



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี)

ปริญญา

วิศวกรรมเคมี

วิศวกรรมเคมี

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Carbon Footprint of the Department of Chemical Engineering at Kasetsart University

นามผู้วิจัย

นายชนันท์ พูลประทีน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( รองศาสตราจารย์ธีรารัตน์ มุ่งเจริญ, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์มนตรี สว่างพุกภัย, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อภิญา ดวงจันทร์, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่

เดือน

พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Carbon Footprint of the Department of Chemical Engineering at Kasetsart University

โดย

นายธนัท พูลประทีน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธนัท พูลประทีน 2555: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิศวกรรมการเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี) สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิศวกรรมการเคมี  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ธีรารัตน์ มุ่งเจริญ, Ph.D. 158 หน้า

งานวิจัยนี้ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิศวกรรมการเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามมาตรฐานแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2554), The Greenhouse Gas Protocol (2004), ISO 14064 Part 1 (2006) และ ISO/DTR 14069 (2011) โดยแบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะคำนวณออกมาในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งพิจารณาจากก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ตามที่กำหนดในพิธีสารเกียวโต

ผลการศึกษาพบว่า ในปีการศึกษา 2553 ภาควิศวกรรมการเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม 826.13 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อปีหรือคิดเป็น 1.85 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อคนต่อปี โดยแยกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น ประเภทที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 34.47, 548.10 และ 243.56 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อปีหรือคิดเป็นร้อยละ 4, 66 และ 30 ตามลำดับ เมื่อกำหนดเป้าหมายให้มีการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาลงร้อยละ 5 ภายในระยะเวลา 5 ปี เพื่อให้สอดคล้องกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศพัฒนาแล้ว พบว่ามาตรการที่เหมาะสมได้แก่ การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศจำนวน 33 เครื่อง และการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1,042 หลอด ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ปีละ 31.25 และ 19.58 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อปีตามลำดับ รวมคิดเป็นร้อยละ 6.2 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ทำให้ภาควิชาลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลงได้ตามเป้าหมาย และเมื่อศึกษาผลตอบแทนการลงทุน โดยใช้วิธีการหาระยะเวลาคืนทุนอย่างง่ายพบว่า การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 6 ปี และการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์มีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 4 ปี นอกจากนี้ยังได้จัดทำข้อเสนอแนะในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทั้ง 3 ประเภทของภาควิชาอีกด้วย

---

ลายมือชื่อนิสิต

---

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Thanat Poonpratin 2012: Carbon Footprint of the Department of Chemical Engineering at Kasetsart University. Master of Engineering (Chemical Engineering), Major Field: Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Thumrongrut Mungcharoen, Ph.D. 158 pages.

This research assesses the Carbon Footprint of the Department of Chemical Engineering at Kasetsart University using Organizational Carbon Footprint assessment guidelines including the Corporate Carbon Footprint assessment guideline of Thailand (2011), The Greenhouse Protocol (2004), ISO 14064 Part 1 (2006) and ISO/DTR 14069 (2011). The Greenhouse Gases (GHGs) emissions are defined into 3 scopes as follows: 1- direct emissions of the organization, 2- indirect emission from the purchased electricity and 3- all other indirect emissions. The GHGs emissions are expressed in carbon dioxide equivalents composting of the six types of GHGs specified in the Kyoto Protocol.

It is found that, during the 2010 academic year, the Department of Chemical Engineering had a Carbon Footprint of 826.13 tons CO<sub>2</sub>eq/year or 1.85 tons CO<sub>2</sub>eq/person/year. It can be classified to the contribution of types 1, 2 and 3 as 34.47, 548.10 and 243.56 tons CO<sub>2</sub>eq/year or 4%, 66% and 30%, respectively. Given the Department of Chemical Engineering's target of reducing its Carbon Footprint by 5% within 5 years based on the United Nations Framework Convention on Climate Change for developed countries, the appropriate measures are the replacement of the old 33 air-conditioners and the existing 1,042 36-watt fluorescent bulbs. The measures would decrease the GHGs emissions by 31.25 and 19.58 tons CO<sub>2</sub>eq/year, respectively or by 6.2% of the 2010 baseline data. To evaluate the economic return on investment using the Simple Payback method, it is found that the payback periods are less than 6 years for the air-conditioners replacement and less than 4 years for the 36-watt fluorescent bulbs replacement. Moreover, several measures to reduce GHGs of the department in all 3 scopes are also suggested.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบ  
ขอบพระคุณ รศ.ดร.ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.มนตรี สว่างพุกษ์  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ รศ.ดร.ผິงผาย พรรณวดี สำหรับคำปรึกษาในการทำ  
วิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้อง ขอขอบคุณนิสิตปริญญาตรี ปริญญา  
โท และนิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ข้อมูลต่างๆ  
ตลอดจนความช่วยเหลือสนับสนุน และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณคุณชยชุต อินนุรักษ์ เจ้าหน้าที่วิศวกรไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และ  
เจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและให้คำปรึกษาอันมี  
ประโยชน์แก่งานวิจัย

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้ศูนย์ความเป็นเลิศด้านปิโตรเคมี ปิโตรเคมี  
และวัสดุขั้นสูง สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ผู้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยและทุนการศึกษาแก่  
ผู้วิจัยจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วง

ประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่วงศ์ตระกูล ครูบาอาจารย์ และผู้มี  
ส่วนเกี่ยวข้องที่ไม่ได้เอ่ยนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือตลอดมา จนกระทั่ง  
วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วง

รณัท พูลประทีน

มกราคม 2555

## สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	37
ผลและวิจารณ์	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	112
สรุป	112
ข้อเสนอแนะ	114
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	115
ภาคผนวก	120
ภาคผนวก ก ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	121
ภาคผนวก ข แผนผังเครื่องปรับอากาศและหลอดไฟภายในภาควิชาฯ	126
ภาคผนวก ค การคำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า	144
ภาคผนวก ง คุณสมบัติของสารทำความเย็น R290	148
ภาคผนวก จ การคำนวณผลตอบแทนการลงทุน	152
ภาคผนวก ฉ คุณสมบัติของหลอดประหยัดพลังงาน T5	154
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	158

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การดำเนินการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	7
2	เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนของประเทศไทยกับบางประเทศในปีค.ศ. 2009	15
3	ค่าศักยภาพทางความร้อนของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมด้วยพิธีสารเกียวโต	17
4	กิจกรรมที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงเรียนเอกเซเตอร์พลับบิช	34
5	เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรุงเทพมหานครและเมืองโตรอนโต นิวยอร์ก และลอนดอน	35
6	จำนวนนิสิต อาจารย์ และบุคลากรในปีการศึกษา 2553 และ ภาคต้น ปีการศึกษา 2554	39
7	การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเคมี ทั้ง 3 ประเภท การได้มาของข้อมูล และประเภทของข้อมูล	43
8	เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กับมหาวิทยาลัยอื่นๆ	51
9	ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ปีการศึกษา 2553 โดยจำแนกรายละเอียดกิจกรรมแต่ละประเภท	52
10	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างภาควิชาวิศวกรรมเคมีกับที่พักของทุกคน	56
11	ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ปีการศึกษา 2554 ภาคต้น โดยจำแนกรายละเอียดกิจกรรมแต่ละประเภท	59
12	เวลาที่ใช้เครื่องปรับอากาศภายในห้องแต่ละประเภท	64
13	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากร และ ห้องธุรการ	66
14	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากห้องเรียน	68

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน	69
16	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ	71
17	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากห้องประชุม และห้องที่มีการใช้งานน้อย	72
18	วิเคราะห์ความไม่แน่นอนการใช้เครื่องปรับอากาศในแต่ละพื้นที่	73
19	เวลาที่ใช้หลอดไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่	74
20	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากร และห้องธุรการ	76
21	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องเรียน	76
22	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน	77
23	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องวิจัยของห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ	77
24	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องวิจัยของห้องประชุมและห้องที่มีการใช้งานน้อย	78
25	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของระเบียงทางเดินและพื้นที่นั่งใต้อาคาร 1	78
26	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องน้ำ	79
27	ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องเก็บของห้องควบคุมและห้องน้ำที่ใช้งานน้อย	79

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
28	การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนการใช้หลอดไฟในแต่ละพื้นที่	80
29	ผลการหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ	82
30	การใช้พลังงานไฟฟ้า ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และค่าไฟฟ้า ของ ภาควิชาวิศวกรรมเคมีในปีการศึกษา 2553	84
31	ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในแต่ละปีที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรม	89
32	ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศของภาควิชาวิศวกรรมเคมีในปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2554	89
33	ขนาดเครื่องปรับอากาศ รุ่นและยี่ห้อของเครื่องปรับอากาศ ราคาเครื่องปรับอากาศ ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศและเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศ ประสิทธิภาพสูง	90
34	ผลการตอบแทนการลงทุนเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง	92
35	ผลตอบแทนการลงทุนเมื่อพิจารณาราคาซื้อขายการปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub>	99
36	ลำดับก่อนหลังการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศในปีที่ 1 ถึง ปีที่ 5	102
37	ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ปริมาณก๊าซเรือนกระจก และอัตราค่าไฟฟ้าต่อปี เมื่อเปลี่ยนมาใช้หลอดประหยัดไฟ T5	105
38	ระยะเวลาคืนทุนของทั้ง 2 กรณี	107
39	ระยะเวลาคืนทุนของทั้ง 2 กรณีเมื่อพิจารณาการซื้อขายการปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub>	107
40	ราคาการเปลี่ยนแปลงสารทำความเย็นจาก R22 ไปใช้ R290	109
41	มูลค่าการเปลี่ยนแปลงสารทำความเย็นจาก R22 ไปใช้ R290 ของภาควิชา วิศวกรรมเคมี	110

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	122
ง1	คุณสมบัติของสารทำความเย็น	150
ง2	ค่าการทำลายโอโซน และ ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารทำความเย็นชนิดต่างๆ	151
ฉ1	เปรียบเทียบหลอด T8 และหลอด T5	157

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การแบ่งกลุ่มประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	11
2	ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก	12
3	แนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	14
4	สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	15
5	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานระหว่างปี พ.ศ.2546-2550	16
6	การประชุมลงมติรับพิธีสารเกียวโต	19
7	ปริมาณรวมของก๊าซเรือนกระจกของประเทศภาคีสมาชิกในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 หลังจากประเทศรัสเซีย ได้ให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโตในเดือน พฤศจิกายน 2004	20
8	สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทต่างๆ ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน	30
9	การประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีค.ศ. 2007 ถึงปีค.ศ. 2020 ของมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย	33
10	ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสัดส่วนในกิจกรรมทั้ง 3 ประเภทของโรงเรียนเอกเซเตอร์พลับบิช	33
11	ที่ตั้งของอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	38
12	การกำหนดขอบเขตของกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก	40
13	ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ในปีการศึกษา 2553 โดยแบ่งกิจกรรมเป็น 3 ประเภท	50
14	สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมแต่ละประเภท	50
15	สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมประเภทที่ 1	54
16	สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมประเภทที่ 3	55

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางระหว่างที่พักกับภาควิชาของทุกคน	56
18	สัดส่วนของกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในกิจกรรมประเภทที่ 1 ประเภทที่ 2 และ ประเภทที่ 3	57
19	เปรียบเทียบผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ภาคต้น และ ภาคปลาย ปีการศึกษา 2553 และ ภาคต้น ปีการศึกษา 2554 โดยจำแนกเป็นกิจกรรมทั้ง 3 ประเภท	58
20	ผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ในปีการศึกษา 2554 ภาคต้น โดยจำแนกเป็น 3 ประเภท	58
21	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณของเสียที่ส่งให้กรุงเทพมหานครกำจัด และการรั่วไหลของสารทำความเย็น	62
22	ระบบไฟฟ้าของอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์	63
23	ผลการหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ	83
24	การใช้พลังงานไฟฟ้า ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และค่าไฟฟ้า ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีในปีการศึกษา 2553	85
25	ถึงขยะแบบแยกประเภทชนิดของขยะ	86
ภาพผนวกที่		
ข1	ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 1	129
ข2	ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 2	130
ข3	ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 3	131
ข4	ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 4	132
ข5	ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 5	133

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข6 ตำแหน่งและรายละเอียดคอมไฟชั่น 1	134
ข7 ตำแหน่งและรายละเอียดคอมไฟชั่น 2	135
ข8 ตำแหน่งและรายละเอียดคอมไฟชั่น 3	136
ข9 ตำแหน่งและรายละเอียดคอมไฟชั่น 4	137
ข10 ตำแหน่งและรายละเอียดคอมไฟชั่น 5	138
ข11 โคมประเภทที่ 1 ฟลูออเรสเซนต์ 1 x 36 W โคมติดลอยชนิดเปลือย	139
ข12 โคมประเภทที่ 2 ฟลูออเรสเซนต์ 1 x 36 W ติดฝังฝ้าตะแกรงแบบสะท้อนแสง	139
ข13 โคมประเภทที่ 3 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรง แบบสะท้อนแสง	140
ข14 โคมประเภทที่ 4 ฟลูออเรสเซนต์ 3 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรงแบบสะท้อนแสง โคมประเภทที่ 5 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรง แบบถึไม่สะท้อนแสง	140
ข15 สะท้อนแสงโคมประเภทที่ 5 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรง แบบถึไม่สะท้อนแสง	141
ข16 โคมประเภทที่ 6 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรง แบบไม่สะท้อนแสง	141
ข17 โคมประเภทที่ 7 ฟลูออเรสเซนต์ 1 x 18 W โคมติดลอยชนิดเปลือย	142
ข18 โคมประเภทที่ 8 ฟลูออเรสเซนต์ 1 x 36 W โคมแขวนตะแกรงสะท้อนแสง	142
ข19 โคมประเภทที่ 8 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมแขวนตะแกรงสะท้อนแสง	143
ฉ1 เปรียบเทียบขนาด T5, T8 และ T12	155
ฉ2 ชุด Adapter เพิ่มความยาวและขนาดของขั้วหลอดให้เข้ากับโคมชุดเดิม	155

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

กก.	=	กิโลกรัม
CFCs	=	คลอโรฟลูออโรคาร์บอน
CH <sub>4</sub>	=	เอทิลีน
CO <sub>2</sub>	=	คาร์บอนไดออกไซด์
eq.	=	เทียบเท่า
GWP	=	ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน
HFCs	=	ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน
kg	=	กิโลกรัม
m <sup>2</sup>	=	ตารางเมตร
N <sub>2</sub> O	=	ไนตรัสออกไซด์
PFCs	=	เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน
R22	=	ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอนอาร์ 22
R290	=	โพรเพนไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน
T5	=	หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 28 วัตต์
T8	=	หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์
T12	=	หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์
VOC	=	สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้
yr	=	ปี

## คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### Carbon Footprint of the Department of Chemical Engineering at Kasetsart University

#### คำนำ

การดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ตั้งแต่ปฏิวัติอุตสาหกรรมจนถึงปัจจุบัน ทั้งการใช้พลังงาน การเกษตรกรรม การพัฒนาและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า รวมทั้งการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ ล้วนทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) หรือภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งมีผลทำให้ระดับอุณหภูมิโดยรวมของโลกเพิ่มสูงขึ้น 0.3 - 0.6 องศาเซลเซียสในรอบ 100 ปี (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) ผลของอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างมาก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ ระดับอุณหภูมิของผิวโลกสูงขึ้น ก๊าซพิษจากอุทกภัย วัตภัย และ ภัยแล้งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆปี

ในปีค.ศ. 2007 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคนทั้งโลกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.23 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อคนต่อปี (CDIAC, 2007) และประเทศไทยมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทศวรรษที่ผ่านมาเพิ่มขึ้นจาก 1.6 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อคนต่อปี ในปีค.ศ. 1990 เป็น 4.3 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อคนต่อปี ในปีค.ศ. 2004 (ESCAP, 2007) ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคนทั้งโลก และในปี พ.ศ.2546 ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 344.2 ล้านตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อปี โดยแบ่งออกเป็นการใช้พลังงานสูงถึงร้อยละ 56 การเกษตรกรรมร้อยละ 24 ของเสียร้อยละ 8 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 7 และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมร้อยละ 5 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

ปัญหาและความกังวลของผลกระทบดังกล่าวส่งผลให้ในการประชุมครั้งที่ 3 ของสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The Conference of the Parties, COP-3) ในปีพ.ศ. 2540 ได้ยอมรับพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) โดยให้ประเทศ

พัฒนาแล้ว (ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1, Annex I countries) ให้ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับการปลดปล่อยในปี พ.ศ. 2533 ภายในปี พ.ศ. 2551-2555 โดยสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภายนอกประเทศได้ และประเทศกำลังพัฒนาสามารถให้ความร่วมมือภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism หรือ CDM) (UNFCCC, 2011) ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุมในพิธีสารเกียวโต ประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (Methane, CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide, N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons, HFC) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbons, PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulphur hexafluoride, SF<sub>6</sub>) (IPCC Second Assessment Report, 2006)

ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาหรือกลุ่มประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 (non-Annex I Countries) ไม่ได้ถูกจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภายใต้พิธีสารเกียวโตภายในระยะเวลาและปริมาณที่กำหนด แต่สามารถเข้าร่วมโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยสมัครใจตามแต่ศักยภาพของประเทศ การดำเนินโครงการดังกล่าวในประเทศกำลังพัฒนา และสามารถพิสูจน์ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จริงจะได้รับเครดิตที่เรียกว่า Certified Emission Reductions (CERs) จากการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด คาร์บอนเครดิต หรือ CERs นี้ สามารถนำไปหักลบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ได้ ประเทศเหล่านี้จึงมีความต้องการซื้อ คาร์บอนเครดิตเพื่อให้ประเทศของตนสามารถบรรลุพันธกรณีในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ และประเทศกำลังพัฒนายังสามารถบรรลุถึงเป้าหมายของการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้อีกด้วย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2011)

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization, CFO หรือ Corporate Carbon Footprint, CCF) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร อันนำไปสู่แนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับหน่วยงาน บริษัท หรือ ระดับโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ทรัพยากรที่น้อยลง และเป็นการแสดงถึงความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554)

มหาวิทยาลัยต่างๆ ทั่วโลกตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อน จึงเริ่มประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัย โดยในปีค.ศ. 2007 มหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย (University of

Pennsylvania Carbon Footprint, 2007) และมหาวิทยาลัยเพอร์ดีว (Carbon Neutrality at Purdue University, 2007) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.9 และ 2.1 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อคนต่อปี ปี ค.ศ. 2008 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน (Douglass, 2008) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2.7 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อคนต่อปี และในปีค.ศ. 2011 มหาวิทยาลัยเคปทาวน์ (Andrew, 2011) และ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (บุญจิรา, 2554) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.2 และ 0.4 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อคนต่อปี

งานวิจัยนี้ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อนจึงศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามมาตรฐาน The Greenhouse Gas Protocol (2004), ISO 14064 Part 1 (2006), ISO/CD 14069 (2011) และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของประเทศไทย (2554) โดยแบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงขององค์กร ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ การใช้น้ำประปา การใช้กระดาษ และของเสีย เป็นต้น โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะคำนวณออกมาในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งพิจารณาจากก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ตามที่กำหนดในพิธีสารเกียวโต จากนั้นศึกษาวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อเสนอมาตรการและแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในภาควิชาวิศวกรรมเคมี และศึกษาถึงผลตอบแทนการลงทุนในมาตรการที่น่าเสนอเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน รวมทั้งสร้างจิตสำนึกที่ดีให้แก่นิสิต และบุคลากรภายในภาควิชาวิศวกรรมเคมี ให้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อน และร่วมมือกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการดำเนินงานของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. เพื่อเสนอมาตรการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีลงร้อยละ 5 ภายในระยะเวลา 5 ปี ให้สอดคล้องกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศที่พัฒนาแล้ว
3. เพื่อศึกษาผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สำคัญของภาควิชาวิศวกรรมเคมี

## ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาวิเคราะห์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในช่วงเดือน มิถุนายน 2553 ถึงเดือน ตุลาคม 2554 ตามมาตรฐานแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (2554), The Greenhouse Gas Protocol ของ World Business Council for Sustainable Development WBCSD (2004), ISO 14064 Part 1 (2006) และ ISO/CD 14069 (2011)
2. กำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุมการดำเนินงานองค์กร (Operational Control)
3. กำหนดขอบเขตของกิจกรรมที่ปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจก (Operational Boundaries) ที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ซึ่งสามารถแบ่งการดำเนินงานออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

3.1 ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงของภาควิชาฯ

3.2 ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน

3.3 ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ

4. เสนอมาตรการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ในกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง

5. ศึกษาผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการที่นำเสนอเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี

### **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ทราบถึงข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก รวมถึงข้อมูลการใช้สารานุรูปโภคและทรัพยากร ตลอดจนการจัดการของเสียของภาควิชาวิศวกรรมเคมี

2. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สามารถนำข้อเสนอมาตรการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปพิจารณาปรับปรุงการทำงานหรือกิจกรรมภายในภาควิชาวิศวกรรมเคมี เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ ภาควิชาสีเขียว (Green Department) และช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดี เป็นตัวอย่างหนึ่งขององค์กรที่แสดงถึงความรับผิดชอบต่อสังคม

3. สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสร้างจิตสำนึกให้แก่นักศึกษาและนิสิตรวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่าย จากมาตรการที่นำเสนอเพื่อลดการใช้พลังงานและทรัพยากรอื่นๆ

## การตรวจเอกสาร

### 1. อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นอนุสัญญาที่เกิดขึ้นจากความพยายามของประชาคมโลกในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่เชื่อว่ามีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) อันเนื่องมาจากการสะสมตัวในชั้นบรรยากาศของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มีเทน (CH<sub>4</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) และสารทดแทน CFCs มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากเพียงพอที่คาดได้ว่า ในระหว่างทศวรรษหน้าโลกจะร้อนขึ้นประมาณ 0.2 ถึง 0.5 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ และจะมีผลทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นถึง 20 เซนติเมตร ภายในปี พ.ศ. 2573 และอาจสูงขึ้น 65 เซนติเมตร ภายในปลายศตวรรษหน้า นอกจากนี้จะทำให้เกิดพายุ เฮอริเคน ความแห้งแล้ง ไฟป่าและอุทกภัยบ่อยครั้งและรุนแรงมากขึ้น (UNFCCC, 2011) ประชาคมโลกจึงได้จัดให้มีการประชุมดำเนินการต่างๆ อย่างต่อเนื่อง ดังสรุปใน ตารางที่ 1

