE
การเดินทางของผู้ใช้บริการ (Gasoline) (จักรยานยนต์)	2,200.74	L	1	2.27190	IPCC 2019, DEDE

ตารางผนวกที่ ข2 ข้อมูลกิจกรรมและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสนาม B

ประเภทกิจกรรม	จำนวน	หน่วย	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)		
			Tier	ค่า	ที่มา
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission)					
การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Diesel)	187.85	L	1	2.74062	IPCC 2019, DEDE
การใช้ห้องน้ำ	16940.50	คน/ปี	1	0.32400	IPCC 2006
การบำบัดน้ำเสีย	683.52	kg BOD/yr	1	0.06480	IPCC 2006, IPCC 2019
สารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ R32	1.38	kg	1	771.000	IPCC 2021
สารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ R22 (HCFC22)	9.60	kg	1	1,960.00	IPCC 2021
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emission)					
การใช้ไฟฟ้านครหลวง	33,205.00	kWh	2	0.49990	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect Emission)					
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ (Purchased goods and services)					

ประเภทกิจกรรม	จำนวน	หน่วย	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)		
			Tier	ค่า	ที่มา
น้ำเปล่า (ขวดเล็ก)	15,840.00	ขวด	3	0.09720	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
น้ำเปล่า (ขวดใหญ่)	1,440.00	ขวด	3	0.16000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
น้ำอัดลม	4,560.00	ขวด	3	0.12900	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
เครื่องดื่มเกลือแร่	4,560.00	ขวด	3	0.30200	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
น้ำผลไม้	720.00	ขวด	3	0.13900	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ขนม	1,440.00	ซอง	3	0.16000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
อาหารกึ่งสำเร็จรูป	960.00	ถ้วย	3	0.23200	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ถุงขยะ	72.00	แพค	3	3.28000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
ถุงพลาสติก	12.00	kg	3	2.93000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
การใช้น้ำประปา	395.00	m^3	2	0.79480	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
ลูกฟุตบอล	4.30	kg	2	5.26950	
ตาข่าย	46.00	kg	2	7.28220	
เม็ดยาง	25.00	kg	1	0.97320	Franklin USA 98
Category 2 สินค้าทุน (Capital goods)					
ตู้เย็น	2.00	เครื่อง	3	241.000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
โต๊ะ	5.00	ตัว	3	110.080	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
เก้าอี้	15.00	ตัว	3	75.0000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
เครื่องปรับอากาศ 18000 BTU	2.00	เครื่อง	3	500.000	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง

ประเภทกิจกรรม	จำนวน	หน่วย	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)		
			Tier	ค่า	ที่มา
เครื่องปรับอากาศ 36000 BTU	4.00	เครื่อง	3	2,840.00	TGO, บริษัทและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง
Category 3 การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel and energy related activities)					
การได้มาของเชื้อเพลิง (Diesel)	187.85	L	2	0.29303	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
การได้มาของพลังงานไฟฟ้า	33,205.00	kWh	2	0.09870	
Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ (Upstream transportation and distribution)					
รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่ง แบบปกติ 100% Loading	12.72	tkm	2	0.14110	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
รถกระบะบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ วิ่ง แบบปกติ 0% Loading	1.27	km	2	0.31310	
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 100% Loading	245.33	tkm	2	0.06530	
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งปกติ 0% Loading	28.86	km	2	0.40690	
รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 100% Loading	32.95	tkm	2	0.18350	
รถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 0% Loading	4.71	km	2	0.33450	
Category 5 การจัดการของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม (Waste generated in operations)					
การจัดการของเสียขององค์กร	1.53	kg	2	0.79330	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)
Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ (Business travel)					
การเดินทางของเจ้าของสนามเพื่อธุรกิจ	0.07	L	1	2.27190	IPCC 2019, DEDE
Category 7 การเดินทางของพนักงาน (Employee commuting)					
การเดินทางของพนักงาน	0.54	L	1	2.27190	IPCC 2019, DEDE

ประเภทกิจกรรม	จำนวน	หน่วย	EF ($kgCO_2eq\ unit^{-1}$)		
			Tier	ค่า	ที่มา
การเดินทางของผู้ใช้บริการ (Gasoline)	3,327.78	L	1	2.27190	IPCC 2019, DEDE
การเดินทางของผู้ใช้บริการ (Diesel)	2,947.71	L	1	2.74060	IPCC 2019, DEDE
การเดินทางของผู้ใช้บริการ (Gasoline) (จักรยานยนต์)	1,305.21	L	1	2.27190	IPCC 2019, DEDE

ภาคผนวก ค
ระดับความไม่แน่นอนของข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ตารางผนวกที่ ค1 ความไม่แน่นอนของข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสนาม A