## ตารางที่ 1 การดำเนินการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

วัน เดือน ปี	เหตุการณ์
พ.ศ. 2531	WMO และ UNEP จัดตั้ง Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) มีการประชุมสมัชชาสหประชาชาติ พิจารณาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
พ.ศ. 2533	IPCC เผยแพร่รายงาน The First Assessment Report มีการเสนอให้มีการเจรจาตกลงดำเนินการเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ องค์การสหประชาชาติให้มีการเจรจาอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและจัดตั้งคณะกรรมการเจรจาระหว่างรัฐ (Intergovernment Negotiating Committee, INC)
1 กุมภาพันธ์ 2533	คณะกรรมการเจรจาระหว่างรัฐบาลประชุมเป็นครั้งแรก
9 พฤษภาคม 2535	คณะกรรมการเจรจาระหว่างรัฐ รับรองอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการประชุมครั้งที่ 5
4 มิถุนายน 2535	การประชุม “Earth Summit” ที่กรุงริโอเดอจาเนโร เปิดให้มีการลงนามในอนุสัญญาฯ
21 มีนาคม 2537	อนุสัญญาฯ มีผลบังคับใช้
7 เมษายน 2538	ที่ประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สมัยที่ 1 (COP-1) ตกลงเจรจารอบใหม่ในเรื่อง “การบังคับให้อนุวัติตามอนุสัญญาฯ”
1 ธันวาคม 2538	IPCC รับรองรายงาน The Second Assessment Report ซึ่งเสนอแนะให้มีการ ปฏิบัติการทางนโยบายอย่างเร่งด่วน
19 กรกฎาคม 2539	ที่ประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สมัยที่ 2 (COP-2) แข่งถึงปฏิญญาเจนีวา ซึ่งเน้นให้มีการดำเนินการเจรจาอย่างเต็มที่

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	เหตุการณ์
11 ธันวาคม 2540	ที่ประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สมัยที่ 3 (COP-3) รับรองพิธีสารเกียวโต
16 มีนาคม 2541	เปิดให้มีการลงนามในพิธีสารเกียวโตเป็นระยะเวลาหนึ่งปี
14 พฤศจิกายน 2541	ที่ประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สมัยที่ 4 (COP-4) กำหนดแผนปฏิบัติการบุนสไอเรส เร่งรัดการอนุมัติตามอนุสัญญาฯ และเตรียมการบังคับพิธีสารเกียวโตให้สำเร็จภายในการประชุมสมัชชาประเทศภาคีสมัยที่ 6
13-25 พฤศจิกายน 2543	การประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 6 (COP-6) ณ กรุงเฮก ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ ผลการประชุม ไม่สามารถบรรลุข้อตกลงใดๆ ได้
16-27 กรกฎาคม 2544	การประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 6 ครั้งที่ 2 ณ กรุงบอนน์ ประเทศเยอรมนี ที่ประชุมสามารถบรรลุข้อตกลง เรียกข้อตกลงที่ได้ว่า Bonn Agreement
29 ตุลาคม ถึง 9 พฤศจิกายน 2544	การประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 7 (COP-7) จัดที่เมืองมาราเกช ประเทศโมร็อกโก ที่ประชุมสามารถบรรลุข้อตกลงเรียกว่า ข้อตกลงมาราเกช (Marrakesh Accords)
23 ตุลาคม ถึง 1 พฤศจิกายน 2545	การประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 8 (COP-8) ณ เมืองนิวเดลี ประเทศอินเดีย

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	เหตุการณ์
1-12 ธันวาคม 2546	การประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 9 (COP-9) ณ ประเทศอิตาลี
พ.ศ. 2551-2555	ช่วงแรกของการดำเนินการตามพันธกรณี

**ที่มา:** บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (2554)

### 1.1 วัตถุประสงค์ของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ บรรลุถึงการรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้คงที่ อยู่ในระดับที่ ปลอดภัยจากการแทรกแซงของมนุษย์ที่เป็นอันตรายต่อระบบภูมิอากาศ การรักษาระดับดังกล่าว ต้องดำเนินการในระยะเวลาเพียงพอที่จะให้ระบบนิเวศปรับตัว โดยไม่คุกคามต่อการผลิตอาหารของ มนุษย์และการพัฒนาทางเศรษฐกิจเป็นไปอย่างยั่งยืน

### 1.2 หลักการของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในการดำเนินการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของอนุสัญญาฯ ประเทศภาคีสมาชิกต้อง ปฏิบัติ ตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐาน ดังนี้ (UNFCCC, 2011)

1.2.1 ประเทศภาคีควรจะปกป้องระบบภูมิอากาศเพื่อประโยชน์ของมนุษยชาติทั้งในปัจจุบัน และอนาคตบนหลักการของความเท่าเทียม (Equity) การรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่างกัน (Common but differentiated responsibilities) และความสามารถของแต่ละประเทศ นอกจากนี้ประเทศอุตสาหกรรมต้องเป็นผู้นำในการต่อสู้กับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1.2.2 ความต้องการของประเทศกำลังพัฒนาที่มีสถานะเปราะบางต่อผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศควรจะได้รับพิจารณาอย่างเต็มที่

1.2.3 ประเทศภาคีควรมีมาตรการป้องกันไว้ก่อน (Precautionary) เพื่อคาดการณ์ ปกป้อง หรือลดสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น โดย นโยบายและมาตรการต่างๆ ในการรับมือกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศควรมีความ คุ่มค่าในการลงทุน (Cost-effective) เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อโลกโดยมีค่าใช้จ่ายต่ำสุด

1.2.4 ประเทศภาคีควรจะให้การส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยนโยบายและ มาตรการต่างๆ ที่จะปกป้องการเปลี่ยนแปลงระบบภูมิอากาศจากการกระทำของมนุษย์นั้น ควรจะ เป็นมาตรการที่เหมาะสมต่อสถานการณ์ของแต่ละประเทศ

1.2.5 ประเทศภาคีควรมีความร่วมมือในการส่งเสริมการสนับสนุนทางการเงินและ การเปิดกว้างของระบบเศรษฐกิจระหว่างประเทศซึ่งจะนำไปสู่การเจริญเติบโตและการพัฒนาทาง เศรษฐกิจอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะกับประเทศกำลังพัฒนา

1.3 ประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้แบ่งกลุ่มประเทศ ภาคีสมาชิกออกเป็น 3 กลุ่ม ดังภาพที่ 1



**ภาพที่ 1** การแบ่งกลุ่มประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

**ที่มา:** สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554)

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้แบ่งกลุ่มประเทศภาคีสมาชิกออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

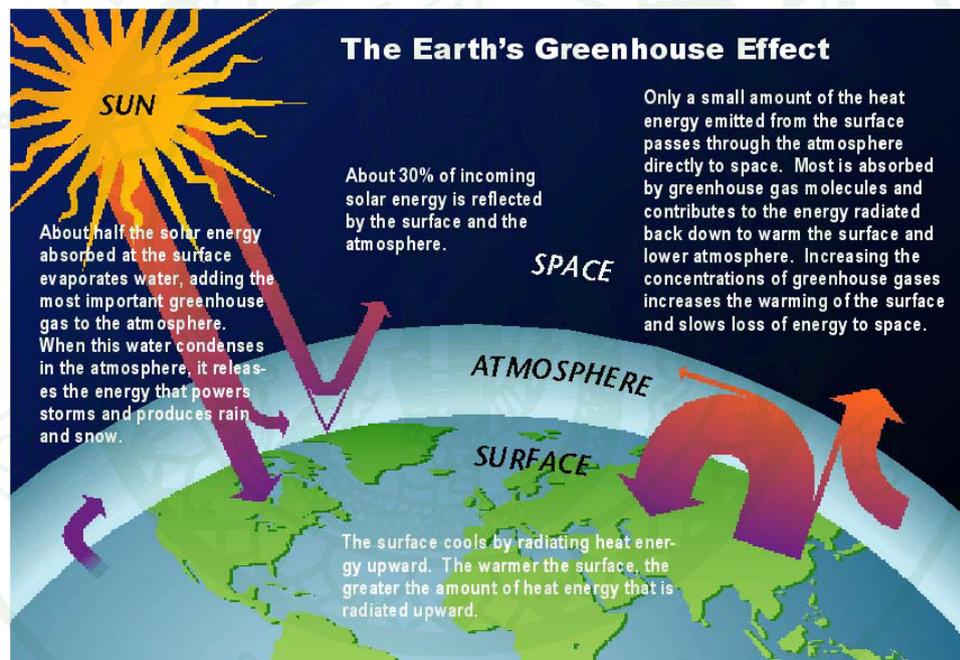
1.3.1 ประเทศในภาคผนวกที่ 1 (Annex I) มีประเทศภาคีสมาชิก 41 ประเทศ โดยมีหน้าที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงอย่างน้อยร้อยละ 5 ในช่วงปี 2008-2012 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีฐานปี 1990 และให้ความช่วยเหลือประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 ในการแก้ไขปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1.3.2 ประเทศในภาคผนวกที่ 2 (Annex II) มีประเทศภาคีสมาชิก 24 ประเทศ โดยมีหน้าที่ให้ความช่วยเหลือทางการเงินและการถ่ายทอดเทคโนโลยีกับประเทศนอกภาคผนวกที่ 1

1.3.3 ประเทศในภาคผนวกที่ 3 (Annex III) มีประเทศภาคีสมาชิก 150 ประเทศ ไม่มีพันธกรณีใดๆกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

## 2. ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) คือ ก๊าซที่มีอยู่ในบรรยากาศที่ทำให้การสูญเสียความร้อนสู่อวกาศลดลง จึงมีผลต่ออุณหภูมิในบรรยากาศผ่านปรากฏการณ์เรือนกระจก ก๊าซเรือนกระจกมีความจำเป็นและมีความสำคัญต่อการรักษาระดับอุณหภูมิของโลก หากปราศจากก๊าซเรือนกระจกโลกจะหนาวเย็นจนสิ่งมีชีวิตอยู่อาศัยไม่ได้ แต่การมีก๊าซเรือนกระจกมากเกินไปก็เป็นเหตุให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ดังที่เป็นอยู่กับบรรยากาศของดาวศุกร์ซึ่งมีบรรยากาศที่ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์มากถึงร้อยละ 96.5 มีผลให้อุณหภูมิพื้นผิวร้อนมากถึง  $467^{\circ}\text{C}$  ก๊าซเรือนกระจกแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2010)

## 2.1 ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกตามพิธีสารเกียวโตมีทั้งหมด 6 ตัว ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) มีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) กลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) กลุ่มเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ ( $\text{SF}_6$ ) (IPCC, 2006)

## 2.2 สาเหตุที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น

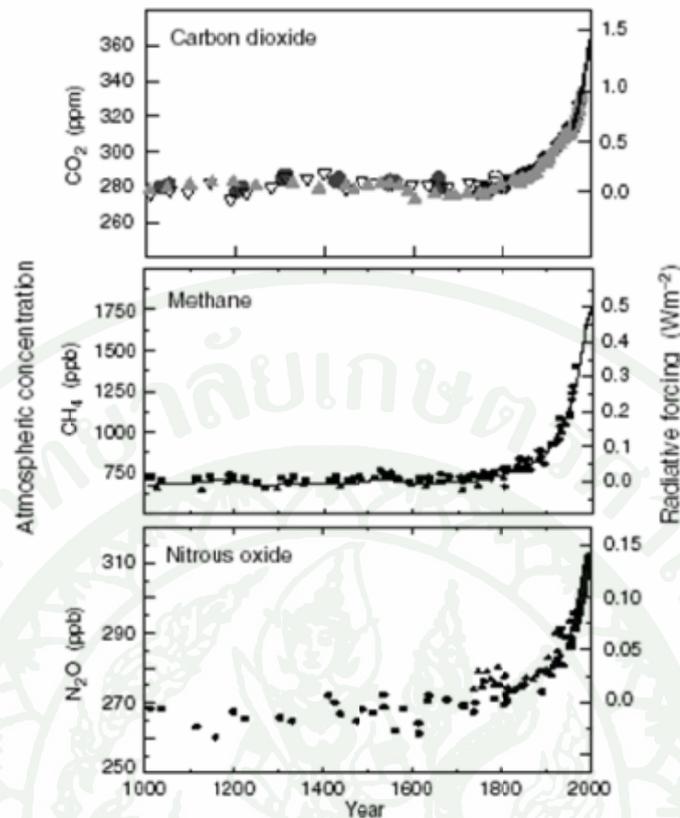
2.2.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเผาไหม้หรือการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuels) และเพิ่มขึ้นจากการตัดไม้ทำลายป่าหรือการลดลงของปริมาณป่าไม้ของโลก

2.2.2 ก๊าซมีเทน การเกษตรแผนใหม่ที่เป็นอยู่ทั่วโลก การปลูกข้าวและการเลี้ยงสัตว์ ปริมาณเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นอาหารเลี้ยงชาวโลกที่เพิ่มขึ้นราว 2 เท่าภายหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 นอกจากนี้ก๊าซมีเทนยังเพิ่มขึ้นจากกองขยะ จอมปลวก เหมืองถ่านหิน การขุดเจาะน้ำมันและเขม่าควันจากการเผาป่า

2.2.3 ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน เป็นก๊าซชนิดใหม่ซึ่งเริ่มมีขึ้นในราว ค.ศ. 1930 ซึ่งนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่น ตู้เย็น สเปรย์ และพลาสติก

2.2.4 ก๊าซไนตรัสออกไซด์ เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้ปุ๋ยในโตรเจน การเผาไหม้ซากพืช การเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ และการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยถ่านหินและน้ำมัน

แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอดีตจนถึงปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: IPCC Third Assessment Report (2006)

### 2.3 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

ภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศต่างๆทั่วโลกในปี พ.ศ. 2542 โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 0.6 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งโลก และเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนของประเทศไทย (per capita) กับบางประเทศในปี ค.ศ. 2009 แสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 4 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศต่างๆทั่วโลก

ที่มา: IPCC Third Assessment Report (2006)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนของประเทศไทยกับบางประเทศในปี ค.ศ. 2009

ประเทศ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ล้านตันต่อปี)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคน ตัน CO2 eq ต่อคนต่อปี
จีน	7219.2 (1)	5.5 (72)
สหรัฐอเมริกา	6963.8 (2)	18.4 (7)
สหภาพยุโรป	5047.7 (3)	10.3 (39)
รัสเซีย	1,960 (4)	13.7 (8)
อินเดีย	1852.9 (5)	1.7 (120)
ไทย	353.16 (26)	4.6 (71)
การ์ต้า	47.5 (128)	55 (1)

หมายเหตุ (ตัวเลข) หมายถึง อันดับในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละประเทศ

ที่มา: World Resources Institute (2009)



ภาพที่ 5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานระหว่างปี พ.ศ.2546-2550

ที่มา: กระทรวงพลังงาน (2552)

จากภาพที่ 5 พบว่า ในปีพ.ศ. 2548 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ 103,676.33 พันตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่ากับปี เมื่อเทียบกับปีพ.ศ. 2550 ซึ่งมีปริมาณก๊าซเรือนกระจก 85,512.38 พันตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่ากับปี จะเห็นว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจากเดิม 17.52% เมื่อพิจารณา ปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรจำนวน 1,000 คน ระหว่างปีพ.ศ. 2547 กับปีพ.ศ. 2550 ซึ่งมีปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก 150,369.80 และ 115,948.83 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่ากับคนต่อปี ตามลำดับ ซึ่ง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดลงจากเดิมร้อยละ 22.89 จาก เหตุการณ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตมีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจากประชาชนได้ลดพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการเลือกใช้ พลังงานที่เหมาะสม เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประหยัดไฟ การปลูกต้นไม้ และการใช้ พลังงานหมุนเวียน เป็นต้น

## 2.4 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คำนวณได้จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่ปล่อยออกมา และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในรอบ 100 ปีหรือ GWP 100 (Global Warming Potential) ของ IPCC ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP 100 เท่ากับ 25 หมายความว่า ก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัมคิดเป็นศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เป็นต้น ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าศักยภาพทางความร้อนของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมด้วยพิธีสารเกียวโต

ก๊าซ	ค่าศักยภาพความร้อน (100 ปี) CO <sub>2</sub> -eq/ก๊าซ		
	รายงานครั้งที่ 2	รายงานครั้งที่ 3	รายงานครั้งที่ 4
CO <sub>2</sub>	1	1	1
CH <sub>4</sub>	21	23	25
N <sub>2</sub> O	310	296	298
SF <sub>6</sub>	23,900	22,200	22,800
HFCs		124 - 14,800	
PFCs		7,390 - 12,200	

ที่มา: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), รายงานครั้งที่ 2 (1996), รายงานครั้งที่ 3 (2000) และ รายงานครั้งที่ 4 (2006)

### 3. พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)

เมื่อรัฐบาลประเทศต่างๆ ได้มีมติรับในอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปี ค.ศ. 1992 และอนุสัญญาฯ มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 ทำให้ทุกประเทศได้ตระหนักถึงความสำคัญที่จะเริ่มแผนปฏิบัติการในอนาคต โดยมีการจัดตั้งกระบวนการ ในการ ทบทวน การอภิปราย และการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างประเทศ ซึ่งอนุสัญญาฯ ได้เปิดช่องทางไว้ในการที่จะมีพันธกรณีเพิ่มเติมขึ้นมา เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และนโยบายทางการเมืองของแต่ละประเทศ (UNFCCC, 2011)

จากการประชุมประเทศภาคีสมาชิกของอนุสัญญาครั้งที่ 1 (Conference of the Parties; COP-1) ซึ่งจัดขึ้นที่ กรุงเบอร์ลิน ประเทศเยอรมนี ในปีค.ศ. 1995 นั้น ได้มีการทบทวนเรื่องพันธกรณีของประเทศพัฒนาแล้ว ประเทศภาคีสมาชิกต่างเห็นพ้องว่าพันธกรณีของประเทศพัฒนาแล้ว ที่มุ่งหวังจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลับไปสู่ที่ระดับการปล่อยในปีค.ศ. 1990 ภายในปี ค.ศ. 2000 นั้น คงไม่เพียงพอที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ระยะยาวของอนุสัญญาฯ ที่ต้องการจะป้องกันการแทรกแซงซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบภูมิอากาศจากการกระทำของมนุษย์ คณะรัฐมนตรีและเจ้าหน้าที่อาวุโสของประเทศต่างๆ ได้มีมติเห็นชอบต่อ "Berlin Mandate" และริเริ่มการพูดคุยเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของพันธกรณีสำหรับประเทศพัฒนาแล้ว จากนั้นได้มีการจัดตั้งคณะทำงานของ Berlin Mandate (Ad hoc Group on the Berlin Mandate: AGBM) ขึ้นเพื่อทำการร่างข้อตกลงจากการประชุมของคณะทำงานทั้ง 8 ครั้ง ร่างข้อตกลงนี้ได้ถูกนำเสนอเพื่อการเจรจาอบสุดท้ายที่การประชุมประเทศภาคีสมาชิกของอนุสัญญาครั้งที่ 3 (Conference of the Parties; COP-3) การ ซึ่งจัดขึ้น ณ กรุงเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น ในปีค.ศ. 1997 โดยมีผู้แทนจากประเทศภาคีสมาชิก ผู้สังเกตการณ์ และสื่อมวลชน เข้าร่วมในการประชุมประมาณ 10,000 คน ดังแสดงในภาพที่ 6



### ภาพที่ 6 การประชุมลงมติรับพิธีสารเกียวโต

ที่มา: United Nations Framework Convention on Climate Change (2011)

ผลของการประชุม คือ ที่ประชุมมีมติรับ (Decision 1/CP.3) พิธีสารภายใต้อนุสัญญาซึ่งประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 (Annex I countries) จะต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมอย่างน้อยร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 1990 ในช่วงระยะเวลาปี ค.ศ. 2008-2012 ซึ่งพันธกรณีนี้เป็นข้อผูกพันทางกฎหมาย (Legally binding)

#### 3.1 การมีผลบังคับใช้ของพิธีสารเกียวโต

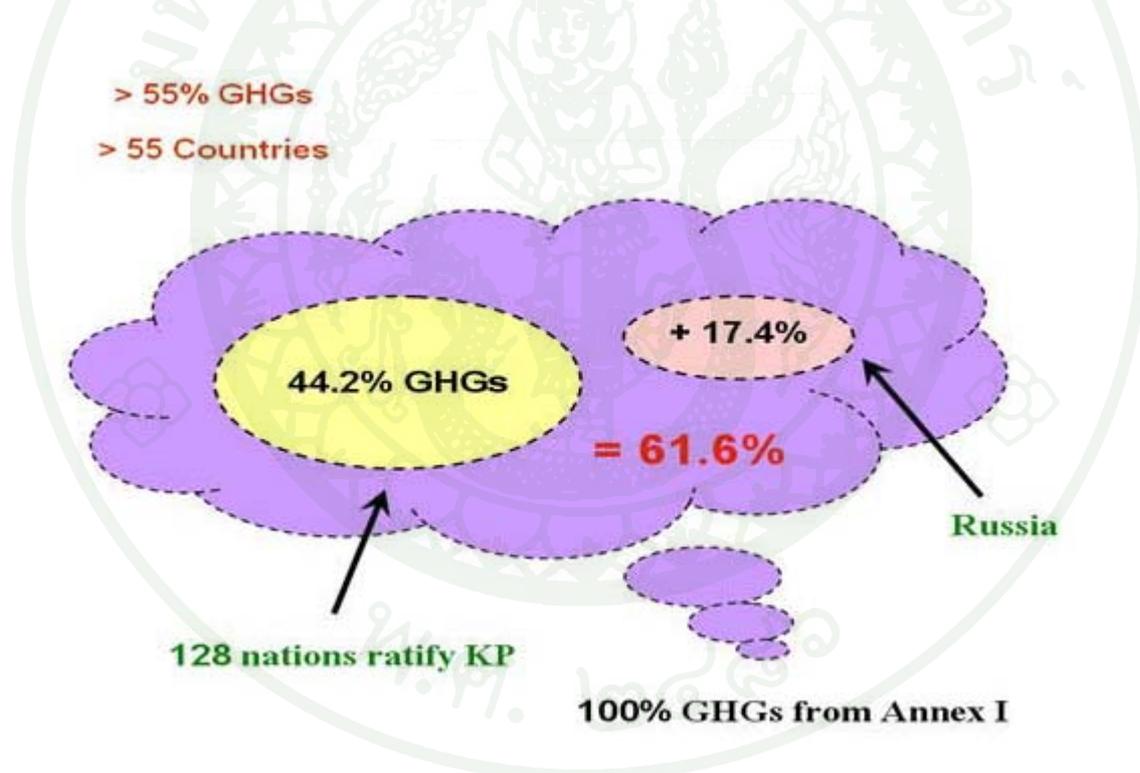
พิธีสารเกียวโตได้มีการเปิดให้ลงนามในวันที่ 16 มีนาคม 1998 โดยพิธีสารจะมีผลบังคับใช้ 90 วัน หลังจากที่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ ดังนี้

3.1.1 มีประเทศภาคีสมาชิกภายใต้อนุสัญญาฯ ให้สัตยาบันอย่างน้อย 55 ประเทศ

3.1.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 รวมกันอย่างน้อยร้อยละ 55 ของปริมาณที่มีอยู่ในปีค.ศ. 1990

### 3.2 ปริมาณการปล่อยทั้งหมดของประเทศภาคีสมาชิกในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ในปี 1990

ก่อนพิธีสารเกียวโตมีจำนวนประเทศที่ให้สัตยาบันต่อพิธีสารจำนวน 128 ประเทศแต่ปริมาณรวมของก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 44.2 ซึ่งทำให้ยังไม่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ของการบังคับใช้ของพิธีสารเกียวโต เนื่องจากประเทศออสเตรเลีย และประเทศสหรัฐอเมริกา ปฏิเสธที่จะให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโต จากนั้นประเทศรัสเซีย ได้ให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโตในเดือนพฤศจิกายน 2004 ทำให้ปริมาณรวมของก๊าซเรือนกระจกของประเทศภาคีสมาชิกในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 61.6 ดังแสดงในภาพที่ 7 จึงทำให้พิธีสารเกียวโตมีผลบังคับใช้ในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2548 ดังนั้นประเทศภาคีสมาชิกในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวก B (Annex B) ของพิธีสารเกียวโต



ภาพที่ 7 ปริมาณรวมของก๊าซเรือนกระจกของประเทศภาคีสมาชิกในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 หลังจากประเทศรัสเซีย ได้ให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโตในเดือน พฤศจิกายน 2004

ที่มา: United Nations Framework Convention on Climate Change (2011)

ประเทศไทยได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2537 และลงนามให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโต ซึ่งเป็นพิธีสารภายใต้อนุสัญญาฯ เมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2545

#### 4. คาร์บอนฟุตพริ้นท์

##### 4.1 ความเป็นมาและความสำคัญของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้เริ่มนำมาใช้ในหลายประเทศของทวีปยุโรป ส่วนในทวีปเอเชีย เริ่มต้นที่ประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ต่อเนื่องมาจนถึงประเทศไทยที่เริ่มนำมาใช้นับตั้งแต่ต้นปีพ.ศ. 2552 เป็นต้นมา โดยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือรอยเท้าคาร์บอน เป็นการวัดผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สร้างขึ้นจากการผลิตสินค้า บริการ รวมไปถึงกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ โดยเป็นการวัดก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถใช้ประมาณค่าของคน องค์กร หรือประเทศๆหนึ่ง มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนอย่างน้อยเพียงใด คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นส่วนย่อยของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment หรือ LCA) (PAS 2050, 2008)

##### 4.2 ความหมายของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่มาจากการกระทำของมนุษย์แต่ละคนในระยะเวลา 1 ปี (ซึ่งรวมถึงการปล่อยออกมาผ่านการใช้พลังงานด้วย) นิยามนี้ให้ความสำคัญเรื่องของการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละบุคคล ซึ่งมาจากแนวความคิดที่ว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์นี้ เป็นสิ่งที่มาจากการกระทำของมนุษย์ทุกคนรวมกัน คาร์บอนฟุตพริ้นท์อาจจะพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงเพียงอย่างเดียว ซึ่งคำนวณจากพลังงานที่ใช้ในครัวเรือน และการขนส่งโดยการเดินทางด้วยรถยนต์ เครื่องบิน รถไฟ หรือการขนส่งสาธารณะอื่นๆ หรืออาจจะรวมเอาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมไว้ด้วยก็ได้

ซึ่งจะรวมเอาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลมาจากสินค้าและบริการที่บริโภคในแต่ละวัน (Bureau, 2008)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการผลิตสินค้าและบริการ องค์กร รวมไปถึงบุคคล โดยวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Lynas, 2007)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และบริการ (Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Service) แสดงผลในเชิงปริมาณ เป็นค่าเทียบเท่ากับศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นกิโลกรัม (kg CO<sub>2</sub> equivalent) ทั้งนี้ คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC) ได้กำหนดค่าศักยภาพทางความร้อน (Global Warming Potential: GWP) ของก๊าซต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ 20 ปี 100 ปี หรือ 500 ปี โดยทั่วไปจะใช้ค่าศักยภาพทางความร้อนของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา 100 ปี (อบก., 2553)

#### 4.3 คาร์บอนเครดิต

คาร์บอนเครดิต คือ การซื้อขายสิทธิ์ในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศโดยผู้ซื้อสิทธิ์เป็นประเทศพัฒนาแล้ว (ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 มีประเทศภาคีสมาชิกจำนวน 41 ประเทศ) ส่วนผู้ขายสิทธิ์เป็นประเทศกำลังพัฒนา (ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 3 มีประเทศภาคีสมาชิกจำนวน 150 ประเทศ) เนื่องจากประเทศกำลังพัฒนาไม่มีพันธะสัญญาในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงสามารถขายสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยประเทศเหล่านี้จะต้องดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) โดยมีองค์กรกลางเป็นผู้ออกใบอนุญาตรับรองมาตรฐาน (Certified Emission Reduction: CER) จากสหประชาชาติก่อนจึงจะเป็นผู้ผลิตคาร์บอนเครดิตได้ซึ่งการซื้อขายคาร์บอนเครดิตนั้นจะดำเนินการที่ตลาดคาร์บอน (Carbon Market) ในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สำหรับประเทศไทยมีการจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. เพื่อเป็นศูนย์กลางข้อมูลการดำเนินงานด้านก๊าซเรือนกระจก และประสานความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และองค์การระหว่างประเทศ (อบก., 2554)

#### 4.4 การทำคาร์บอนออฟเซต (Carbon Offset)

การทำคาร์บอนออฟเซต คือ การที่องค์กรต่างๆ เช่น ห้างร้าน บริษัท มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในชั้นบรรยากาศ และต้องการทดแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดนี้ โดยคำนวณออกมาว่ากิจกรรมต่างๆ ของบริษัทนั้นทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตราเท่าไร และทดแทนด้วยการบริจาคเงินเข้าโครงการต่างๆ ที่มีการรณรงค์และทำกิจกรรมลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งอื่น เช่น โครงการใช้พลังงานธรรมชาติทดแทน โครงการปลูกป่า เป็นต้น ซึ่งเราเรียกผู้ที่รับบริจาคว่า (Carbon Offset Provider) องค์กรผู้รับบริจาคจะมีวิธีการคำนวณแปรอัตราการปล่อยคาร์บอนๆ ขององค์กรของผู้บริจาคออกมาเป็นจำนวนเงินที่ควรบริจาค อย่างไรก็ตามในการทำคาร์บอนออฟเซต ผู้บริจาคควรตรวจสอบความน่าเชื่อถือขององค์กรผู้รับบริจาค ตลอดจนการคำนวณคาร์บอนเครดิตที่ถูกต้อง นอกจากนี้ หลายฝ่ายยังออกมาให้ความเห็นว่า ผู้บริจาคเองควรใช้มาตรการลดการปล่อยคาร์บอนๆ มากกว่าที่จะมาทดแทนด้วยการจ่ายเป็นเงิน เพื่อกลบปัญหา จึงจะเป็นการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง

#### 4.5 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

จากผลกระทบของภาวะโลกร้อน ทำให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตระหนักถึงความสำคัญในการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO หรือ Corporate Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กร อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับหน่วยงาน บริษัทหรือ โรงงานอุตสาหกรรม และระดับประเทศ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สำหรับใช้เป็นเครื่องมือในประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ทั้งการผลิตและการบริการหรือการดำเนินกิจกรรมต่างขององค์กรนั้น จะช่วยเสริมสร้างศักยภาพให้กับผู้ประกอบการและธุรกิจของไทย ให้สามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก และเป็นการเตรียมความพร้อมหากภาครัฐจำเป็นต้องมีการรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรต่างๆ ในประเทศไทย (อบก. 2554)

#### 4.5.1 การกำหนดขอบเขตองค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก สามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่งดังนี้

##### ก. แบบควบคุม (Control Approach)

กำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุม แบ่งเป็นการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### - ควบคุมการดำเนินงาน

องค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร ไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานที่องค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของ แต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน

##### - ควบคุมทางการเงิน

องค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมทางการเงิน ซึ่งยึดตามสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริงและมีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินขององค์กรเป็นหลัก

### ข. แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share)

กำหนดขอบเขตการรวบรวมผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยปันตามสัดส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือการลงทุนอุปกรณ์ ในหน่วยผลิตนั้นๆ

#### 4.5.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundaries)

ในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน ต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสามารถแบ่งกิจกรรมออกได้เป็น 3 ประเภท (Scope) ได้แก่

4.5.2.1 ประเภทที่ 1 (Scope 1) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในองค์กร ดังนี้

ก. การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่ ได้แก่

- การผลิตไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ เพื่อใช้งานภายในองค์กร หรือเพื่อการส่งออก แจกจ่ายให้แก่ผู้ใช้งานภายนอกขององค์กร

- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์ และเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามา โดยองค์กรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง

- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร โดยองค์กรเป็นผู้รับผิดชอบการดำเนินงานดังกล่าว

ข. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีภายในกระบวนการผลิต

ค. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่งของยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ หรือเช่าเหมามาแต่องค์กรรับผิดชอบ ค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง

ง. การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วซึม และอื่นๆ (Fugitive emission)

- การรั่วซึมของก๊าซเรือนกระจก ออกจากบรรยากาศภายนอก ที่เกิดขึ้น ณ บริเวณรอยเชื่อม ข้อต่อท่อของอุปกรณ์ ที่ตั้งอยู่ในองค์กร เช่น สารทำความเย็นหรือการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ในองค์กรในขณะที่ทำการซ่อมบำรุง

- การใช้อุปกรณ์ดับเพลิงประเภทที่สามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้

- ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

- ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ย และสารเคมีเพื่อการชักล้าง ทำความสะอาดภายในองค์กร

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ชีวมวล

4.5.2.2 ประเภทที่ 2 (Scope 2) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อนหรือไอน้ำที่ถูกลำเลียงเข้ามาจากภายนอกเพื่อมาใช้งานภายในองค์กร

4.5.2.3 ประเภทที่ 3 (Scope 3) การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งองค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อการรายงานผลเพิ่มเติมได้ โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ

ตัวอย่างของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่

- การเดินทางของพนักงานเพื่อการประชุม สัมมนา และติดต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับองค์กร ด้วยระบบการขนส่งประเภทต่างๆ เช่น ยานพาหนะส่วนตัว ยานพาหนะที่ใช้ภายในองค์กรแต่จ้างเหมาบริการรวมน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร รถไฟ เรือโดยสาร เครื่องบิน

- การเดินทางไป-กลับ จากที่พักถึงองค์กร เพื่อมาทำงานของพนักงาน ด้วยยานพาหนะส่วนตัว หรือยานพาหนะที่ใช้ภายในองค์กรแต่จ้างเหมาบริการรวมน้ำมันเชื้อเพลิงจากภายนอกองค์กร หรือระบบขนส่งสาธารณะ

- การขนส่งผลิตภัณฑ์ วัสดุดิบ คนงาน และกากของเสีย ที่เกิดจากการจ้างเหมาบริการ โดยหน่วยงานหรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้

- กิจกรรมต่างๆ ที่สามารถก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเกิดจากการจ้างเหมารับช่วงดำเนินงานโดยหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มจากกิจกรรมการประกอบอาหารภายในโรงอาหาร โดยการจ้างเหมาจากบุคคล หน่วยงาน หรือองค์กรภายนอก

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกำจัดกากของเสีย โดยหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นภายนอกขอบเขตขององค์กรที่ได้กำหนดไว้

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ หรือบริการขององค์กรในช่วงการใช้งาน (Use Phase) และช่วงหลังใช้งาน (End-of-Life Phase)

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้า ไอน้ำ และความร้อนที่องค์กรซื้อมาเพื่อขายต่อไปยังหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นอีกทอดหนึ่ง

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ หรือความร้อนของหน่วยงาน หรือองค์กรอื่นที่มาจากเข้าพื้นที่ขององค์กร

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าทางอ้อมของพนักงานภายในองค์กร ในกรณีที่มีการเช่าพื้นที่อาคารขององค์กรอื่นเพื่อใช้เป็นสำนักงาน เช่น การใช้ลิฟต์ภายในอาคาร

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการทำเหมือง หรือการสกัดวัตถุดิบต่างๆ รวมถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบตั้งต้น ก่อนที่จะมีการนำเข้ามาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นเพื่อใช้งานภายในองค์กร

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้น้ำประปาภายในองค์กร

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัสดุสำนักงานที่มีการใช้ภายในองค์กร เช่น กระดาษ

#### 4.5 หลักการรายงานผลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การรายงานผลปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรต้องประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่

4.5.1 ความตรงประเด็น (Relevance) การเลือกแหล่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูลรวมถึงวิธีการวัด และการคำนวณที่เหมาะสมกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวม และประเมินได้นั้น ควรที่จะสามารถสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในองค์กร และเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่สามารถช่วยส่งเสริมการตัดสินใจสำหรับการวางแผนนโยบายขององค์กร

4.5.2. ความสมบูรณ์ (Completeness) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทำกรเก็บรวบรวม และคำนวณได้ ควรเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร และเกี่ยวข้องกับองค์กร

4.5.3. ความไม่ขัดแย้งกัน (Consistency) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ต้องไม่ขัดแย้งกัน

4.5.4. ความเที่ยงตรง (Accuracy) ลดความมึนงง ความไม่แน่นอนในการรวบรวม หรือคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุด

4.5.5. ความโปร่งใส (Transparency) มีการเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวม หรือคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพียงพอ และเหมาะสมสามารถตรวจสอบได้ เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการตัดสินใจด้วยความเชื่อมั่นอย่างสมเหตุสมผล

## 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Alexander (2008) ทำการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน (Michigan State University) ความต้องการที่จะพยายามลดผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้น โดยทำการเปิดตัวโครงการ “Be Spartan Green” และมีการรณรงค์ให้เกิด ความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมในหมู่นักเรียนและคณาจารย์เพื่อให้เกิดการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของมหาวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลต้องการเป็นผู้นำในการประเมิน และลดค่าคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ของภาควิชาฯ เพื่อเป็นแบบอย่างแก่ภาควิชาอื่นๆ ประเภทของกิจกรรมในภาควิชาฯ แบ่งเป็น 3 ประเภทได้แก่

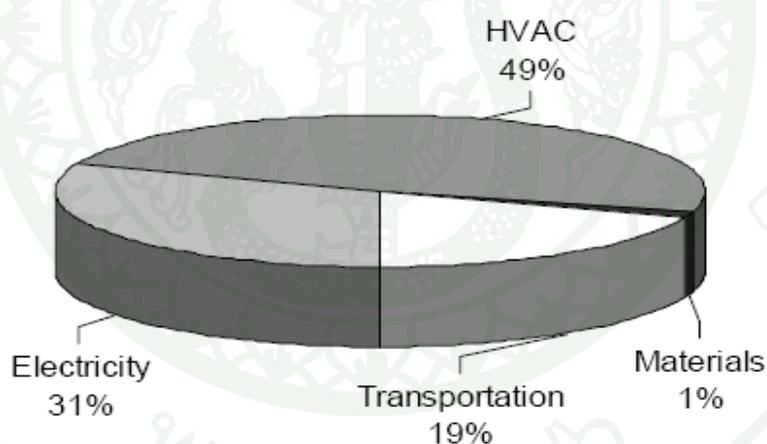
กิจกรรมประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากการ ดำเนินงานของภาควิชาฯ ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ใน ภาควิชาฯ การใช้น้ำมันในยานพาหนะของภาควิชาฯ และ กระบวนการทางเคมีที่มีการเกิดปฏิกิริยา แล้วปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา

กิจกรรมประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมที่เกิดจากการซื้อพลังงานไฟฟ้ามาใช้ โดย การปล่อยก๊าซจะเกิดขึ้นที่แหล่งผลิต แต่ก็ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้บริโภคด้วย

กิจกรรมประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ทั้งหมดที่ไม่ครอบคลุมใน กิจกรรมประเภทที่ 2 การรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมประเภทที่ 3 ถือว่าเป็น ตัวเลือกทำ ตามความเหมาะสม ไม่บังคับ กิจกรรมประเภทที่ 3 ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การ เดินทางไป-กลับ ประจำวันของนักศึกษา และบุคลากร ของเสีย และการใช้วัสดุสิ้นเปลือง เป็นต้น

จากผลการประเมินพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาควิชาฯ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดคิดเป็น 442 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี สาเหตุหลักมาจากการใช้ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ ห้องเรียน และสำนักงาน ตามลำดับ ด้านการขนส่งก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมา 108 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี เป็นผลมาจากการเดินทางประจำวัน การเดินทางทัศนศึกษาหรือดูงานของคณาจารย์และนักศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุแล้วถือว่ามี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่น้อยกว่ามาก คิดเป็นปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 2 ของการปล่อยทั้งหมดซึ่งมีค่า 7 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลแล้วคิดเป็น 577 ± 53 ตันคาร์บอนต่อปี โดยสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงดังภาพที่ 8

สำหรับแนวทางในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สามารถทำได้ดังนี้ วางแผนจะชดเชยค่าคาร์บอน 25,000 kg CO<sub>2</sub>-eq ต่อปี โดยแบ่งเป็น 3 ระยะเวลา ได้แก่ ในระยะสั้น ใช้วัสดุรีไซเคิล ในระยะกลาง หาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานและลดการขนส่ง และ ในระยะยาว ใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียน รวมทั้งการปลูกป่าเพื่อให้เกิดการชดเชยค่าคาร์บอน



ภาพที่ 8 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทต่างๆ ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน

ที่มา: Bezyrtzi and Strachan (2005)

Andrew et al. (2008) ได้วิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของ มหาวิทยาลัยเคปทาวน์ (UCT) โดยมีเป้าหมายที่จะเป็นองค์กรตัวอย่างในเรื่องการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม และกำหนดนโยบายการปฏิบัติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีความคิดริเริ่มการพัฒนาหลักสูตรและการวิจัยเพื่อสนับสนุนสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนในอนาคต หนึ่งในความพยายามล่าสุดที่เกิดขึ้นนี้ ได้แก่ แผนปฏิบัติการวิทยาเขตสีเขียว (Green Campus) ของมหาวิทยาลัยเคปทาวน์ จุดมุ่งหมายการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยเคปทาวน์ ไม่เพียงแต่เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และไปเปรียบเทียบกับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ แต่ยังใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญมาก ในการกำหนดแผนลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคตของมหาวิทยาลัย

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยเคปทาวน์ในปีค.ศ. 2007 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 83,400 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี จากการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัย การขนส่ง และ สินค้าและบริการเป็นร้อยละ 81, 18 และ 1 ตามลำดับ การใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในมหาวิทยาลัยเคปทาวน์ โดยคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนประมาณ 4 ตัน CO<sub>2</sub> eq ต่อคนต่อปี ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนของประเทศแอฟริกาใต้ ประมาณ 5.6 ตัน CO<sub>2</sub> eq ต่อคนต่อปี

ถ้าพิจารณาการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัยเคปทาวน์เพียงอย่างเดียว มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.2 ตัน CO<sub>2</sub> eq ต่อคนต่อปี ซึ่งสูงกว่ามหาวิทยาลัยแห่งชาติเลโซโท (National University of Lesotho's) อยู่ 0.1 ตัน CO<sub>2</sub> eq ต่อคนต่อปี แต่มีค่าต่ำกว่า Massachusetts Institute of Technology อยู่มากคือต่ำกว่า 33.1 CO<sub>2</sub> eq ต่อคนต่อปี และได้เสนอแนะว่าข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดควรจัดทำต่อเนื่องทุกปี

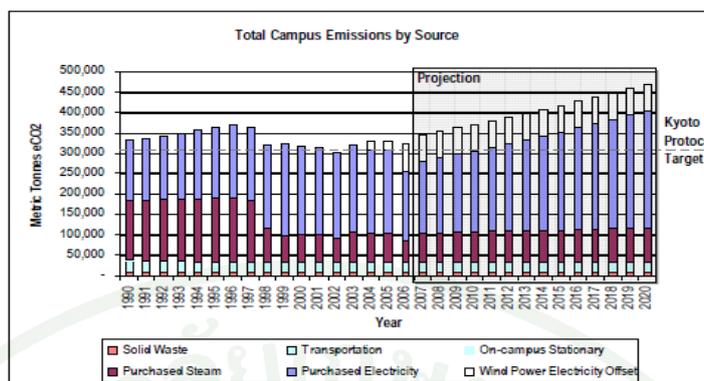
Ali et al. (2007) ได้จัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก และศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในวิทยาเขตหลักของมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้คือการวิเคราะห์แหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งวิเคราะห์โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 ศึกษาจากแหล่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และ การขนส่ง

ประเภทที่ 2 ศึกษาจากแหล่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม ซึ่งมาจากการซื้อพลังงานไฟฟ้ามาใช้ภายในมหาวิทยาลัย

ประเภทที่ 3 ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมของสถาบันการศึกษา ได้แก่ การเดินทางไปสัมมนา ทัศนศึกษา และของเสีย

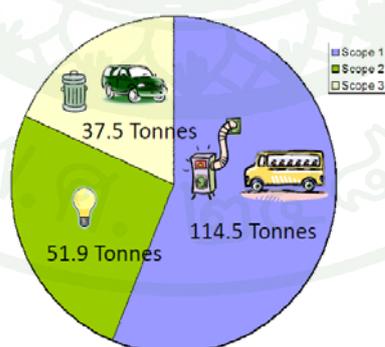
การแบ่งกิจกรรมดังกล่าว เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทต่างๆ โดยมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนียได้เริ่มใช้ข้อมูลตั้งแต่ปีค.ศ. 1990 ถึงปี ค.ศ. 2006 และมีการประมาณการถึงปีค.ศ. 2020 แสดงดังภาพที่ 9 แหล่งที่ใหญ่ที่สุดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการซื้อพลังงานไฟฟ้ามาใช้ภายในมหาวิทยาลัยซึ่งมีค่าสูงถึง 90% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ในปีค.ศ. 2001 มหาวิทยาลัยมีการจัดการสาธารณูปโภคใหม่ ในขณะที่มหาวิทยาลัยมีการเติบโตและการใช้พลังงานที่สูงขึ้น จึงได้ริเริ่มใช้พลังงานลมในปีค.ศ. 2004 ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง จากผลการศึกษานี้ทางมหาวิทยาลัยจึงมีแผนการที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคต



ภาพที่ 9 การประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีค.ศ. 2007 ถึงปี ค.ศ. 2020 ของมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย

ที่มา: Thapelo และคณะ (2008)

Stephen Boles และ คณะ (2010) ทำการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงเรียนเอกเซเตอร์ พลับบิซ (Exeter Public School) ในปีการศึกษา 2005, 2006 และ 2007 โดยให้ปีการศึกษา 2005 เป็นปีฐานในการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปีการศึกษา 2008 ซึ่งวิเคราะห์โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4 และผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสัดส่วนในกิจกรรมทั้ง 3 ประเภทแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสัดส่วนในกิจกรรมทั้ง 3 ประเภทของโรงเรียนเอกเซเตอร์ พลับบิซ

ที่มา: Stephen Boles และ คณะ (2010)

#### ตารางที่ 4 กิจกรรมที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงเรียนเอกเซเตอร์พลับบิช

รายการ	ประเภท กิจกรรม (Scope)	แหล่งข้อมูล
การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติสำหรับทำความร้อนและความเย็น	1	AMDSB (Avon Maitland District School Board)
รถรับส่งนักเรียนของโรงเรียน	1	Dennis Harris (Huron-Perth Student Transportation Services)
การเดินทางออกนอกสถานที่โดยรถโรงเรียน	1	EPS Eco-Team
การซื้อพลังงานไฟฟ้ามาใช้ภายในโรงเรียน	2	AMDSB (Avon Maitland District School Board)
ของเสียจากโรงเรียน	3	EPS Waste audit
การเดินทางไปติดต่อธุรกิจของบุคคลากร	3	EPS Eco-Team

ที่มา: Stephen Boles และ คณะ (2010)

ศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร (2552) ในรายงานการประเมินกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศปีพ.ศ. 2552 ได้กล่าวถึง ประเทศไทยได้ลงนามในกรอบการประชุมว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของสหประชาชาติ (UNFCCC) และมีบัญชีรายชื่อประเทศ รวมอยู่ในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาที่มีความเปราะบางต่อผลกระทบ ความรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยประเทศไทยไม่อยู่ในกลุ่มประเทศ Annex 1 หรือกลุ่มประเทศเงินใหม่ที่จำเป็นต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากประเทศไทยไม่ถูกจัดเป็นประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอุตสาหกรรม และประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ โดยประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นสัดส่วนเล็กน้อยของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดทั่วโลก คิดเป็นร้อยละ 1 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

ถึงแม้ประเทศไทยจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นสัดส่วนเล็กน้อยของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดทั่วโลก แต่ก็ให้ความสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย เป็นศูนย์กลางการคมนาคม การบริหารราชการ และการทำธุรกิจ จึงเป็นแหล่งสำคัญหลักของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในปี พ.ศ. 2548 มีการปล่อยก๊าซดังกล่าวมากถึง 43 ล้านตัน สูงกว่าการปล่อยรวมในเมืองโตรอนโต ที่ปล่อยเพียง 24 ล้านตัน ถึงแม้จะเป็นปริมาณการปล่อยที่น้อยกว่าปริมาณการปล่อยรวมของเมืองนิวยอร์กที่ปล่อยมากถึง 58 ล้านตัน ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรุงเทพมหานคร เทียบเท่ากับปริมาณการปล่อยของลอนดอนที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 44 ล้านตันต่อปี

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรของกรุงเทพมหานครเมื่อเปรียบเทียบกับเมืองโตรอนโต นิวยอร์ก และลอนดอน แสดงในตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรุงเทพมหานครและเมืองโตรอนโต นิวยอร์ก และลอนดอน

เมือง	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปี (ล้านตัน CO <sub>2</sub> eq/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนต่อปี (ตัน CO <sub>2</sub> eq/คน/ปี)
กรุงเทพมหานคร	43	7.1
โตรอนโต	24	9.6
นิวยอร์ก	58	7.1
ลอนดอน	44	5.9

ที่มา: ศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร (2552)

บุญจิรา (2554) ได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเสนอแนะทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้การหลักการรอยเท้าคาร์บอนเป็นเครื่องมือในการประเมิน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยจากภาควิชาในปี 2009 เท่ากับ 138.6 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่ากับปี ซึ่งพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยคิดเป็น 85.2 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี หรือเท่ากับร้อยละ 61.5 รองลงมา คือการขนส่ง การจัดการของเสีย และการใช้วัสดุ คิดเป็น 43.3, 9.5 และ 0.6 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี เมื่อคำนวณออกมาเป็นร้อยละต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด จะเท่ากับร้อยละ 31.3, 6.8 และ 0.4 ตามลำดับ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. ฮาร์ดแวร์

1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ Compaq ฮาร์ดแวร์ Intel Centrino2 Inside ระบบปฏิบัติการ Microsoft XP Professional

#### 2. ซอฟต์แวร์

2.1 โปรแกรม Microsoft Word 2003 และ 2007

2.2 โปรแกรม Microsoft Excel 2003 และ 2007

2.3 โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 7.2

2.4 โปรแกรม AutoCAD 2010

#### 3. เครื่องมือวัด

3.1 เครื่องวัดแสง (Lux Meter) ยี่ห้อ Extech Instrument รุ่น Model 401025

3.2 เครื่องนับจำนวนครั้งการใช้ลิฟต์แบบดิจิทัล (Digital Counter)

### วิธีการ

งานวิจัยนี้ศึกษาวิเคราะห์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ในระหว่างเดือน มิถุนายน 2553 ถึง เดือนตุลาคม 2554 ตามมาตรฐานแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย (2554), The Greenhouse Gas Protocol ของ World Business Council for Sustainable Development (2004), ISO 14064 Part 1 (2006) และ ISO/CD 14069 (2011) โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะคำนวณออกมาในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งพิจารณาจากก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ชนิด ตามที่กำหนดในพิธีสารเกียวโต

## 1. การกำหนดขอบเขตของงานวิจัย

### 1.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundaries)

ในงานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจก แบบควบคุมการดำเนินงานองค์กร (Operational Control) โดยประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นที่ตั้งของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานของภาควิชาฯ โดยไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยงานต่างๆ ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่อาคาร 1 แต่ทางภาควิชาฯ ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน ได้แก่ ห้องโครงการภาคพิเศษของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ร้านถ่ายเอกสารชั้น 1 ห้องเรียนของโครงการวิศวกรรมความปลอดภัย ห้องเรียน และห้องประชุมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยขอบเขตที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ภาพที่ 11



อาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาพที่ 11 ที่ตั้งของอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่มา: Google Map (2012)

ภาควิชาวิศวกรรมเคมีเป็นอาคาร 5 ชั้น ตั้งอยู่ ณ อาคาร 1 ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มีพื้นที่ใช้สอยทั้งสิ้น 7,100 ตารางเมตร จำนวนจำนวน นิสิต อาจารย์ และบุคลากรในปีการศึกษา 2553 และ ภาคต้น ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 6

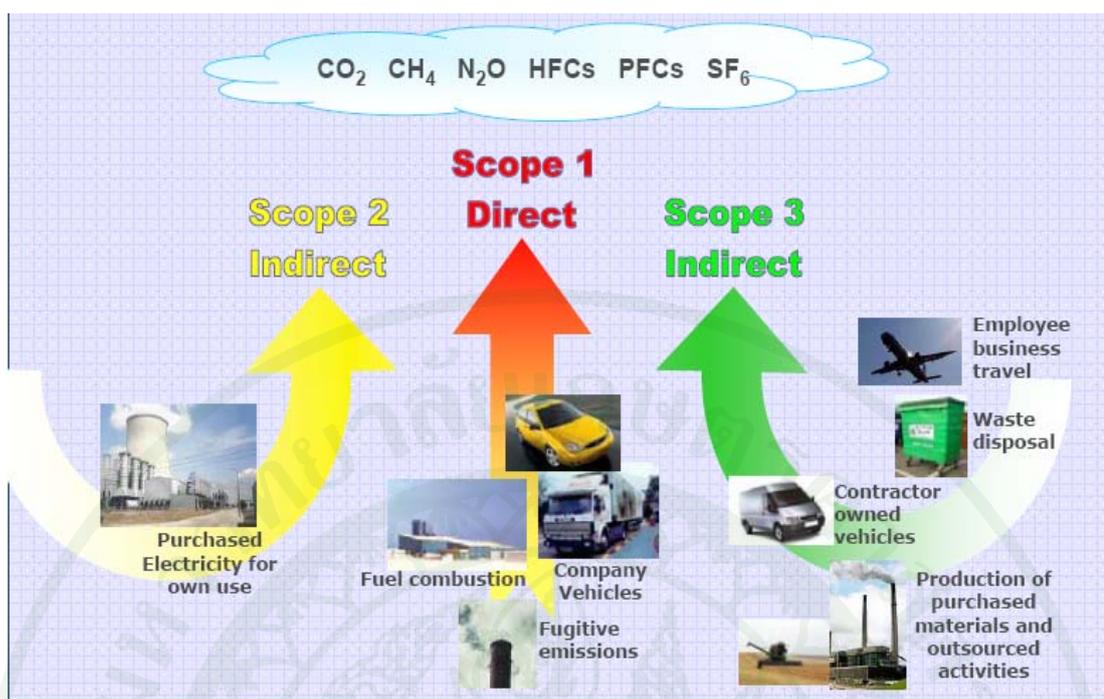
ตารางที่ 6 จำนวนนิสิต อาจารย์ และบุคลากรในปีการศึกษา 2553 และ ภาคต้น ปีการศึกษา 2554

นิสิต/อาจารย์/บุคลากร	ปีการศึกษา 2553		ปีการศึกษา 2554
	ภาคต้น	ภาคปลาย	ภาคต้น
นิสิตระดับปริญญาตรี	352	350	371
นิสิตระดับปริญญาโท	56	53	70
นิสิตระดับปริญญาเอก	12	12	15
อาจารย์	22	22	24
บุคลากร	12	12	12
รวม	454	445	492

ที่มา: ชุกรการภาควิชาวิศวกรรมเคมี (2554)

## 1.2 การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundaries)

ในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน ต้องระบุกิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับ ก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร สามารถแบ่งกิจกรรมออกได้เป็น 3 ประเภท ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การกำหนดขอบเขตของกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: Carbon Reduction Challenge (2011)

1.2.1 ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทางตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในภาควิชาฯ

1.2.2 ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในภาควิชาฯ

1.2.3 ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งภาควิชาฯ สามารถวัดหรือประเมินเพื่อการรายงานผลเพิ่มเติมได้ โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ

### 1.3 การตั้งสมมติฐานและข้อจำกัดในงานวิจัย (Assumption and limitation)

1.3.1 ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ของประเทศไทย จากฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) รวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก เป็นหลัก แต่มีข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกบางส่วน ที่ประเทศไทยยังไม่มีกรรวบรวมไว้ จึงจำเป็นต้องใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูปไซมาโปร 7.2 (Simapro 7.2) โดยใช้วิธี IPCC 2007 GWP 100a และ MS Excel ในการวิเคราะห์ผลการศึกษา

1.3.2 ข้อมูลการรั่วไหลของสารทำความเย็นเป็นข้อมูลที่ประมาณจากการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ โดยตั้งสมมติฐานว่าถ้ามีการเติมสารทำความเย็นหรือซ่อมคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศทุกๆ 10,000 BTU จะใช้สารทำความเย็นประมาณ 1 กิโลกรัม

1.3.3 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร 1 เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า 2 ตัว โดยมิเตอร์ตัวที่ 1 เป็นมิเตอร์ที่ใช้ในอาคาร 1 เท่านั้น (ชั้น 1 ถึง ชั้น 4) ส่วนมิเตอร์ตัวที่ 2 เป็นมิเตอร์ที่ใช้กับอาคาร 1 ชั้น 5 และ อาคาร 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการคำนวณหาค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในชั้น 5 ของอาคาร 1 จากข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคาร 1 และ อาคาร 3 จากงานการอนุรักษ์พลังงานปีพ.ศ. 2549 ของสถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.4 ปริมาณของเสียที่ส่งไปให้ทางกรุงเทพมหานครกำจัดเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะภายในเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 และใช้ข้อมูลนี้เป็นตัวแทนข้อมูลปริมาณขยะของภาควิชาฯ ในแต่ละเดือน

1.3.5 การเดินทางจากที่พักของนิสิตทุกระดับชั้น บุคลากร และอาจารย์ เพื่อมาศึกษาและทำงานที่ภาควิชาฯ เก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 โดยการสุ่มตัวอย่างดังนี้

- นิสิตปริญญาตรีชั้นปี 2, 3 และ 4 สุ่มตัวอย่างในแต่ละชั้นปีโดยแบ่งเป็นภาค  
ปกติ นิสิตชาย 15 คน นิสิตหญิง 15 คน และ ภาคพิเศษ นิสิตชาย 15 คน  
นิสิตหญิง 15 คน
- นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา สุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น ชาย 20 คน หญิง 20 คน
- บุคลากร สุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น ชาย 3 คน หญิง 3 คน
- อาจารย์ สุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น ชาย 8 คน หญิง 8 คน

จากนั้นนำข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยการเดินทางไปกลับ  
จากที่พักเพื่อศึกษาและทำงานที่ภาควิชาฯ

## 2. การจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

หลังจากที่กำหนดขอบเขตของการศึกษาแล้ว ขั้นตอนถัดมาก็คือ การจัดทำบัญชีรายการ  
ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ และการได้มา  
ซึ่งข้อมูลของภาควิชาวิศวกรรมเคมี โดยข้อมูลกิจกรรมแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ  
และ ข้อมูลทุติยภูมิ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเคมี ทั้ง 3 ประเภท การได้มาของข้อมูล และประเภทของข้อมูล

ประเภทของกิจกรรม	รายการ	การได้มาของข้อมูล
ประเภทที่ 1	การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากก๊าซหุงต้มเพื่อผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำ *	จากใบเสร็จการสั่งซื้อ
	การเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องปฏิบัติการต่างๆ *	แบบสอบถาม
	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อัดต่อจากการใช้เครื่องมือชนิดต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ *	แบบสอบถาม
	การรั่วไหลของสารทำความเย็น *	บันทึกข้อมูลการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า *	จากใบเสร็จค่าไฟฟ้า
	สัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 1 และ อาคาร 3 ของปี พ.ศ. 2549 **	สถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประเภทที่ 3	การใช้กระดาษ A4 80 แกรมของธุรการภาควิชาฯ *	จากใบเสร็จการสั่งซื้อ
	การเดินทางจากที่พักเพื่อมาที่ภาควิชาฯ ของทุกคน*	แบบสอบถาม
	การใช้น้ำประปา *	จดบันทึกจากมาตรวัด
	ปริมาณของเสียที่ส่งให้ กทม. กำจัด *	จดบันทึก และเก็บตัวอย่าง
	ปริมาณขวด PET ที่ส่งไปรีไซเคิล *	จดบันทึก และเก็บตัวอย่าง
	ปริมาณขวดแก้ว ที่ส่งไปรีไซเคิล *	จดบันทึก และเก็บตัวอย่าง
	การใช้สารเคมีในห้องปฏิบัติการ *	ข้อมูลมูลบันทึก
	ปริมาณของเสียจากห้องปฏิบัติการ (ของเสียจากสารเคมี) *	ข้อมูลการกำจัดของเสียที่ส่งให้บริษัทกำจัดของเสีย
การใช้ก๊าซอัดต่อชนิดต่างๆในห้องปฏิบัติการ *	จากใบเสร็จการสั่งซื้อ	

หมายเหตุ \* ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ และ \*\* ได้แก่ ข้อมูลทุติยภูมิ

### 3. การคำนวณหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของภาคต่างๆ คำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กรคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตันหรือกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub> equivalent) ดังแสดงในสมการที่ 1

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (1)

#### 3.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมในงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมจาก ข้อมูลแบบสอบถาม ข้อมูลการตรวจวัด ข้อมูลการคำนวณ และ ข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงและงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

#### 3.2 ค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

ค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) คือ จำนวนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยของข้อมูลของกิจกรรม เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ จะใช้ CO<sub>2</sub> เป็นตัวแทนของก๊าซเรือนกระจก โดยค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เป็นข้อมูลที่ต้องทำการหาจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ซึ่งมีหลายแหล่ง โดยมีหลักการในการเลือกดังนี้

- ทราบแหล่งที่มาของข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก
- ข้อมูลมีคุณภาพและน่าเชื่อถือ
- เป็นค่าปัจจุบันขณะที่ใช้คำนวณ

- มีความเหมาะสมใช้กับแหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกในแต่ละแหล่ง
- คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง

ในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้ สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรม และกระบวนการย่อยที่ไม่ได้อยู่ในการควบคุมโดยตรงขององค์กร โดยค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่แล้วตามแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ หากเรียงตามลำดับความสำคัญ ความน่าเชื่อถือ และคุณภาพของข้อมูลได้ดังนี้

1. ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ
2. ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
3. ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศ ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)
4. ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปไซมาโปร 7.2 เป็นต้น
5. ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของสหประชาชาติ

#### 4. การกำหนดเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากขั้นตอนการคำนวณหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ นั้นทำให้ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากภาควิชาวิศวกรรมเคมี ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีขั้นตอนดังนี้

##### 4.1 การกำหนดปีฐาน (Base year)

เพื่อให้เกิดการพัฒนาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มีประสิทธิภาพขององค์กร สามารถทำการเปรียบเทียบสถานภาพปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนเองได้ โดยการกำหนดปีฐานสำหรับเปรียบเทียบข้อมูลบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณ ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ในกรณีที่ไม่เคยเก็บข้อมูลและทำการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรมาก่อน องค์กรอาจกำหนดปีฐาน จากปีที่เริ่มทำการเก็บข้อมูลเพื่อการคำนวณได้ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดปีฐานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เป็นปีการศึกษา 2553

##### 4.2 กำหนดเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กำหนดเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการกำหนดเป้าหมาย จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

4.2.1. กำหนดแบบการระบุค่าลงไปโดยไม่นำปัจจัยอื่นๆเข้าไปเกี่ยวข้อง (Absolute Target) เช่น ไม่คำนึงถึงเรื่องจำนวนนิสิต หรือ จำนวนบุคลากร หรือ การเติบโตขององค์กร เช่น ลดจากปีฐานร้อยละ 5

4.2.2. กำหนดแบบนำปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้องกับเป้าหมายด้วย (Rate Base Target) เช่น ลดการปล่อย CO<sub>2</sub> ต่อจำนวนบุคลากรลงร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับ ค่าจำนวนการปล่อย CO<sub>2</sub> ต่อบุคลากรของ ปีฐาน

งานวิจัยนี้ได้กำหนดเป้าหมายแบบการระบุค่าลงไปโดยไม่นำปัจจัยอื่นๆ เข้าไปเกี่ยวข้อง โดยตั้งเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงจากปีฐานร้อยละ 5 ภายในระยะเวลา 5 ปี

เพื่อให้สอดคล้องกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศที่พัฒนาแล้ว

## 5. กำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อทำการกำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดมาตรการเพื่อทำการลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยวิธีการมี 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

5.1 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายในองค์กร (Internal Reduction) เป็นการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง ภายในภาควิชาวิศวกรรมเคมี

5.2 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการทำให้โครงการที่ไม่ได้เป็นพันธกิจขององค์กรหรือออฟเซต (Offset) เช่น การปลูกป่า เพื่อดูดซับก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยปกติควรทำ การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายในองค์กรเป็นลำดับต้นก่อน แต่ใช้วิธีการออฟเซต เป็นวิธีการเสริม

## 6. ศึกษาผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการที่นำเสนอเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

งานวิจัยนี้คำนวณหาผลตอบแทนการลงทุน โดยวิธีการหาระยะเวลาคืนทุน (Simple Pay Back) ในการศึกษาถึงผลตอบแทนของมาตรการที่นำเสนอเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง

### 6.1 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่โครงการใช้ในการจ่ายคืนเงินลงทุนเริ่มต้นของโครงการซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{เงินลงทุนเริ่มต้น} / \text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิเฉลี่ยต่อปี} \quad (2)$$

- เงินลงทุนเริ่มต้น ประกอบด้วย ค่าอุปกรณ์ และค่าติดตั้ง

- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิเฉลี่ยต่อปี คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ประหยัดได้เฉลี่ย ต่อปีหลังจากหักค่าใช้จ่ายจากการดำเนินการและการบำรุงรักษาแล้ว

ระยะเวลาคืนทุนสำหรับโครงการประหยัดพลังงานที่ยอมรับได้ โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 5 ปี ขึ้นอยู่กับขนาดของโครงการ ถ้าโครงการมีขนาดใหญ่ เงินลงทุนสูง อายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี ระยะเวลาคืนทุนที่ยอมรับได้อาจมากกว่า 5 ปี

### สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินงาน

สถานที่เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน (เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 66-2942-8555 ต่อ 1204)

### ระยะเวลาในการดำเนินงาน

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1: ตรวจสอบเอกสาร

- รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2: กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

### ขั้นตอนที่ 3: การรวบรวมข้อมูล

- ติดต่อเพื่อขอความร่วมมือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ
- สํารวจและเก็บรวบรวมข้อมูล

### ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์และการประเมินผล

- ทำการวิเคราะห์ผลที่เก็บรวบรวมได้
- พิจารณาถึงวัตถุประสงค์และ ขอบเขตของงานวิจัย เพื่อให้ได้ข้อสรุป

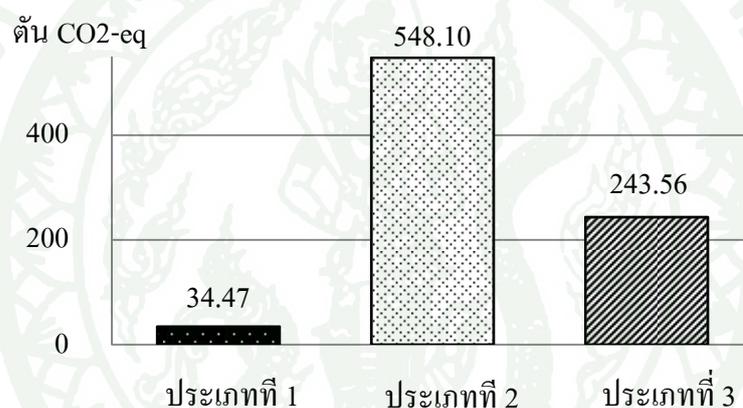
### ขั้นตอนที่ 5: การสรุปผลของการศึกษาและเขียนรายงาน

ขั้นตอน	ระยะเวลาในการดำเนินงาน												
	พ.ศ.2554										พ.ศ.2555		
	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1													
2													
3													
4													
5													

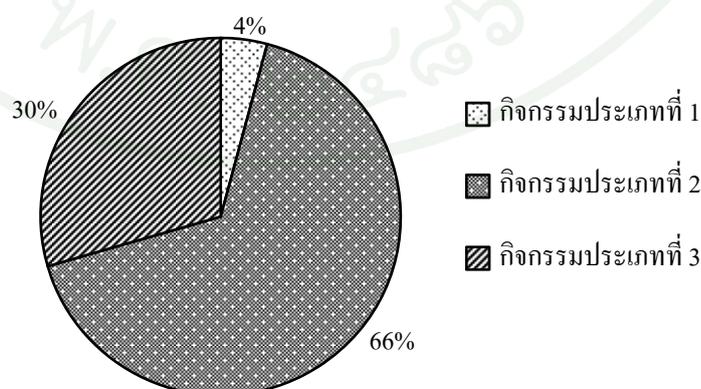
## ผลและวิจารณ์

### 1. ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ

ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของภาควิชาวิศวกรรมเคมี โดยแบ่งกิจกรรม ออกเป็น 3 ประเภท ในปีการศึกษา 2553 ช่วงระยะเวลาเดือน มิถุนายน 2553 ถึง เดือน พฤษภาคม 2554 แสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ก. ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรม ประเภทที่ 1, 2 และ 3 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 34.47, 548.10 และ 243.56 ตัน CO<sub>2</sub> eq ต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 4, 66 และ 30 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 13 และ 14



ภาพที่ 13 ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ในปีการศึกษา 2553 โดยแบ่งกิจกรรมเป็น 3 ประเภท



ภาพที่ 14 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมแต่ละประเภท

ในปีการศึกษา 2553 ภาควิชาวิศวกรรมเคมีปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 826.13 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี หรือคิดเป็น 1.85 ตัน CO<sub>2</sub> eq/คน/ปี เมื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับสถาบันการศึกษาอื่นๆ พบว่าภาควิชาวิศวกรรมเคมีปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าใกล้เคียงสถาบันการศึกษาอื่นๆ ยกเว้น ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เนื่องจากภาควิชาสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่ได้คิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมประเภทที่ 1 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักกับภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ของนิสิต อาจารย์ และบุคลากรทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 8

**ตารางที่ 8** เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กับมหาวิทยาลัยอื่นๆ

สถาบันการศึกษา	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคน (kg CO <sub>2</sub> eq/คน/ปี)	ปี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	1.85	2011
มหาวิทยาลัยพะเยา	1.9	2007
มหาวิทยาลัยเพชรบูรณ์	2.1	2007
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน	2.73	2008
มหาวิทยาลัยเคปทาวน์	3.2	2011
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	0.4	2011
ค่าเฉลี่ยของคนทั้งโลก	1.23	2008

ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมีในปีการศึกษา 2553 โดย  
จำแนกรายละเอียดกิจกรรมแต่ละประเภท แสดงดังตารางที่ 9

**ตารางที่ 9** ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ปีการศึกษา 2553 โดยจำแนก  
รายละเอียดกิจกรรมแต่ละประเภท

ประเภท ของ กิจกรรม	รายการ	ปริมาณใน เวลา 1 ปี	หน่วย (Unit)	แฟกเตอร์การ ปล่อย(kg CO <sub>2</sub> eq/Unit)	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq)
ประเภทที่ 1	การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากก๊าซหุงต้ม เพื่อผลิตไอน้ำ	480	kg	3.113	1.49
	การเผาไหม้ซังข้าวโพดใน ห้องปฏิบัติการ	50	kg	0.980	0.05
	การเผาไหม้ฟืนในห้องปฏิบัติการ	80	kg	1.822	0.15
	การรั่วไหลของสารทำความเย็น	18.07	kg	1,810	32.71
	การปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> จากการใช้ เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ	75	kg	1	0.08
	รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 1				34.47
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	977,082	kwh	0.561	548.10
	รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 2				548.10

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ประเภท ของ กิจกรรม	รายการ	ปริมาณ	หน่วย (Unit)	แฟกเตอร์การ ปล่อย (kg CO <sub>2</sub> eq/Unit)	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq)
ประเภทที่ 3	การใช้กระดาษ A4 (80 แกรม) ของ บุคลากรภาควิชาฯ	230.81	kg	0.735	0.17
	การเดินทางไปกลับจากที่พักเพื่อมาที่ ภาควิชาฯ ของทุกคน	(หลายค่า)	km	(หลายค่า)	208.48
	การใช้น้ำประปา	12095.28	m <sup>3</sup>	0.0264	0.32
	ปริมาณของเสียที่ส่งให้ กทม. กำจัด	(หลายค่า)	kg	(หลายค่า)	44.90
	ปริมาณขวด PET ที่ส่งไปรีไซเคิล	3793.37	kg	-3.04	-11.53
	ปริมาณขวดแก้ว ที่ส่งไปรีไซเคิล	2370.86	kg	-1.19	-2.82
	การใช้สารเคมีในห้องปฏิบัติการ	(หลายค่า)	kg	(หลายค่า)	0.35
	ปริมาณของเสียจากห้องปฏิบัติการ (ของเสียจากสารเคมี)	(หลายค่า)	kg	(หลายค่า)	1.09
	การใช้ก๊าซ อัดที่ชนิดต่างๆใน ห้องปฏิบัติการ	(หลายค่า)	kg	(หลายค่า)	2.60
รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 3					243.56

หมายเหตุ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงละเอียดในภาคผนวก ก.

จากผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ใน  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี เมื่อพิจารณาสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมแต่ละ  
ประเภท ในกิจกรรมประเภทที่ 1 พบว่า กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดได้แก่ การ  
รั่วไหลของสารทำความเย็นคิดเป็นร้อยละ 94.9 รองลงมาคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากก๊าซหุงต้ม  
เพื่อผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำคิดเป็นร้อยละ 4.3 การเผาไหม้ชีวมวล (ฟืนและซังข้าวโพด) ใน  
ห้องปฏิบัติการ และการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> อัดที่จากการใช้เครื่องมือต่างๆ มีเพียงร้อยละ 0.6 และ 0.2  
ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 15

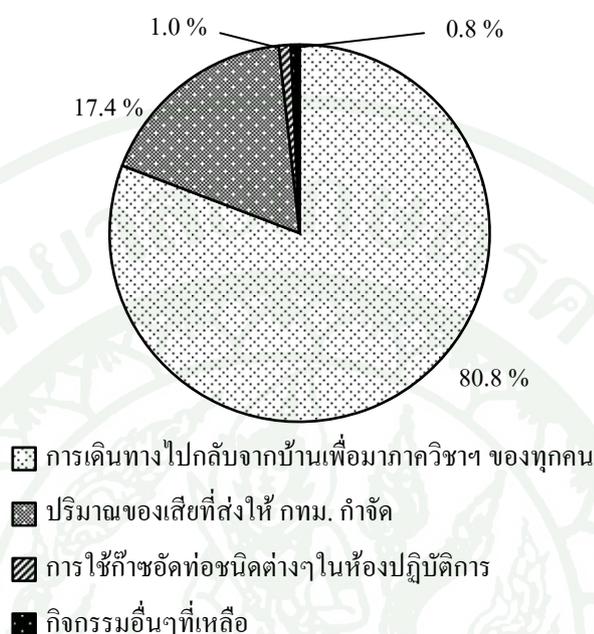


ภาพที่ 15 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมประเภทที่ 1

ในกิจกรรมประเภทที่ 2 มีเพียงกิจกรรมชนิดเดียวเท่านั้น ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดจากกิจกรรมทั้งหมดของภาควิชาฯ โดยอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมด 1,024,362 kwh หรือคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 574.67 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี ถ้าไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยงานต่างๆ ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่อาคาร 1 แต่ทางภาควิชาฯ ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน ได้แก่ ห้องโครงการภาคพิเศษนิติระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ร้านถ่ายเอกสารชั้น 1 ห้องเรียนของโครงการวิศวกรรมความปลอดภัย ห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ และห้องประชุมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 47,359 kwh หรือคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 26.57 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี (ค่าดังกล่าวมาจากผลการคำนวณหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 1) ดังนั้นภาควิชาวิศวกรรมเคมี ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 997,082 kwh และคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 548.10 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี หรือคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 76 ของกิจกรรมทั้งหมด

เมื่อพิจารณาสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกิจกรรมประเภทที่ 3 กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดได้แก่ การเดินทางไปกลับจากที่พักเพื่อมาที่ภาควิชาฯ ของทุกคน คิดเป็นร้อยละ 80.8 รองลงมาคือ ปริมาณของเสียที่ส่งให้กทม.กำจัดคิดเป็นร้อยละ 17.4 การปล่อย

ก๊าซ CO<sub>2</sub> อดต่อจากการใช้เครื่องมือต่างๆในห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 1.0 โดยกิจกรรมอื่นๆที่เหลือมีการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพียงร้อยละ 0.8 เท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 16



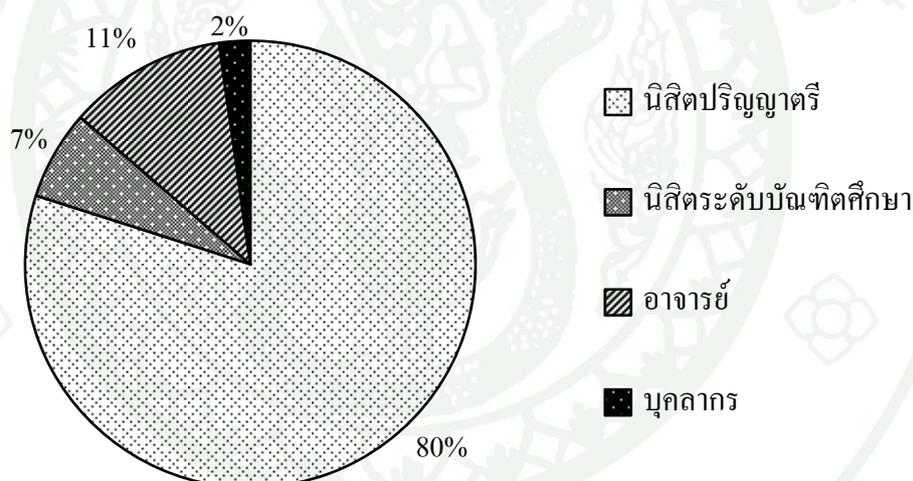
ภาพที่ 16 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมประเภทที่ 3

กิจกรรมประเภทที่ 3 ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดคิดเป็น 257.91 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี ซึ่งยังไม่ได้คิดรวมกิจกรรมที่มีการดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกจากปริมาณขยะขวด PET และปริมาณขยะขวดแก้ว ที่ส่งไปรีไซเคิล คิดเป็น -11.53 และ -2.82 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี ตามลำดับ จึงทำให้ปริมาณรวมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมประเภทที่ 3 คิดเป็น 243.56 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี

เมื่อพิจารณากิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างภาควิชาวิศวกรรมเคมีกับที่พัก ของนิสิตระดับปริญญาตรี นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ และบุคลากร มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แสดงดังตารางที่ 10 และ ภาพที่ 17

ตารางที่ 10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการเดินทางไปกลับระหว่างภาควิชา  
วิศวกรรมเคมีกับที่พักของทุกคน

นิสิต อาจารย์ และบุคลากร	จำนวน	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตัน CO2 eq/year)
นิสิตปริญญาตรี	352	83.36
นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา	68	6.71
อาจารย์	23	11.85
บุคลากร	12	2.32
รวม	454	208.48



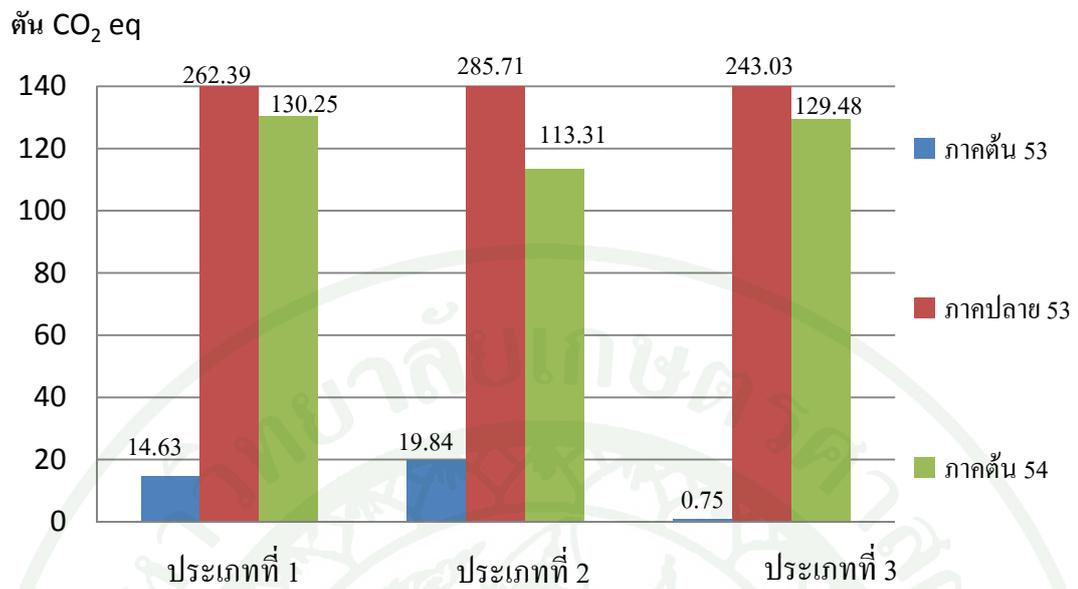
ภาพที่ 17 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางระหว่างที่พักกับภาควิชาของทุกคน

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในกิจกรรมประเภทที่ 1 ประเภทที่ 2 และประเภทที่ 3 ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็น การใช้พลังงานไฟฟ้า และการเดินทางไปกลับจากที่พักเพื่อมาที่ภาควิชาฯ ของทุกคนคิดเป็นร้อยละ 4, 70 และ 26 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 18

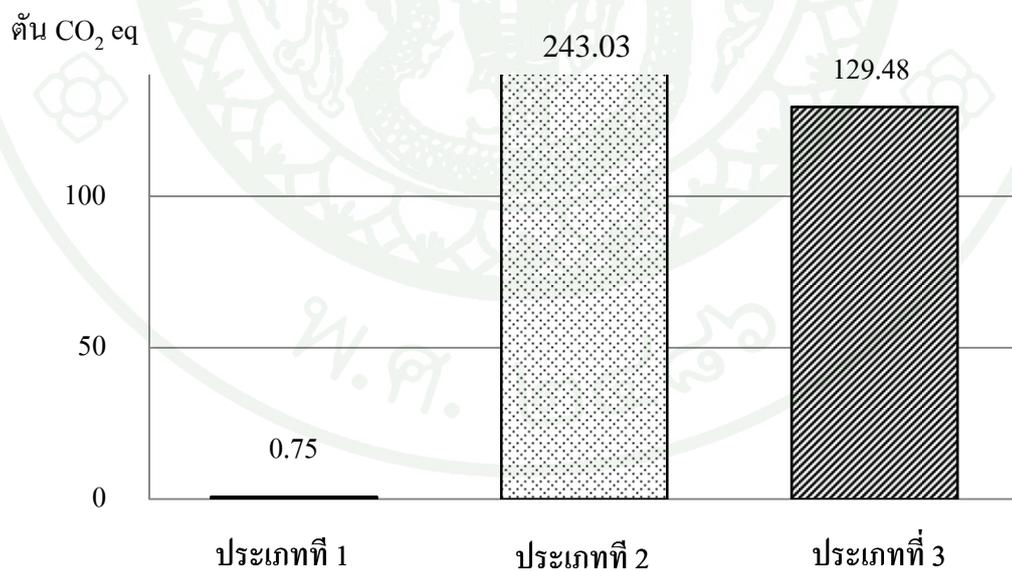


**ภาพที่ 18** สัดส่วนของกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในกิจกรรมประเภทที่ 1 ประเภทที่ 2 และ ประเภทที่ 3

ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของภาควิชาวิศวกรรมเคมี โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภท ในปีการศึกษา 2553 และ 2554 ภาคต้น ในช่วงระยะเวลาเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554 แสดงดังภาพที่ 19 พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมประเภทที่ 2 และ 3 ของแต่ละภาคเรียนมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นกิจกรรมประเภทที่ 1 ของ ภาคต้น ปีการศึกษา 2554 มีค่าต่ำกว่ากิจกรรมประเภทที่ 1 ของภาคเรียนอื่นๆ เนื่องจาก ภาคต้น ปีการศึกษา 2554 ไม่มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมประเภทที่ 1 จึงทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ รายละเอียดกิจกรรมของภาคต้น ปีการศึกษา 2554 แสดงดังภาพที่ 20 และ ตารางที่ 11



ภาพที่ 19 เปรียบเทียบผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ภาคต้น และภาคปลาย ปีการศึกษา 2553 และ ภาคต้น ปีการศึกษา 2554 โดยจำแนกเป็นกิจกรรม ทั้ง 3 ประเภท



ภาพที่ 20 ผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ในปีการศึกษา 2554 ภาคต้น โดยจำแนกเป็น 3 ประเภท

ตารางที่ 11 ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ปีการศึกษา 2554 ภาคต้น โดย  
จำแนกรายละเอียดกิจกรรมแต่ละประเภท

ประเภทของ กิจกรรม	รายการ	ปริมาณ	หน่วย (Unit)	แฟกเตอร์การ ปล่อย (kg CO <sub>2</sub> eq/Unit)	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> eq)
ประเภทที่ 1	การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากก๊าซหุง ต้ม เพื่อผลิตไอน้ำ	240	kg	3.113	0.75
	การเผาไหม้ซังข้าวโพดใน ห้องปฏิบัติการ	0	kg	0.980	0
	การเผาไหม้ฟืนใน ห้องปฏิบัติการ	0	kg	1.822	0
	การรั่วไหลของสารทำความเย็น	0	kg	1,810	0
	การปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> จากการใช้ เครื่องมือต่างๆในห้องปฏิบัติการ	0	kg	1	0
	รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 1				
ประเภทที่ 2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	433,206	kwh	0.561	243.03
	รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 2				

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ประเภทของกิจกรรม	รายการ	ปริมาณ	หน่วย (Unit)	แฟกเตอร์การปล่อย (kg CO2 eq/Unit)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO2 eq)	
ประเภทที่ 3	การใช้กระดาษ A4 (80 แกรม) ของธุรการภาควิชาฯ	110	kg	0.735	0.08	
	การเดินทางไปกลับจากบ้านเพื่อมาภาควิชาฯ ของทุกคน	(หลายค่า)	km	(หลายค่า)	112.97	
	การใช้น้ำประปา	6,000	m3	0.0264	0.16	
	ปริมาณของเสียที่ส่งให้ กทม. กำจัด	(หลายค่า)	kg	(หลายค่า)	22.45	
	ปริมาณขวด PET ที่ส่งไป Recycle	3,793	kg	-3.04	-5.77	
	ปริมาณขวดแก้ว ที่ส่งไป Recycle	2,371	kg	-1.19	-1.41	
	การใช้สารเคมีในห้องปฏิบัติการ	(หลายค่า)	kg	(หลายค่า)	0.17	
	ปริมาณของเสียจากห้องปฏิบัติการ (ของเสียจากสารเคมี)	(หลายค่า)	kg	(หลายค่า)	0.55	
	การใช้ก๊าซอัดที่ชนิดต่างๆในห้องปฏิบัติการ	(หลายค่า)	kg	(หลายค่า)	0.28	
	รวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมประเภทที่ 3					129.48

หมายเหตุ ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงละเอียดในภาคผนวก ก.

## 2. กำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

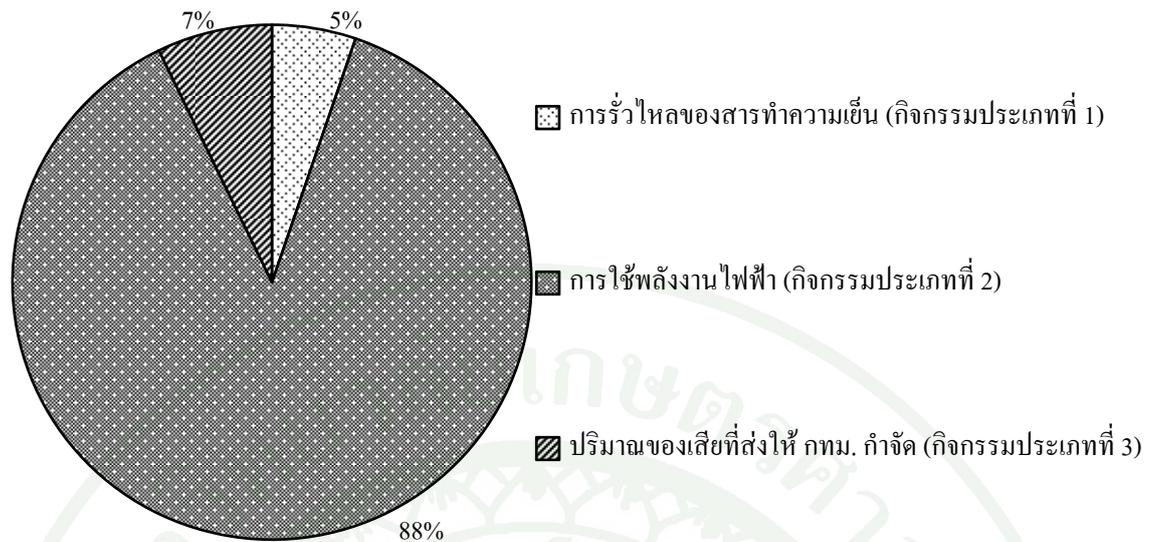
งานวิจัยนี้กำหนดเป้าหมายลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบการระบุค่าลงไปโดยไม่นำปัจจัยอื่นๆ เข้าไปเกี่ยวข้อง โดยตั้งเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปีฐานร้อยละ 5 ภายในระยะเวลา 5 ปี เพื่อให้สอดคล้องกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศที่พัฒนาแล้ว

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยแบ่งเป็นวิธีการ 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในภาควิชาฯ (Internal Reduction) และการทำคาร์บอนออฟเซต (Carbon Offset)

### 2.1 การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในภาควิชาฯ

งานวิจัยนี้กำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงในภาควิชาฯ 3 ลำดับ ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณของเสียที่ส่งให้กรุงเทพมหานครกำจัด และการรั่วไหลของสารทำความเย็น ตามลำดับสาเหตุที่ไม่เลือกกิจกรรม การเดินทางไปกลับจากที่พักเพื่อมายังภาควิชาฯของทุกคน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเดินทางของแต่ละบุคคล ให้เลือกเดินทาง โดยวิธีการเดินทางที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำนั้นเป็นสิ่งที่ควบคุมยาก

สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณของเสียที่ส่งให้กรุงเทพมหานครกำจัด และการรั่วไหลของสารทำความเย็น แสดงดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณของเสียที่ส่งให้ กรุงเทพมหานครกำจัด และ การรั่วไหลของสารทำความเย็น

## 2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของภาควิชาวิศวกรรมเคมี

การที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในภาควิชาฯ จำเป็นต้องทราบถึงแหล่งที่มาของการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อน โดยสามารถแบ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆภายในภาควิชาวิศวกรรมเคมีออกเป็น 4 ระบบ ดังนี้

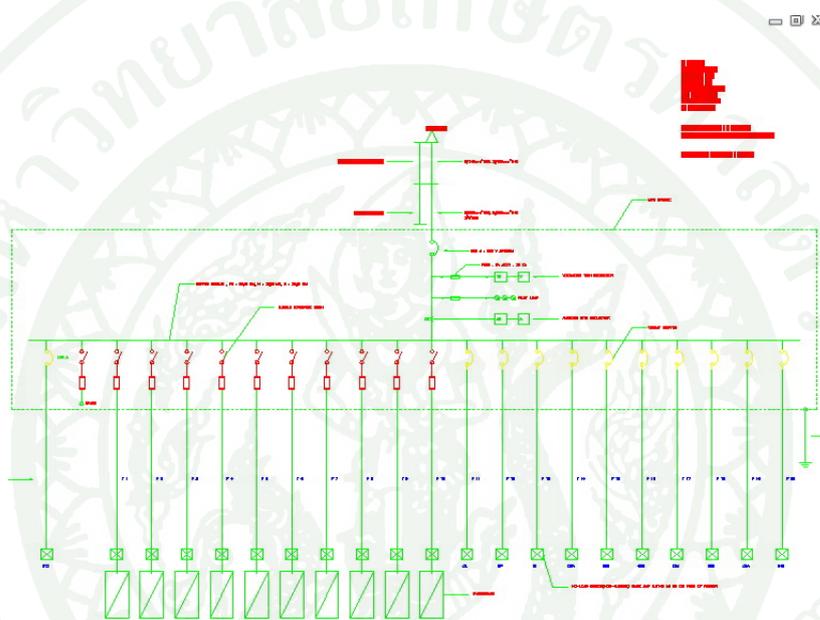
### 2.2.1 ระบบปรับอากาศ

### 2.2.2 ระบบแสงสว่าง

### 2.2.3 ลิฟต์โดยสาร

### 2.2.4 ระบบอื่นๆ (คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สำนักงาน เครื่องมือวิจัย ปั่นน้ำ ฯลฯ)

จากการศึกษาผู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ Single Line Diagram ดังแสดงในภาพที่ 22 พบว่า ไม่ได้มีการแบ่งระบบไฟฟ้าแต่ระบบแยกออกจากกัน จึงไม่สามารถใช้อุปกรณ์วัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากผู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยตรง งานวิจัยนี้จึงหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ จากการนับอุปกรณ์ไฟฟ้า (LOAD) ของการใช้พลังงานไฟฟ้า และตั้งสมมติฐานเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน ดังจะกล่าวรายละเอียดในลำดับถัดไป