ประเภทกิจกรรม	คะแนน AD	คะแนน EF	ผลการประเมิน	ระดับความไม่แน่นอน
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission)				
การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	3	3	9	ปานกลาง
การใช้ก๊าซหุงต้ม	3	3	9	ปานกลาง
สารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศและตู้เย็น	3	1	3	สูง
การใช้ห้องน้ำ	1	2	2	สูง
การบำบัดน้ำเสีย	1	2	2	สูง
การใช้ปุ๋ย 46-0-0	3	1	3	สูง
การใช้ปุ๋ย 15-15-15	3	1	3	สูง
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emission)				
การใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	3	3	9	ปานกลาง
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect Emission)				
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ (Purchased goods and services)				
น้ำเปล่า	3	3	9	ปานกลาง
น้ำอัดลม	3	3	9	ปานกลาง
เครื่องดื่มเกลือแร่	3	3	9	ปานกลาง
เครื่องดื่มอื่น ๆ (โออิชิ เย็นเย็น)	3	3	9	ปานกลาง
เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	3	3	9	ปานกลาง
ขนม	3	3	9	ปานกลาง
อาหารกึ่งสำเร็จรูป	3	3	9	ปานกลาง
ถุงขยะ	3	3	9	ปานกลาง
สีทาเส้นขอบสนาม	3	3	9	ปานกลาง
ปุ๋ย 46-0-0	3	3	9	ปานกลาง
ปุ๋ย 15-15-15	3	3	9	ปานกลาง
การใช้น้ำประปา	3	3	9	ปานกลาง
Category 2 สินค้าทุน (Capital goods)				
ลูกฟุตบอล	3	3	9	ปานกลาง
ตาข่าย	3	3	9	ปานกลาง
เม็ดยางสำหรับเติม	3	1	3	สูง
ตู้เย็น	3	3	9	ปานกลาง
โต๊ะคอนกรีต	3	3	9	ปานกลาง
เก้าอี้คอนกรีต	3	3	9	ปานกลาง

ประเภทกิจกรรม	คะแนน AD	คะแนน EF	ผลการประเมิน	ระดับความไม่แน่นอน
เครื่องปรับอากาศ	3	3	9	ปานกลาง
หลอดไฟ	3	3	9	ปานกลาง
Category 3 การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel and energy related activities)				
การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงาน	3	3	9	ปานกลาง
Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ (Upstream transportation and distribution)				
การขนส่งสินค้าและวัตถุดิบที่ใช้ในองค์กร	1	3	3	สูง
Category 5 การจัดการของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม (Waste generated in operations)				
การจัดการของเสียขององค์กร	1	3	3	สูง
Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ (Business travel)				
การเดินทางของเจ้าของสนามเพื่อธุรกิจ	3	3	9	ปานกลาง
Category 7 การเดินทางของพนักงาน (Employee commuting)				
การเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ	1	3	3	สูง

ตารางผนวกที่ ค2 ความไม่แน่นอนของข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสนาม B

ประเภทกิจกรรม	คะแนน AD	คะแนน EF	ผลการประเมิน	ระดับความไม่แน่นอน
ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission)				
การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	3	3	9	ปานกลาง
สารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศและตู้เย็น	3	1	3	สูง
การใช้ห้องน้ำ	1	2	2	สูง
การบำบัดน้ำเสีย	1	2	2	สูง
ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emission)				
การใช้ไฟฟ้านครหลวง	3	3	9	ปานกลาง
ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect Emission)				
Category 1 การซื้อวัตถุดิบและบริการ (Purchased goods and services)				
น้ำเปล่า	3	3	9	ปานกลาง
น้ำอัดลม	3	3	9	ปานกลาง
เครื่องดื่มเกลือแร่	3	3	9	ปานกลาง
เครื่องดื่มอื่น ๆ (C-vitt)	3	3	9	ปานกลาง
ขนม	3	3	9	ปานกลาง
อาหารกึ่งสำเร็จรูป	3	3	9	ปานกลาง
ถุงขยะ	3	3	9	ปานกลาง

ประเภทกิจกรรม	คะแนน AD	คะแนน EF	ผลการประเมิน	ระดับความไม่แน่นอน
การใช้น้ำประปา	3	3	9	ปานกลาง
Category 2 สินค้าทุน (Capital goods)				
ลูกฟุตบอล	3	3	9	ปานกลาง
ตาข่าย	3	3	9	ปานกลาง
ตู้เย็น	3	3	9	ปานกลาง
โต๊ะ	3	3	9	ปานกลาง
เก้าอี้	3	3	9	ปานกลาง
เครื่องปรับอากาศ	3	3	9	ปานกลาง
Category 3 การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงาน (Fuel and energy related activities)				
การได้มาของเชื้อเพลิงและพลังงาน	3	3	9	ปานกลาง
Category 4 การขนส่งและกระจายสินค้าต้นน้ำ (Upstream transportation and distribution)				
การขนส่งสินค้าและวัตถุดิบที่ใช้ในองค์กร	1	3	3	สูง
Category 5 การจัดการของเสียที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม (Waste generated in operations)				
การจัดการของเสียขององค์กร	1	3	3	สูง
Category 6 การเดินทางเพื่อธุรกิจ (Business travel)				
การเดินทางของเจ้าของสนามเพื่อธุรกิจ	3	3	9	ปานกลาง
Category 7 การเดินทางของพนักงาน (Employee commuting)				
การเดินทางของพนักงานและผู้ใช้บริการ	1	3	3	สูง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	จักรรัตน์ ทับแว่ว
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2565 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-