ภาพที่ 22 ระบบไฟฟ้าของอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์

### 2.2.1 ผลการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

ผลการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศทั้งหมดของอาคาร 1 ซึ่งแสดงแผนผังการติดตั้งของเครื่องปรับอากาศ และรายละเอียดของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง ในภาคผนวก ข. งานวิจัยนี้ได้แบ่งกลุ่มโดยประเภทของห้องเป็นเกณฑ์เพื่อง่ายต่อการประมาณเวลาที่ใช้เครื่องปรับอากาศในแต่ละวัน ซึ่งจะนำเวลาที่ใช้เครื่องปรับอากาศภายในห้องแต่ละประเภท คำนวณเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไป ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เวลาที่ใช้เครื่องปรับอากาศภายในห้องแต่ละประเภท

ประเภทของห้อง	จำนวนชั่วโมงการใช้งานต่อวัน
ห้องเรียน	$7 \pm 2$
ห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากร และห้องธุรการ	$8 \pm 2$
ห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน	$10 \pm 2$
ห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ	$6 \pm 2$
ห้องประชุม และ ห้องที่มีการใช้งานน้อย	$3 \pm 2$

หมายเหตุ จำนวนชั่วโมงการใช้งานต่อวันเป็นค่าประมาณจากการทำแบบสอบถาม

จากการแบ่งกลุ่มห้องเป็น 5 กลุ่ม สามารถคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศในแต่ละเครื่องของภาควิชาฯ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในภาคผนวก ค. ผลที่ได้จากการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยแบ่งกลุ่มจากประเภทห้องเป็นเกณฑ์ และแยกตามขนาดเครื่องปรับอากาศมีดังนี้

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากร และห้องธุรการ จากเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ รวมทั้งหมด 44 เครื่อง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $121,147 \pm 30,705$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $67.96 \pm 17.23$  ตัน  $\text{CO}_2 \text{ eq/ปี}$  และอัตราค่าไฟฟ้า  $332,075 \pm 84,164$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 13

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องเรียน จากเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ รวมทั้งหมด 15 เครื่อง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $56,159 \pm 16,298$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $31.51 \pm 9.14$  ตัน  $\text{CO}_2 \text{ eq/ปี}$  และอัตราค่าไฟฟ้า  $153,937 \pm 44,674$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 14

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน จากเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ รวมทั้งหมด 30 เครื่อง มีการใช้พลังงานไฟฟ้า

ประมาณ  $169,481 \pm 33,896$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $95.08 \pm 19.02$  ตัน  $\text{CO}_2 \text{ eq}$  /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $464,565 \pm 92,913$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 15

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องวิจัย ประเภทปฏิบัติการ จากเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ รวมทั้งหมด 18 เครื่อง มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ประมาณ  $63,096 \pm 21,032$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $35.40 \pm 11.80$  ตัน  $\text{CO}_2 \text{ eq}$  /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $172,954 \pm 57,651$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 16

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องประชุม และห้องที่มีการใช้งานน้อย จากเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ รวมทั้งหมด 16 เครื่อง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $27,495 \pm 18,330$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $15.42 \pm 10.28$  ตัน  $\text{CO}_2 \text{ eq}$  /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $75,367 \pm 50,244$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 13 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากห้องพักอาจารย์  
ห้องบุคลากร และ ห้องธุรการ

ห้อง	ขนาด (Btu)	ค่า EER (BTU/W)	อัตราการใช้พลังงาน ไฟฟ้าต่อปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
1104-A	12,000	7.6	2,463 ± 616	1.38 ± 0.35	6,752 ± 1,688
โครงการ ภาคพิเศษ	12,000	11.4	1,649 ± 412	0.93 ± 0.23	4,521 ± 1,130
	12,000	11.4	1,649 ± 412	0.93 ± 0.23	4,521 ± 1,130
	12,000	11.4	1,649 ± 412	0.93 ± 0.23	4,521 ± 1,130
	12,000	11.4	1,649 ± 412	0.93 ± 0.23	4,521 ± 1,130
	12,000	11.4	1,649 ± 412	0.93 ± 0.23	4,521 ± 1,130
	12,000	11.4	1,649 ± 412	0.93 ± 0.23	4,521 ± 1,130
	12,000	11.4	1,649 ± 412	0.93 ± 0.23	4,521 ± 1,130
1211-1	12,000	11.2	1,671 ± 836	0.94 ± 0.23	4,582 ± 1,145
1211-2	12,000	11.2	1,671 ± 418	0.94 ± 0.23	4,582 ± 1,145
1211-3	13,000	11.4	1,785 ± 416	1.00 ± 0.25	4,893 ± 1,223
1211-4	12,000	9.6	1,950 ± 488	1.09 ± 0.27	5,345 ± 1,336
1211-5	12,000	9.6	1,950 ± 488	1.09 ± 0.27	5,345 ± 1,336
1211-6	12,000	9.6	1,950 ± 488	1.09 ± 0.27	5,345 ± 1,336
1211-9	12,000	9.6	1,950 ± 488	1.09 ± 0.27	5,345 ± 1,336
1211-10	12,000	9.6	1,950 ± 488	1.09 ± 0.27	5,345 ± 1,336
1211-11	12,000	11.2	1,671 ± 418	0.94 ± 0.23	4,582 ± 1,145
1211-12	12,000	11.2	1,671 ± 418	0.94 ± 0.23	4,582 ± 1,145
1211-13	12,000	11.2	1,671 ± 418	0.94 ± 0.23	4,582 ± 1,145
1300	12,000	7.6	2,463 ± 616	1.38 ± 0.35	6,752 ± 1,688
1307	36,000	8.6	6,530 ± 1,633	3.66 ± 0.92	17,900 ± 4,475
1309	25,800	7.6	5,296 ± 1,324	2.97 ± 0.74	14,516 ± 3,629
1310-1	12,000	7.6	2,463 ± 616	1.38 ± 0.35	6,752 ± 1,688

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ห้อง	ขนาด (Btu)	ค่า EER (BTU/W)	อัตราการใช้พลังงาน ไฟฟ้าต่อปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
1310-2	12,000	7.6	2,463 ± 616	1.38 ± 0.35	6,752 ± 1,688
1310-3	12,000	7.6	2,463 ± 616	1.38 ± 0.35	6,752 ± 1,688
	12,000	7.6	0	0.00	0
1310-5	12,000	7.6	2,463 ± 616	1.38 ± 0.35	6,752 ± 1,688
1310-6	28,300	7.6	5,809 ± 1,452	3.26 ± 0.81	15,923 ± 3,981
1310-8	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
1310-9	12,500	8.6	2,267 ± 567	1.27 ± 0.32	6,215 ± 1,554
1310-11	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
1310-12	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
1310-13	12,500	8.6	2,267 ± 567	1.27 ± 0.32	6,215 ± 1,554
1313 A	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
1408	20,000	10.6	2,943 ± 736	1.65 ± 0.41	8,068 ± 2,017
1409-A	25,800	7.6	5,296 ± 1,324	2.97 ± 0.74	14,516 ± 3,629
1409-B	25,800	7.6	5,296 ± 1,324	2.97 ± 0.74	14,516 ± 3,629
1410-A	32,000	9.6	5,200 ± 1,300	2.92 ± 0.73	14,254 ± 3,563
1411	25,800	7.6	5,296 ± 1,324	2.97 ± 0.74	14,516 ± 3,629
1412	35,500	7.6	7,287 ± 1,822	4.09 ± 1.02	19,974 ± 4,993
1413-1	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
1413-2	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
1413-3	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
1413-5	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
1413-6	12,500	7.6	2,566 ± 641	1.44 ± 0.36	7,033 ± 1,758
		รวม	121,147 ± 30,705	67.96 ± 17.23	332,076 ± 84,164

ตารางที่ 14 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องเรียน

ห้อง	ขนาด (Btu)	ค่า EER (BTU/W)	อัตราการใช้พลังงาน ไฟฟ้าต่อปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
1102	24,000	10.6	3,091 ± 883	1.73 ± 0.50	8,472 ± 2,420
	24,000	10.6	3,091 ± 883	1.73 ± 0.50	8,472 ± 2,420
	24,000	10.6	3,091 ± 883	1.73 ± 0.50	8,472 ± 2,420
วิศวะป้องกัน อัคคีภัยฯ	12,000	10.6	662 ± 442	0.37 ± 0.25	1,815 ± 1,210
1201	30,000	10.6	3,863 ± 1,104	2.17 ± 0.62	10,589 ± 3,026
	25,800	10.6	3,322 ± 949	1.86 ± 0.53	9,107 ± 2,602
1401	34,000	10.6	4,378 ± 1,251	2.46 ± 0.70	12,001 ± 3,429
	32,000	10.6	4,121 ± 1,177	2.31 ± 0.66	11,295 ± 3,277
1507	25,800	10.6	3,322 ± 949	1.86 ± 0.53	9,107 ± 2,602
	25,800	10.6	3,322 ± 949	1.86 ± 0.53	9,107 ± 2,602
1508	30,000	11.3	3,624 ± 1,035	2.03 ± 0.58	9,933 ± 2,838
	28,500	10.6	3,670 ± 1,035	2.06 ± 0.59	10,060 ± 2,874
	28,500	10.6	3,670 ± 1,035	2.06 ± 0.59	10,060 ± 2,874
1518	36,000	7.6	6,466 ± 1,847	3.63 ± 1.04	17,723 ± 5,064
	36,000	7.6	6,466 ± 1,847	3.63 ± 1.04	17,723 ± 5,064
รวม			56,159 ± 16,298	31.51 ± 9.14	153,937 ± 44,674

ตารางที่ 15 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน

ห้อง	ขนาด (Btu)	ค่า EER (BTU/W)	อัตราการใช้พลังงาน ไฟฟ้าต่อปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
1204	12,000	7.6	3,079 ± 616	1.73 ± 0.35	8,440 ± 1,688
1212A	12,000	9.6	2,438 ± 488	1.37 ± 0.27	6,681 ± 1,336
1212B	12,000	9.6	2,438 ± 488	1.37 ± 0.27	6,681 ± 1,336
1301	30,000	11.5	5,087 ± 1,017	2.85 ± 0.57	13,944 ± 2,789
1301A	30,000	11.5	5,087 ± 1,017	2.85 ± 0.57	13,944 ± 2,789
1304-1,2	35,000	7.6	8,980 ± 1,796	5.04 ± 1.01	24,616 ± 4,923
	25,000	7.6	6,414 ± 1,283	3.60 ± 0.72	17,583 ± 3,517
1305	25,000	7.6	6,414 ± 1,283	3.60 ± 0.72	17,583 ± 3,517
	12,000	7.6	3,079 ± 616	1.73 ± 0.35	8,440 ± 1,688
1402	28,000	10.6	5,151 ± 1,030	2.89 ± 0.58	14,119 ± 2,824
1403	12,000	10.6	2,208 ± 442	1.24 ± 0.25	6,051 ± 1,210
1404-2	12,000	11.6	2,017 ± 403	1.13 ± 0.23	5,529 ± 1,106
1406-1	36,000	11.3	6,240 ± 1,248	3.50 ± 0.70	17,104 ± 3,421
1407-1	13,000	9.6	2,641 ± 528	1.48 ± 0.30	7,238 ± 1,448
1407-2	38,500	7.6	9,878 ± 1,976	5.54 ± 1.11	27,077 ± 5,415
	38,000	8.6	8,616 ± 1,723	4.83 ± 0.97	23,618 ± 4,724
1408-1	28,000	7.6	7,184 ± 1,437	4.03 ± 0.81	19,693 ± 3,939

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ห้อง	ขนาด (Btu)	ค่า EER (BTU/W)	อัตราการใช้พลังงาน ไฟฟ้าต่อปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
1501-1	12,000	7.6	3,079 ± 616	1.73 ± 0.35	8,440 ± 1,688
1502	28,500	7.6	7,313 ± 1,463	4.10 ± 0.82	20,044 ± 4,009
	28,500	7.6	7,313 ± 1,463	4.10 ± 0.82	20,044 ± 4,009
1503-1	30,000	11.3	5,177 ± 1,035	2.90 ± 0.58	14,191 ± 2,838
1504-1	28,500	7.6	7,313 ± 1,463	4.10 ± 0.82	20,044 ± 4,009
1504-2	28,500	7.6	7,313 ± 1,463	4.10 ± 0.82	20,044 ± 4,009
1505	38,000	7.6	9,750 ± 1,950	5.47 ± 1.09	26,726 ± 5,345
	38,000	7.6	9,750 ± 1,950	5.47 ± 1.09	26,726 ± 5,345
1506-A	28,500	8.6	6,462 ± 1,192	3.63 ± 0.73	17,714 ± 3,543
1511	32,000	11.2	5,571 ± 1,114	3.13 ± 0.63	15,272 ± 3,054
1512	25,800	11.2	4,492 ± 898	2.52 ± 0.50	12,313 ± 2,463
	12,000	7.6	3,079 ± 616	1.73 ± 0.35	8,440 ± 1,688
1517	34,000	11.2	5,920 ± 1,184	3.32 ± 0.66	16,226 ± 3,245
		รวม	169,481 ± 33,896	95.08 ± 19.02	464,565 ± 92,913

ตารางที่ 16 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ

ห้อง	ขนาด (Btu)	ค่า EER (BTU/W)	อัตราการใช้พลังงาน ไฟฟ้าต่อปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
1213	12,000	9.6	1,463 ± 488	0.82 ± 0.27	4,009 ± 1,336
1214	35,000	9.6	4,266 ± 1,422	2.39 ± 0.80	11,693 ± 3,898
1215B	50,000	9.6	6,094 ± 2,031	3.42 ± 1.14	16,704 ± 5,568
1302	25,000	7.6	3,849 ± 1,283	2.16 ± 0.72	10,550 ± 3,517
1302-1	25,000	7.6	3,849 ± 1,283	2.16 ± 0.72	10,550 ± 3,517
1404	38,000	12.3	3,623 ± 1,208	2.03 ± 0.68	9,932 ± 3,311
1408-2	28,000	7.6	4,311 ± 1,437	2.42 ± 0.81	11,816 ± 3,939
1410	34,000	11.6	3,429 ± 1,143	1.92 ± 0.64	9,400 ± 3,133
	35,500	10.6	3,918 ± 1,306	2.20 ± 0.73	10,741 ± 3,580
1414-A	12,000	7.6	1,847 ± 616	1.04 ± 0.35	5,064 ± 1,688
1414-B	16,100	7.6	2,479 ± 826	1.39 ± 0.46	6,794 ± 2,265
1415-A	12,000	7.6	1,847 ± 616 826	1.04 ± 0.35	5,064 ± 1,688
1415-B	16,100	7.6	2,479 ± 826	1.39 ± 0.46	6,794 ± 2,265
1501	28,500	7.6	4,388 ± 1,463	2.46 ± 0.82	12,027 ± 4,009
	28,500	7.6	4,388 ± 1,463	2.46 ± 0.82	12,027 ± 4,009
1509-A	25,800	8.6	3,510 ± 1,170	1.97 ± 0.66	9,621 ± 3,207
1509-B	25,800	8.6	3,510 ± 1,170	1.97 ± 0.66	9,621 ± 3,207
1519	25,000	7.6	3,849 ± 1,283	2.16 ± 0.72	10,550 ± 3,517
		รวม	63,096 ± 21,032	35.40 ± 11.80	172,954 ± 57,651



เมื่อวิเคราะห์ความไม่แน่นอนจากการประมาณเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ ผลการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนแสดงดังตารางที่ 18 ซึ่งพบว่า เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ ที่มีเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศต่ำจะมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ง่ายกว่าพื้นที่ ที่มีเวลาการใช้งานสูง ดังนั้นการคำนวณพื้นที่ ที่มีเวลาใช้งานต่ำควรหาเวลาการใช้งานให้ใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด เพื่อลดความไม่แน่นอนจากการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ดังกล่าว

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนการใช้เครื่องปรับอากาศในแต่ละพื้นที่

ประเภทของห้อง	ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kW-hr/year)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
ห้องเรียน	7 ± 2	56,159 ± 16,298	29
ห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากร และห้องธุรการ	8 ± 2	121,147 ± 30,705	25
ห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน	10 ± 2	169,481 ± 33,896	20
ห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ	6 ± 2	63,096 ± 21,032	33
ห้องประชุม และ ห้องที่มีการใช้งานน้อย	3 ± 2	27,495 ± 18,330	67
รวม		437,378 ± 120,261	28

### 2.2.2 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมดของอาคาร 1 ซึ่งแสดงแผนผังการติดตั้งของโคมไฟ รายละเอียดโคมไฟแต่ละดวง และค่าความสว่างในแต่ละพื้นที่ ในภาคผนวก ข. งานวิจัยนี้ได้แบ่งกลุ่ม พื้นที่การใช้งานเป็นเกณฑ์เพื่อง่ายต่อการประมาณเวลาที่ใช้หลอดไฟในแต่ละวัน ซึ่งจะนำเวลาที่ใช้หลอดไฟในพื้นที่การใช้งานแต่ละประเภท คำนวณเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไป ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 19

### ตารางที่ 19 เวลาที่ใช้หลอดไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่

ประเภทของห้อง	จำนวนชั่วโมงการใช้งานต่อวัน
ห้องเรียน	7 ± 2
ห้องพักอาจารย์ บุคลากร และห้องธุรการ	8 ± 2
ห้องปฏิบัติการประเภทนั่งทำงาน	10 ± 2
ห้องปฏิบัติการ	6 ± 2
ห้องประชุม และ ห้องที่มีการใช้งานน้อย	3 ± 2
ระเบียงทางเดินและพื้นที่นั่งใต้อาคาร 1	12 ± 2
ห้องน้ำ	24
ห้องเก็บของ ห้องควบคุม และห้องน้ำที่ใช้งานน้อยมาก	1

จากการแบ่งกลุ่มพื้นที่เป็น 8 กลุ่ม สามารถคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของอาคาร 1 ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างในภาคผนวก ค. ผลที่ได้จากการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยแบ่งกลุ่มจากพื้นที่การใช้งานเป็นเกณฑ์ และแยกตามชนิดโคมไฟมีดังนี้

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากร และห้องธุรการ จากโคมไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งหมด 101 โคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $10,525 \pm 2,153$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $5.90 \pm 1.21$  ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $28,850 \pm 5,902$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 20

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องเรียน จากโคมไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งหมด 118 โคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $14,986 \pm 3,421$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $8.41 \pm 1.92$  ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $41,078 \pm 9,376$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 21

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน จากโคมไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งหมด 300 โคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $62,192 \pm 12,438$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $34.89 \pm 6.98$  ตัน  $\text{CO}_2$  eq /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $170,474 \pm 34,095$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 22

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ จากโคมไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งหมด 92 โคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $6,602 \pm 1,235$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $3.70 \pm 1.23$  ตัน  $\text{CO}_2$  eq /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $18,097 \pm 6,032$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 23

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องประชุมและห้องที่มีการใช้งานน้อย จากโคมไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งหมด 26 โคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $1,650 \pm 1,100$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $0.93 \pm 0.62$  ตัน  $\text{CO}_2$  eq /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $4,524 \pm 3,016$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 24

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของระเบียงทางเดินและพื้นที่นั่งได้อาคาร 1 จากโคมไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งหมด 107 โคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $12,605 \pm 2,101$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $7.07 \pm 1.18$  ตัน  $\text{CO}_2$  eq /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $34,551 \pm 5,759$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 25

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องน้ำ จากโคมไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งหมด 26 โคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $5,441$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $3.05$  ตัน  $\text{CO}_2$  eq /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $14,915$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 26

- ผลการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องเก็บของห้องควบคุมและห้องน้ำที่ใช้งานน้อย จากโคมไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งหมด 38 โคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ  $432$  หน่วยต่อปี คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  $0.24$  ตัน  $\text{CO}_2$  eq /ปี และอัตราค่าไฟฟ้า  $1,183$  บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 20 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องพักอาจารย์  
ห้องบุคลากร และห้องธุรการ

ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิด โคม ไฟฟ้า	จำนวนโคม (โคม)	พลังงานไฟฟ้าที่ ใช้ใน 1 ปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้า ต่อปี (บาท)
ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์	2	92	8,803 ± 1,722	4.94 ± 0.97	24,129 ± 4,720
	3	9	1,722 ± 431	0.97 ± 0.24	4,721 ± 1,181
	รวม	101	10,525 ± 2,153	5.90 ± 1.21	28,850 ± 5,902

ตารางที่ 21 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องเรียน

ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิด โคม ไฟฟ้า	จำนวนโคม (โคม)	พลังงานไฟฟ้าที่ ใช้ใน 1 ปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้า ต่อปี (บาท)
ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์	2	25	2,093 ± 598	1.17 ± 0.34	5,737 ± 1,639
	3	59	9,879 ± 2,823	5.54 ± 1.58	27,079 ± 7,737
	4	12	3,014 ± 861	1.69 ± 0.48	8,261 ± 2,360
รวม		96	14,986 ± 3,421	8.41 ± 1.92	41,078 ± 9,376

ตารางที่ 22 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน

ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิดโคมไฟฟ้า	จำนวนโคม (โคม)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
ฟลูออเรสเซนต์					
	2	100	11,960 ± 2,392	6.71 ± 1.34	32,784 ± 6,557
	3	168	40,186 ± 8,037	22.54 ± 4.51	110,153 ± 22,031
ขนาด 36 วัตต์	4	20	7,176 ± 1,435	4.03 ± 0.81	19,670 ± 3,934
	5	6	1,435 ± 287	0.81 ± 0.16	3,934 ± 787
	6	6	1,435 ± 287	0.81 ± 0.16	3,934 ± 787
	รวม	300	62,192 ± 12,438	34.89 ± 6.98	170,474 ± 34,095

ตารางที่ 23 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องวิจัยของห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ

ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิดโคมไฟฟ้า	จำนวนโคม (โคม)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
ฟลูออเรสเซนต์					
ขนาด 36 วัตต์	2	92	6,602 ± 1,235	3.70 ± 1.23	18,097 ± 6,032
	รวม	92	6,602 ± 1,235	3.70 ± 1.23	18,097 ± 6,032

ตารางที่ 24 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องวิจัยของห้องประชุม และห้องที่มีการใช้งานน้อย

ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิดโคมไฟฟ้า	จำนวนโคม (โคม)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
ฟลูออเรสเซนต์					
ขนาด 36 วัตต์	2	6	215 ± 144	0.12 ± 0.08	590 ± 393
	3	20	1,435 ± 957	0.81 ± 0.54	3,934 ± 2,623
	รวม	26	1,650 ± 1,100	0.93 ± 0.62	4,524 ± 3,016

ตารางที่ 25 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของระเบียงทางเดินและพื้นที่นั่งใต้อาคาร 1

ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิดโคมไฟฟ้า	จำนวนโคม (โคม)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
ฟลูออเรสเซนต์					
ขนาด 36 วัตต์	1	50	7,176 ± 1,196	4.03 ± 0.67	19,670 ± 3,278
	2	8	1,148 ± 191	0.64 ± 0.11	3,147 ± 525
ขนาด 18 วัตต์	7	49	4,281 ± 713	2.40 ± 0.40	11,734 ± 1,956
	รวม	107	12,605 ± 2,101	7.07 ± 1.18	34,551 ± 5,759

ตารางที่ 26 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องน้ำ

ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิดโคมไฟฟ้า	จำนวนโคม (โคม)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
ฟลูออเรสเซนต์					
ขนาด 36 วัตต์	1	8	2,296	1.29	6,294
ขนาด 18 วัตต์	7	18	3,145	1.76	8,621
	รวม	26	5,441	3.05	14,915

ตารางที่ 27 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของห้องเก็บของ ห้องควบคุม และห้องน้ำที่ใช้งานน้อย

ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิดโคมไฟฟ้า	จำนวนโคม (โคม)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kW-hr/year)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
ฟลูออเรสเซนต์					
	1	17	203	0.11	557
	2	4	48	0.03	131
ขนาด 36 วัตต์	3	1	24	0.01	66
	8	5	60	0.03	164
	9	1	24	0.01	66
ขนาด 18 วัตต์	7	10	73	0.04	200
	รวม	38	432	0.24	1,183

เมื่อวิเคราะห์ความไม่แน่นอนจากการประมาณเวลาการใช้งานหลอดไฟในแต่ละพื้นที่ ผลการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนแสดงดังตารางที่ 28 ซึ่งพบว่า เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ ที่มีเวลาการใช้งานหลอดไฟต่ำจะมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ง่ายกว่าพื้นที่ ที่มีเวลาการใช้งานสูง ดังนั้นการคำนวณพื้นที่ ที่มีเวลาใช้งานต่ำควรหาเวลาการใช้งานให้ใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด เพื่อลดความไม่แน่นอนจากการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ดังกล่าว

ในพื้นที่ห้องน้ำ และพื้นที่ที่มีการใช้งานน้อย ได้แก่ ห้องเก็บของ ห้องควบคุมและห้องน้ำที่ใช้งานน้อย ไม่ได้วิเคราะห์ความไม่แน่นอน เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการประมาณนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนการใช้หลอดไฟในแต่ละพื้นที่

ประเภทของห้อง	จำนวนชั่วโมง การใช้งานต่อ วัน	ปริมาณก๊าซเรือน กระจก (ตัน CO <sub>2</sub> eq/year)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
ห้องเรียน	7 ± 2	14,986 ± 3,421	23
ห้องพักอาจารย์ บุคลากร และห้องธุรการ	8 ± 2	10,525 ± 2,153	20
ห้องปฏิบัติการประเภทนั่งทำงาน	10 ± 2	62,192 ± 12,438	20
ห้องปฏิบัติการ	6 ± 2	6,602 ± 1,235	19
ห้องประชุม และ ห้องที่มีการใช้งานน้อย	3 ± 2	1,650 ± 1,100	67
ระเบียงทางเดินและพื้นที่นั่งได้อาคาร 1	12 ± 2	12,605 ± 2,101	17
ห้องน้ำ	24	5,441	-
ห้องเก็บของ ห้องควบคุม และห้องน้ำที่ ใช้งานน้อยมาก	1	432	-
รวม		114,433 ± 22,448	20

### 2.2.3 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของลิฟต์โดยสาร

ผลการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยลิฟต์โดยสาร พิจารณาจากเครื่องนับจำนวนครั้งที่ติดตั้งบนกล่องควบคุมลิฟต์โดยสาร โดยเก็บข้อมูลในระหว่างวันเดือน สิงหาคม 2554 ถึง เดือนมกราคม 2555 โดยไม่นับเดือน พฤศจิกายน และเดือน ธันวาคม 2554 เนื่องจากพื้นที่ของอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประสบปัญหาอุทกภัยในช่วงเวลาดังกล่าว และทำการหาค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งที่ใช้งานในเวลา 1 วัน พบว่ามีการใช้ลิฟต์จำนวนทั้งหมด  $1,550 \pm 100$  ครั้งต่อวัน

ในการกดลิฟต์ 1 ครั้งใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.134 kW-hr ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำให้ลิฟต์โดยสารเคลื่อนที่หนึ่งครั้งในภาคผนวก ก. ดังนั้นสามารถคิดเป็นปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของลิฟต์โดยสารในเวลา 1 ปีการศึกษาได้ดังนี้

- ในเวลา 1 วัน มีการใช้ลิฟต์โดยเฉลี่ย  $1550 \pm 100$  ครั้ง
- ในเวลา 1 ปี มีการใช้ลิฟต์โดยเฉลี่ย  $= (1550 \pm 100) \times 260 = 403,000 \pm 2600$  ครั้ง
- ดังนั้นในเวลา 1 ปีการศึกษามีการใช้พลังงานไฟฟ้าของลิฟต์โดยสารคิดเป็น  $403,000 \pm 2600 \times 0.134 = 54,000 \pm 348$  กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี

### 2.2.4 ผลประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบอื่นๆ

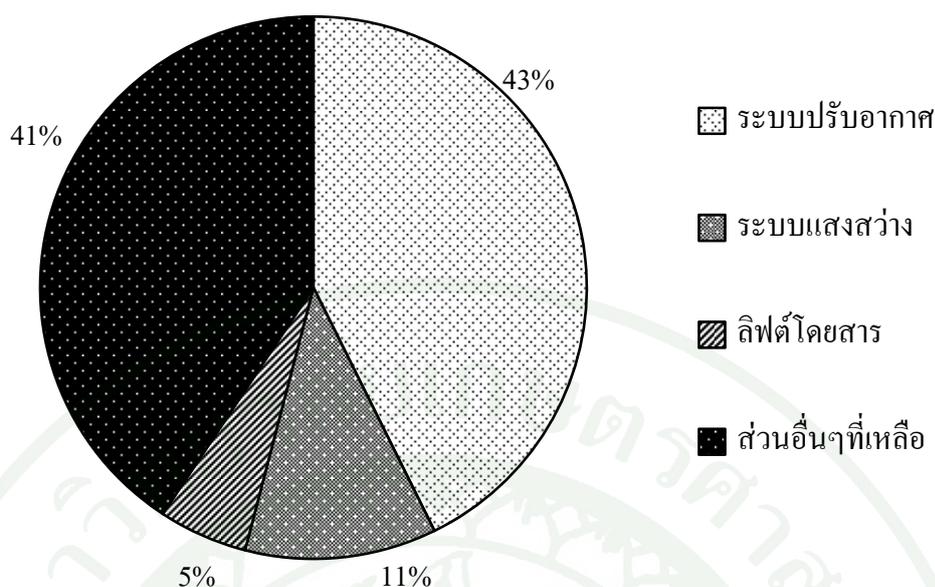
หลังจากประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าทั้ง 3 ระบบ สามารถหา ระบบไฟฟ้า ระบบอื่นๆ ได้จากไฟฟ้าในระบบอื่นๆ เท่ากับ พลังงานไฟฟ้ารวมอาคาร 1 - (พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ + ระบบแสงสว่าง + ลิฟต์โดยสาร) ผลประมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบอื่นๆแสดงดังตารางที่ 29

การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งหมดของอาคาร	1,024,361	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
แรงดันไฟฟ้า	380	โวลต์
ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า	144.28	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/ปี
ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	2.7411	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ตารางที่ 29 ผลการหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ

ประเภทระบบไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ใน 1 ปี (kwh/ปี)	สัดส่วนการ ใช้พลังงาน ไฟฟ้า (%)	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> eq/ปี)
ระบบปรับอากาศ	437,379	43	1,198,898	245,369
ระบบแสงสว่าง	114,433	11	313,672	64,197
ลิฟต์โดยสาร	54,038	5	148,124	30,315
ส่วนอื่นๆที่เหลือ	416,862	41	1,142,660	233,859
รวมทั้งหมด	1,024,362	100	2,807,878	574,667



ภาพที่ 23 ผลการหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ

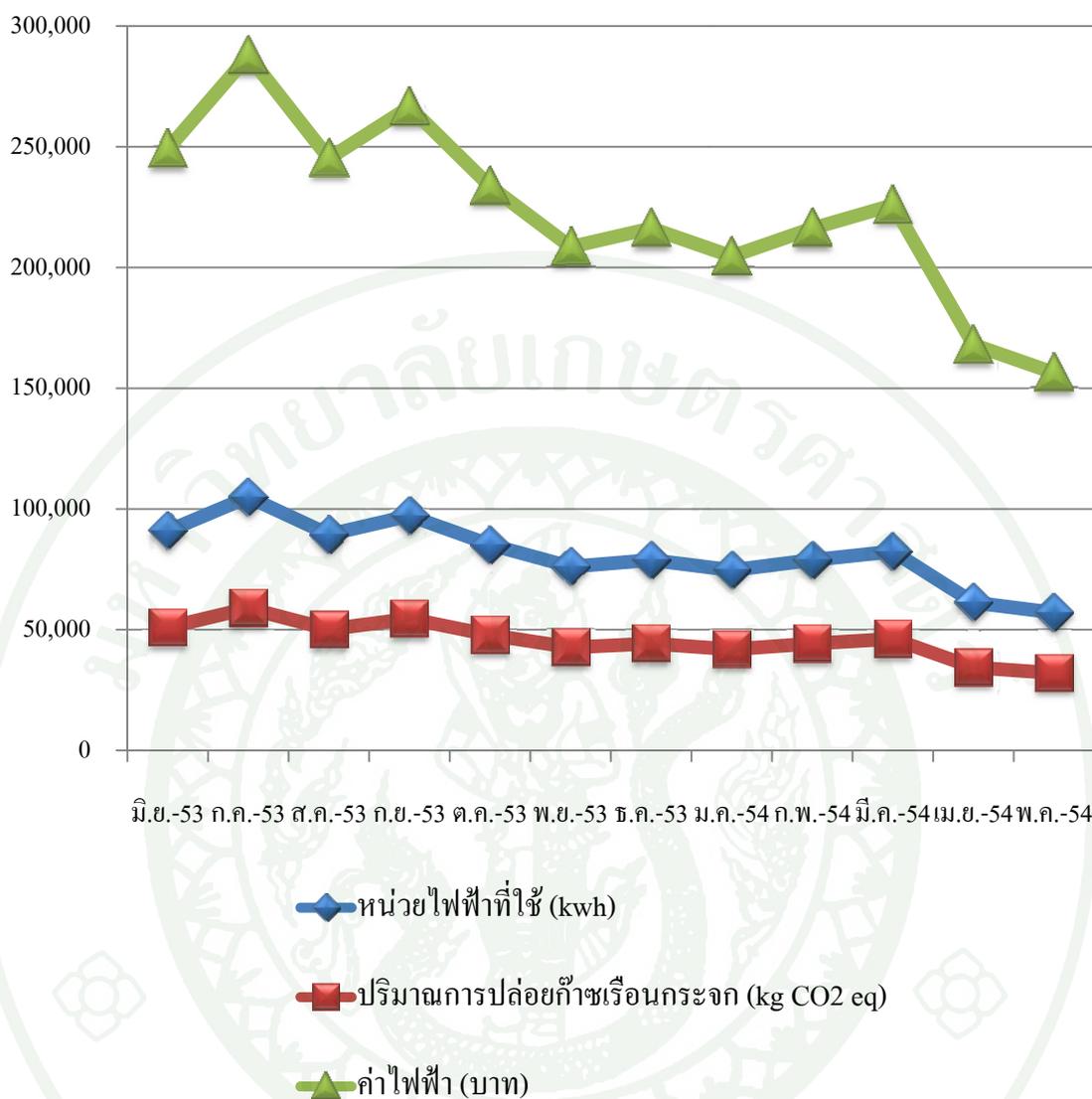
จากผลในตารางที่ 29 จึงเสนอมาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ และ ระบบแสงสว่าง และศึกษาถึงผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการดังกล่าวในหัวข้อถัดไป

การใช้พลังงานไฟฟ้า ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และค่าไฟฟ้า ของภาควิชาชีพวิศวกรรมเคมี ปีการศึกษา 2553 ถ้าไม่นับรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากหน่วยงานต่างๆ ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่อาคาร 1 แต่ทางภาควิชาฯ ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน ได้แก่ ห้องโครงการภาคพิเศษนิติระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ร้านถ่ายเอกสารชั้น 1 ห้องเรียนของโครงการวิศวกรรมความปลอดภัย ห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ และห้องประชุมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 47,359 kwh คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 26.57 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี และคิดเป็นค่าไฟฟ้า 129,800 บาท หลังจากหักพื้นที่ดังกล่าวออกจากการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในอาคาร 1 จะได้ การใช้พลังงานไฟฟ้า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และค่าไฟฟ้าของภาควิชาชีพวิศวกรรมเคมี แสดงดังตารางดังตารางที่ 30 และ ภาพที่ 24

ตารางที่ 30 การใช้พลังงานไฟฟ้า ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และค่าไฟฟ้า ของภาควิชา  
วิศวกรรมเคมีในปีการศึกษา 2553

เดือน	หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (kwh)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน กระจก (kg CO <sub>2</sub> eq)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
มิ.ย.-53	90,867.60	50,976.72	249,077.18
ก.ค.-53	104,955.60	58,880.09	287,693.80
ส.ค.-53	89,458.80	50,186.39	245,215.52
ก.ย.-53	97,207.20	54,533.24	266,454.66
ต.ค.-53	85,232.40	47,815.38	233,630.53
พ.ย.-53	76,075.20	42,678.19	208,529.73
ธ.ค.-53	78,892.80	44,258.86	216,253.05
ม.ค.-54	74,666.40	41,887.85	204,668.07
ก.พ.-54	78,892.80	44,258.86	216,253.05
มี.ค.-54	82,414.80	46,234.70	225,907.21
เม.ย.-54	61,282.80	34,379.65	167,982.28
พ.ค.-54	57,056.40	32,008.64	156,397.30
เฉลี่ย/เดือน	81,416.90	45,674.88	223,171.86
รวม	977,002.80	548,098.57	2,678,062.38

หมายเหตุ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้และค่าไฟฟ้ามาจากใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าที่ออกโดยการไฟฟ้า  
นครหลวงตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2553 ถึง เดือน พฤษภาคม 2554



ภาพที่ 24 การใช้พลังงานไฟฟ้า ผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และค่าไฟฟ้า ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีในปีการศึกษา 2553

### 2.3 ปริมาณของเสียที่ส่งให้กรุงเทพมหานครกำจัด

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มีถังขยะแบบแยกประเภทชนิดของขยะดังแสดงในภาพที่ 25 จำนวนทั้งหมด 3 ถัง ซึ่งปริมาณถังขยะที่มีอยู่ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งขยะของอาคาร 1 ปัจจุบันการทิ้งขยะของภายในภาควิชาฯ จะทิ้งลงถังขยะรวมที่มีอยู่ตามจุดต่างๆในอาคาร 1 และแม่บ้านจะเป็นผู้คัดแยก และรวบรวมขยะประเภทแก้วน้ำพลาสติก ขวดพลาสติก และขวดแก้ว ออกมาจากถังขยะรวม เพื่อนำไปจำหน่าย และเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล (recycle) เป็นรายได้พิเศษ ส่งผลให้มีเวลาในการทำความสะอาดพื้นที่ต่างๆของอาคาร 1 น้อยลง



ภาพที่ 25 ถังขยะแบบแยกประเภทชนิดของขยะ

จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่า ปริมาณขยะที่ส่งไปรีไซเคิลนั้น จะช่วยลดกลิ่นก๊าซเรือนกระจกกลับสู่ภาควิชาฯ สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกจากภาควิชาฯ ได้ประมาณปีละ 7.18 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ ปี ดังนั้น เพื่อลดภาระหน้าที่งานของแม่บ้าน และเป็นการปลูกจิตสำนึกเรื่องการคัดแยกขยะของนิสิต และบุคลากร รวมไปถึงการเป็นแบบอย่างขององค์กร สถาบันการศึกษาที่ส่งเสริมการคัดแยกขยะ และเป็นองค์กรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ภาควิชาฯ ควรสนับสนุนการจัดซื้อหรือทำถังขยะแบบแยกประเภทวางตามจุดต่างๆ ให้ครอบคลุมพื้นที่ของอาคาร 1

## 2.4 การรั่วไหลของสารทำความเย็น

จากผลการศึกษาพบว่าในปีการศึกษา 2553 การรั่วไหลของสารทำความเย็นเป็นกิจกรรมประเภทที่ 1 ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดคิดเป็น 32.71 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี งานวิจัยนี้จึงเสนอมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมดังกล่าวโดยการเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R22 (CHClF<sub>2</sub>) ไปใช้ R290 (Propane HC) คุณสมบัติแสดงในภาคผนวก ง. ซึ่งมีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับ 6 (ต่ำกว่า R22 ประมาณ 300 เท่า) และ ค่าการทำลายโอโซนเป็น 0 หากภาควิชาฯ พิจารณาเปลี่ยนสารทำความเย็นไปใช้สารทำความเย็น R290 เมื่อมีการรั่วไหลของสารทำความเย็นจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงถึง 300 เท่า

## 2.5 การทำคาร์บอนออฟเซต (Carbon Offset)

จากการที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้บรรลุกับเป้าหมาย พบว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกยังมีค่าสูงกว่าปริมาณที่กำหนด ให้ทำคาร์บอนออฟเซตเป็นวิธีการเสริม โดยการทำกิจกรรมไปออกค่ายปลูกป่าเป็นจำนวนต้นไม้ที่สามารถดูดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ยังเกินปริมาณที่กำหนด หรือไปทำกิจกรรมประเภทอื่นๆ เพื่อชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟประหยัดพลังงานให้กับวัดต่างๆ การเข้าไปให้ความรู้หรือช่วยโรงงานอุตสาหกรรมลดต้นทุนการใช้พลังงานลง เป็นต้น

## 3. ผลตอบแทนการลงทุนในมาตรการที่นำเสนอเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในงานวิจัยนี้ศึกษาผลตอบแทนการลงทุน ของมาตรการที่นำเสนอเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ และการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยใช้วิธีการหาระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Pay Back) ส่วนในเรื่องของการรั่วไหลของสารทำความเย็นนั้นจะเป็นการแสดงราคาสารทำความเย็นที่เสนอให้มีการเปลี่ยนเท่านั้น

### 3.1 ผลตอบแทนการลงทุนในมาตรการการลดใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

จากผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาฯในระบบปรับอากาศคิดเป็น 245.37 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี งานวิจัยนี้จึงเสนอมาตรการพิจารณาดำเนินการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพต่ำ ได้แก่ เครื่องปรับอากาศที่มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพ (Energy Efficiency Ratio หรือ EER) เป็น 7.6 และ 8.6 ไปใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง โดยประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแสดงดังตารางที่ 31

เมื่อพิจารณาค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศต่อปี ได้จากการนำค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศของภาควิชาฯในปีพ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2554 มาหาค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 32 ซึ่งเป็นค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศทั้งหมดจำนวน 106 เครื่อง ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยซ่อมบำรุงรักษา 635 บาทต่อเครื่องต่อปี และจากการตั้งสมมติฐานว่าเครื่องปรับอากาศใหม่มีอายุใช้งาน 10 ปี และในเวลา 3 ปีแรกเครื่องปรับอากาศอยู่ในระยะเวลาการรับประกันจึงไม่มีค่าซ่อมบำรุงรักษา จากสมมติฐานดังกล่าวทำให้ได้ค่าเฉลี่ยการซ่อมบำรุงรักษาอยู่ที่ 190 บาทต่อเครื่องต่อปี ดังแสดงรายละเอียดวิธีการคำนวณในภาคผนวก จ. เพื่อนำค่าซ่อมบำรุงรักษาไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี จากนั้นทำการสำรวจเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงในรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ รุ่นและยี่ห้อของเครื่องปรับอากาศ ราคาเครื่องปรับอากาศ ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 33

ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 34 ซึ่งในตารางดังกล่าวได้แสดงรายละเอียดเครื่องปรับอากาศเป็นรายเครื่อง ได้แก่ หมายเลขห้อง ระยะเวลาใช้งานเครื่องปรับอากาศต่อวัน ค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปี และผลการประหยัดค่าใช้จ่ายต่อปีหลังการปรับปรุง รวมไปถึงระยะเวลาคืนทุนในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเก่าเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

ตารางที่ 31 ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในแต่ละปีที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรม

ค่า EER (Btu/W)	เครื่องปรับอากาศ เบอร์	ปีพ.ศ.	ใช้ค่าต่ำสุดของแต่ละปี
6.6-7.6	1	ก่อนปี 2536	6.6
7.6-8.6	2	2536-2540	7.6
8.6-9.6	3	2541-2545	8.6
9.6-10.6	4	2546-2550	9.6
10.6-11.6	5	2550-ปัจจุบัน	10.6

ที่มา: เอกรินทร์ (2547)

ตารางที่ 32 ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศของภาควิชาวิศวกรรมเคมีในปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2554

ปี พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุง	หน่วย
2550	85,100	บาท
2551	96,100	บาท
2552	71,450	บาท
2553	39,640	บาท
2554	44,020	บาท
ค่าเฉลี่ยการซ่อมบำรุง	67,262	บาทต่อปี

ตารางที่ 33 ขนาดเครื่องปรับอากาศ รุ่นและยี่ห้อของเครื่องปรับอากาศ ราคาเครื่องปรับอากาศ ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศและเหตุผลในการเลือกใช้  
เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

ยี่ห้อ	Model (รุ่น)	ขนาด เครื่องปรับอากาศ	ค่า EER	ราคาเครื่อง (บาท)	ค่าติดตั้ง (บาท)	ราคารวม (บาท)	เหตุผลที่เลือก
Mitsubishi	RR125 / WT125	12000	11.5	11900	2500	14400	เครื่องปรับอากาศขนาดนี้มียี่ห้อเดียวที่ผ่านการประเมินจากสมาคมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานว่ามีค่า EER ตามที่ฉลากระบุไว้
CARRIER	38TSR018-713 / 42TSR018-713	17536	12.19	22500	2500	25000	ค่า EER ผ่านการประเมินโดยสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และมีราคาเหมาะสม
TRANE	TTK518RB5 / MCX518HB5	20100	11.74	24700	2500	27200	ค่า EER ผ่านการประเมินโดยสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และมีราคาเหมาะสม
Central Air	CFH-5EF25 + CCS- 5EF25	26195	11.31	29900	3000	32900	เครื่องปรับอากาศ 24000 - 26000 BTU มีตัวเลือกน้อย Central Air ค่า EER ผ่านการประเมินจากและราคาเหมาะสม
TRANE	CFH-EF30 + CCS- EF30	30000	11.6	34400	3000	37400	ค่า EER ผ่านการประเมินโดยสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และมีราคาเหมาะสม

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ยี่ห้อ	Model (รุ่น)	ขนาด เครื่องปรับอากาศ	ค่า EER	ราคาเครื่อง (บาท)	ค่าติดตั้ง (บาท)	ราคารวม (บาท)	เหตุผลที่เลือก
CARRIER	38RE033SC5X / 42VE0101WP	35559	11.39	42,800	3500	46300	ค่า EER ผ่านการประเมินโดยสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และมีราคาเหมาะสม
Central Air	CFH-EF38 + CCS- EF38	39025	11.71	47900	3500	51400	ค่า EER ผ่านการประเมินโดยสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และมีราคาเหมาะสม
DAIKIN	FH48NUV2S / R48NUY2S	48000	11.2	54800	4500	59300	ค่า EER และราคาเหมาะสม

ที่มา: บริษัทรุ่งเรืองแอร์ จำกัด (255)

ตารางที่ 34 ผลการตอบแทนการลงทุนเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

ลำดับ	ห้อง	เวลาการทำงาน (ชม./วัน)	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง				ผลการประหยัด			
			ขนาด	EER	หน่วย/ปี	ขนาด	EER	หน่วย/ปี	หน่วย/ปี	ค่าใช้จ่ายสุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ระยะคืนทุน(ปี)	ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (kg CO2-eq)
1	1101	3	12,000	7.6	924	12,000	11.50	610	313	1,049	14,400	13.73	176
2	1104-A	8	12,000	7.6	2,463	12,000	11.50	1,628	835	2,480	14,400	5.81	469
3	1204	10	12,000	7.6	3,079	12,000	11.5	2,035	1,044	3,052	14,400	4.72	586
4	1300	8	12,000	7.6	2,463	12,000	11.5	1,628	835	2,480	14,400	5.81	469
5	1302	6	25,000	7.6	3,849	26,195	11.31	2,710	1,139	3,312	32,900	9.93	639
6	1302-1	6	25,000	7.6	3,849	26,195	11.31	2,710	1,139	3,312	32,900	9.93	639
7	1304-1,2	10	35,000	7.6	8,980	35,559	11.39	6,088	2,892	8,119	46,300	5.70	1,623
8	1305	10	25,000	7.6	6,414	26,195	11.31	4,516	1,898	5,393	32,900	6.10	1,065
9	1305	10	25,000	7.6	6,414	26,195	11.31	4,516	1,898	5,393	32,900	6.10	1,065
10	1305	10	12,000	7.6	3,079	12,000	11.5	2,035	1,044	3,052	14,400	4.72	586

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	เวลาการทำงาน (ชม./วัน)	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง				ผลการประหยัด			
			ขนาด	EER	หน่วย/ปี	ขนาด	EER	หน่วย/ปี	หน่วย/ปี	ค่าใช้จ่ายสุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ระยะคืนทุน(ปี)	ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (kg CO2-eq)
11	1307	8	36,000	8.6	6,530	35,559	11.39	4,870	1,660	4,740	46,300	9.77	931
12	1309	8	25,800	7.6	5,296	26,195	11.31	3,613	1,683	4,802	32,900	6.85	944
13	1310-1	8	12,000	7.6	2,463	12,000	11.5	1,628	835	2,480	14,400	5.81	469
14	1310-2	8	12,000	7.6	2,463	12,000	11.5	1,628	835	2,480	14,400	5.81	469
15	1310-3	8	12,000	7.6	2,463	12,000	11.5	1,628	835	2,480	14,400	5.81	469
17	1310-5	8	12,000	7.6	2,463	12,000	11.5	1,628	835	2,480	14,400	5.81	469
18	1310-6	8	28,300	7.6	5,809	26,195	11.71	3,490	2,319	6,547	32,900	5.02	1,301
19	1310-8	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
20	1310-9	8	12,500	8.6	2,267	12,000	11.5	1,628	640	1,943	14,400	7.41	359

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	เวลาการทำงาน (ชม./วัน)	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง				ผลการประหยัด			
			ขนาด	EER	หน่วย/ปี	ขนาด	EER	หน่วย/ปี	หน่วย/ปี	ค่าใช้จ่ายสุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ระยะคืนทุน(ปี)	ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (kg CO2-eq)
21	1310-11	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
22	1310-12	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
23	1310-13	8	12,500	8.6	2,267	12,000	11.5	1,628	640	1,943	14,400	7.41	359
24	1313 A	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
25	1402	3	35,000	7.6	2,694	35,559	11.39	1,826	868	2,569	46,300	18.03	487
26	1407-2	10	38,500	7.6	9,878	39,025	11.71	6,499	3,380	9,454	51,400	5.44	1,896
27	1407-2	10	38,500	7.6	9,878	39,025	11.71	6,499	3,380	9,454	51,400	5.44	1,896
28	1408-1	10	28,000	7.6	7,184	26,195	11.31	4,516	2,668	7,503	32,900	4.39	1,497
29	1408-2	6	28,000	7.6	4,311	26,195	11.31	2,710	1,601	4,578	32,900	7.19	898
30	1409-A	8	25,800	7.6	5,296	26,195	11.31	3,613	1,683	4,802	32,900	6.85	944

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	เวลาการทำงาน (ชม./วัน)	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง				ผลการประหยัด			
			ขนาด	EER	หน่วย/ปี	ขนาด	EER	หน่วย/ปี	หน่วย/ปี	ค่าใช้จ่ายสุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ระยะคืนทุน(ปี)	ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (kg CO2-eq)
31	1409-B	8	25,800	7.6	5,296	26,195	11.31	3,613	1,683	4,802	32,900	6.85	944
32	1411	8	25,800	7.6	5,296	26,195	11.31	3,613	1,683	4,802	32,900	6.85	944
33	1412	8	35,500	7.6	7,287	35,559	11.39	4,870	2,417	6,814	46,300	6.79	1,356
34	1413-1	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
35	1413-2	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
36	1413-3	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
37	1413-5	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
38	1413-6	8	12,500	7.6	2,566	12,000	11.5	1,628	938	2,761	14,400	5.22	526
39	1414-A	6	12,000	7.6	1,847	12,000	11.5	1,221	626	1,907	14,400	7.55	351
40	1414-B	6	16,100	7.6	2,479	17,536	12.19	1,683	795	2,370	25,000	10.55	446

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	เวลาการทำงาน (ชม./วัน)	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง				ผลการประหยัด			
			ขนาด	EER	หน่วย/ปี	ขนาด	EER	หน่วย/ปี	หน่วย/ปี	ค่าใช้จ่ายสุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ระยะคืนทุน(ปี)	ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (kg CO2-eq)
41	1415-A	6	12,000	7.6	1,847	12,000	11.5	1,221	626	1,907	14,400	7.55	351
42	1415-B	6	16,100	7.6	2,479	17,536	12.19	1,683	795	2,370	25,000	10.55	446
43	1501	6	28,500	7.6	4,388	26,195	11.31	2,710	1,678	4,789	32,900	6.87	941
44	1501	6	28,500	7.6	4,388	26,195	11.31	2,710	1,678	4,789	32,900	6.87	941
45	1501-1	10	12,000	7.6	3,079	12,000	11.5	2,035	1,044	3,052	14,400	4.72	586
46	1502	10	28,500	7.6	7,313	26,195	11.31	4,516	2,796	7,854	32,900	4.19	1,569
47	1502	10	28,500	7.6	7,313	26,195	11.31	4,516	2,796	7,854	32,900	4.19	1,569
48	1503	3	28,500	7.6	2,194	26,195	11.31	1,355	839	2,489	32,900	13.22	471
49	1503-2	3	25,800	7.6	1,986	26,195	11.31	1,355	631	1,920	32,900	17.14	354
50	1504-1	10	28,500	7.6	7,313	26,195	11.31	4,516	2,796	7,854	32,900	4.19	1,569

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	เวลาการทำงาน (ชม./วัน)	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง				ผลการประหยัด			
			ขนาด	EER	หน่วย/ปี	ขนาด	EER	หน่วย/ปี	หน่วย/ปี	ค่าใช้จ่ายสุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ระยะคืนทุน(ปี)	ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (kg CO2-eq)
51	1504-2	10	28,500	7.6	7,313	26,195	11.31	4,516	2,796	7,854	32,900	4.19	1,569
52	1505	10	38,000	7.6	9,750	39,025	11.71	6,499	3,251	9,102	51,400	5.65	1,824
53	1505	10	38,000	7.6	9,750	39,025	11.71	6,499	3,251	9,102	51,400	5.65	1,824
54	1506-A	10	28,500	8.6	6,462	26,195	11.31	4,516	1,946	5,524	32,900	5.96	1,092
55	1509-A	6	25,800	8.6	3,510	26,195	11.31	2,710	800	2,383	32,900	13.80	449
56	1509-B	6	25,800	8.6	3,510	26,195	11.31	2,710	800	2,383	32,900	13.80	449
57	1509-B	10	12,000	7.6	3,079	12,000	11.5	2,035	1,044	3,052	14,400	4.72	586

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	เวลาการทำงาน (ชม./วัน)	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง				ผลการประหยัด			
			ขนาด	EER	หน่วย/ปี	ขนาด	EER	หน่วย/ปี	หน่วย/ปี	ค่าใช้จ่ายสุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)	ระยะคืนทุน(ปี)	ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (kg CO2-eq)
58	1518	7	36,000	7.6	6,466	35,559	11.39	4,261	2,204	6,232	46,300	7.43	1,237
59	1518	7	36,000	7.6	6,466	35,559	11.39	4,261	2,204	6,232	46,300	7.43	1,237
60	1519	6	25,000	7.6	3,849	26,195	11.31	2,710	1,139	3,312	32,900	9.93	639
รวม									87,661	251,499	1,635,700	7.05	49,178

จากผลดังกล่าว ถ้าพิจารณาการซื้อขายปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(คาร์บอนเครดิต) ของตลาดคาร์บอนในกลุ่มประเทศยุโรป มาคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย จะทำให้การคืนทุนมีระยะเวลาที่เร็วขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 35 โดยราคาคาร์บอนไดออกไซด์ในต้นเดือน มีนาคม 2555 มีราคา 7.82 ยูโรต่อตัน CO<sub>2</sub> หรือคิดเป็น 318 บาทต่อตัน CO<sub>2</sub> (อบก. 2555)

ตารางที่ 35 ผลตอบแทนการลงทุนเมื่อพิจารณาราคาซื้อขายการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>

ลำดับ	ห้อง	ผลประโยชน์ได้					
		ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	ก๊าซเรือนกระจก ที่ลดลง (ตัน CO <sub>2</sub> -eq)	ค่าใช้จ่ายจาก การปล่อย CO <sub>2</sub> (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่าย สุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายใน การลงทุน (บาท)	ระยะ คืนทุน (ปี)
1	1101	1048.65	0.18	55.88	1104.53	14400	13.04
2	1104-A	2479.73	0.47	149.02	2628.75	14400	5.48
3	1204	3052.16	0.59	186.28	3238.44	14400	4.45
4	1300	2479.73	0.47	149.02	2628.75	14400	5.48
5	1302	3311.72	0.64	203.17	3514.89	32900	9.36
6	1302-1	3311.72	0.64	203.17	3514.89	32900	9.36
7	1304-1,2	8118.53	1.62	516.01	8634.54	46300	5.36
8	1305	5392.87	1.06	338.62	5731.48	32900	5.74
9	1305	5392.87	1.06	338.62	5731.48	32900	5.74
10	1305	3052.16	0.59	186.28	3238.44	14400	4.45
11	1307	4740.20	0.93	296.14	5036.34	46300	9.19
12	1309	4802.41	0.94	300.19	5102.60	32900	6.45
13	1310-1	2479.73	0.47	149.02	2628.75	14400	5.48
14	1310-2	2479.73	0.47	149.02	2628.75	14400	5.48
15	1310-3	2479.73	0.47	149.02	2628.75	14400	5.48
17	1310-5	2479.73	0.47	149.02	2628.75	14400	5.48
18	1310-6	6547.33	1.30	413.75	6961.08	32900	4.73
19	1310-8	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
20	1310-9	1943.25	0.36	114.11	2057.36	14400	7.00

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	ผลประโยชน์ได้				ระยะ คืนทุน (ปี)
			ก๊าซเรือนกระจก ที่ลดลง (ตัน CO <sub>2</sub> -eq)	ค่าใช้จ่ายจาก การปล่อย CO <sub>2</sub> (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่าย สุทธิ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายใน การลงทุน (บาท)	
21	1310-11	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
22	1310-12	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
23	1310-13	1943.25	0.36	114.11	2057.36	14400	7.00
24	1313 A	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
25	1402	2568.56	0.49	154.80	2723.36	46300	17.00
26	1407-2	9454.03	1.90	602.93	10056.96	51400	5.11
27	1407-2	9454.03	1.90	602.93	10056.96	51400	5.11
28	1408-1	7502.79	1.50	475.94	7978.73	32900	4.12
29	1408-2	4577.68	0.90	285.56	4863.24	32900	6.77
30	1409-A	4802.41	0.94	300.19	5102.60	32900	6.45
31	1409-B	4802.42	0.94	300.19	5102.61	32900	6.45
32	1411	4802.41	0.94	300.19	5102.60	32900	6.45
33	1412	6814.15	1.36	431.12	7245.26	46300	6.39
34	1413-1	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
35	1413-2	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
36	1413-3	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
37	1413-5	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
38	1413-6	2761.05	0.53	167.33	2928.38	14400	4.92
39	1414-A	1907.30	0.35	111.77	2019.06	14400	7.13
40	1414-B	2370.39	0.45	141.91	2512.29	25000	9.95

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ลำดับ	ห้อง	ผลประหยัดได้					
		ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	ก๊าซเรือนกระจก ที่ลดลง (ตัน CO <sub>2</sub> -eq)	ค่าใช้จ่ายจาก การปล่อย CO <sub>2</sub> (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่าย สุทธิ (บาท/ ปี)	ค่าใช้จ่ายใน การลงทุน (บาท)	ระยะ คืนทุน (ปี)
41	1415-A	1907.30	0.35	111.77	2019.06	14400	7.13
42	1415-B	2370.39	0.45	141.91	2512.29	25000	9.95
43	1501	4788.67	0.94	299.29	5087.96	32900	6.47
44	1501	4788.67	0.94	299.29	5087.96	32900	6.47
45	1501-1	3052.16	0.59	186.28	3238.44	14400	4.45
46	1502	7854.45	1.57	498.82	8353.27	32900	3.94
47	1502	7854.45	1.57	498.82	8353.27	32900	3.94
48	1503	2489.34	0.47	149.65	2638.99	32900	12.47
49	1503-2	1919.65	0.35	112.57	2032.22	32900	16.19
50	1504-1	7854.45	1.57	498.82	8353.27	32900	3.94
51	1504-2	7854.45	1.57	498.82	8353.27	32900	3.94
52	1505	9102.38	1.82	580.04	9682.42	51400	5.31
53	1505	9102.38	1.82	580.04	9682.42	51400	5.31
54	1506-A	5523.71	1.09	347.13	5870.85	32900	5.60
55	1509-A	2383.35	0.45	142.75	2526.10	32900	13.02
56	1509-B	2383.35	0.45	142.75	2526.10	32900	13.02
57	1509-B	3052.16	0.59	186.28	3238.44	14400	4.45
58	1518	6232.29	1.24	393.25	6625.53	46300	6.99
59	1518	6232.29	1.24	393.25	6625.53	46300	6.99
60	1519	3311.72	0.64	203.17	3514.89	32900	9.36
เฉลี่ยระยะเวลาคืนทุน							6.01

ผลตอบแทนการลงทุนเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงของภาควิชาวิศวกรรมเคมี พบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 87,661 หน่วย/ปี ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นเงินจำนวน 251,498 บาทต่อปี และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งหมด 49.18 ตัน CO<sub>2</sub> eq / ปี ซึ่งจะต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนเงิน 1,635,700 บาท โดยมีระยะเวลาในการคืนทุนเฉลี่ย 7.05 ปี หากพิจารณาระยะคืนทุนต่ำกว่า 6 ปี จะมีเครื่องปรับอากาศที่ควรเปลี่ยนจำนวน 33 เครื่อง ซึ่งจะต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนเงิน 703,196 บาท สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 55,700 หน่วย/ปี ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นเงินจำนวน 152,675 บาทต่อปี และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งหมด 31.25 ตัน CO<sub>2</sub> eq /ปี ส่วนเครื่องปรับอากาศอื่นๆที่เหลือ ไม่แนะนำให้เปลี่ยนเนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 6 ปี มีจำนวนทั้งหมด 27 เครื่อง

เมื่อพิจารณาราคาซื้อขายการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยอ้างอิงราคาการซื้อขายก๊าซ CO<sub>2</sub> จากตลาดคาร์บอนในทวีปยุโรปพบว่า การเปลี่ยนไปใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงนั้นจะมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วขึ้นอีกประมาณ 1 ปี

จากผลการศึกษาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปรับอากาศ เสนอแนะให้เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว ก่อน โดยเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 33 เครื่อง ภายในระยะเวลา 5 ปี ลำดับก่อนหลังการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ แสดงดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ลำดับก่อนหลังการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศในปีที่ 1 ถึง ปีที่ 5

ปีที่	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	จำนวน เครื่องปรับอากาศ	เงินลงทุน
1	4.19	4	13,196
	4.39	1	32,900
	รวม	5	46,096
2	4.72	4	57,600
	5.02	1	32,900
	รวม	5	90,500

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ปีที่	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	จำนวน เครื่องปรับอากาศ	เงินลงทุน
3	5.22	9	129,600
	รวม	9	129,600
4	5.44	2	102,800
	5.65	2	102,800
	5.70	1	46,300
	รวม	5	251,900
5	5.81	6	86,400
	5.96	3	98,700
	รวม	9	185,100
	รวมทั้งหมด	33	703,196

### 3.2 ผลตอบแทนการลงทุนในมาตรการการลดใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง

จากผลการใช้พลังงานไฟฟ้า ค่าไฟฟ้า และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคศึกษา ในระบบแสงสว่างคิดเป็น 116,083 หน่วยต่อปี 318,196 บาทต่อปี และ 65.12 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี ตามลำดับ จากผลดังกล่าวสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยพิจารณาดำเนินการเปลี่ยนไปใช้หลอดคอมไฟประหยัดพลังงาน T5 คุณสมบัติและราคาของหลอดคอมไฟประหยัดพลังงาน T5 แสดงในภาคผนวก ฉ.

งานวิจัยนี้วิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนในมาตรการการลดใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างโดยแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่

- กรณีที่ 1 เปลี่ยนหลอดไฟไปใช้หลอดประหยัดไฟ T5 โดยไม่ต้องรื้อให้หลอดไฟเสีย
- กรณีที่ 2 เปลี่ยนหลอดไฟไปใช้หลอดประหยัดพลังงาน T5 เมื่อหลอดไฟเดิมเสีย

ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ปริมาณก๊าซเรือนกระจก และอัตราค่าไฟฟ้าต่อปีเมื่อเปลี่ยนมาใช้หลอดประหยัดไฟ T5 แสดงดังตารางที่ 37 และระยะเวลาคืนทุนของทั้ง 2 กรณีแสดงดังตารางที่ 38

เมื่อพิจารณาราคาซื้อขายการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยอ้างอิงราคาการซื้อขายก๊าซ CO<sub>2</sub> จากตลาดคาร์บอนในทวีปยุโรป มาพิจารณาเป็นผลประหยัดได้ประกอบการกำหนดผลตอบแทนการลงทุน ระยะเวลาคืนทุนที่ได้แสดงดังตารางที่ 39

ตารางที่ 37 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ปริมาณก๊าซเรือนกระจก และอัตราค่าไฟฟ้าต่อปีเมื่อเปลี่ยนมาใช้หลอดประหยัดไฟ T5

ประเภทของพื้นที่	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง			ผลประหยัดได้		
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kw-hr)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kw-hr)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kw-hr)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
ห้องเรียน	14,986	8,407	41,078	9,561	5,364	26,208	5,425	3,049	14,870
ห้องพักอาจารย์ บุคลากร และห้อง ธุรการ	10,525	5,904	28,850	7,093	3,979	19,442	3,432	1,632	9,407
ห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน	62,192	34,890	170,474	41,912	23,513	114,885	20,280	11,377	55,590
ห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ	6,602	3,704	18,097	4,449	2,496	12,195	2,153	1,208	5,901
ห้องประชุมและห้องที่มีการใช้ งานน้อย	1,650	1,556	4,524	1,112	624	3,049	538	307	1,475

ตารางที่ 37 (ต่อ)

ประเภทของพื้นที่	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง			ผลประหยัดได้		
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kw-hr)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kw-hr)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (kw-hr)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> eq/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)
ห้องน้ำ	5,441	3,053	14,915	4,692	2,632	12,863	749	420	2,053
ระเบียงทางเดินและพื้นที่นั่งได้อาคาร 1	12,605	7,071	34,551	9,890	5,549	27,111	2,714	1,523	7,440
ห้องเก็บของ ห้องควบคุม และห้องน้ำที่มีการใช้งานน้อยมาก	432	242	1,183	315	176	862	117	66	321
					รวมผลประหยัดได้		35,408	19,582	97,057

ตารางที่ 38 ระยะเวลาคืนทุนของทั้ง 2 กรณี

ประเภทของพื้นที่	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ห้องเรียน	3.95	2.67
ห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากรและ ห้องธุรการ	3.53	2.41
ห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน	2.95	2.05
ห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ	4.51	3.01
ห้องน้ำ	1.58	1.21
ระเบียงทางเดิน และพื้นที่นั่งใต้อาคาร 1	2.56	1.81
ห้องประชุม และห้องที่ทำการใช้งานน้อย	8.40	5.41
ห้องเก็บของ ห้องควบคุม และห้องน้ำที่มีการใช้งานน้อย	23.99	15.01

ตารางที่ 39 ระยะเวลาคืนทุนของทั้ง 2 กรณีเมื่อพิจารณาการซื้อขายการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>

ประเภทของพื้นที่	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ห้องเรียน	3.68	2.49
ห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากรและ ห้องธุรการ	3.35	2.28
ห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน	2.77	1.92
ห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ	4.23	2.83
ห้องน้ำ	1.49	1.13
ระเบียงทางเดิน และพื้นที่นั่งใต้อาคาร 1	2.40	1.70
ห้องประชุม และห้องที่ทำการใช้งานน้อย	7.88	5.07
ห้องเก็บของ ห้องควบคุม และห้องน้ำที่มีการใช้งานน้อย	22.48	14.07

จากผลการตอบแทนการลงทุนเมื่อเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟประหยัดพลังงาน พบว่า ภาควิชาฯ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 35,408 หน่วย/ปี ประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นเงินจำนวน 97,057 บาทต่อปี และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งหมด 19.58 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ปี ซึ่งจะต้องใช้เงินลงทุนซื้อหลอดไฟจำนวนทั้งหมด 1,042 หลอด คิดเป็นมูลค่า 260,500 บาทจากผลในตารางที่ 33 มีหลายพื้นที่ ที่ควรเปลี่ยนไปใช้หลอดประหยัดพลังงาน T5 แทนที่โดยไม่จำเป็นต้องรอให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์เสีย เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนต่ำกว่า 5 ปี ได้แก่ ห้องเรียน ห้องพักอาจารย์ ห้องบุคลากร ห้องธุรการ ห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน ห้องวิจัยประเภทปฏิบัติการ ห้องน้ำ ระเบียงทางเดิน และพื้นที่นั่งใต้อาคาร 1

#### 4. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

##### 4.1 ข้อเสนอแนะในมาตรการเปลี่ยนชนิดของสารทำความเย็น

ราคาการเปลี่ยนแปลงสารทำความเย็นจาก R22 ไปใช้ R290 แสดงดังตารางที่ 40 โดยการเปลี่ยนไปใช้สารทำความเย็น R290 มีข้อดี และข้อเสีย ดังนี้

##### ข้อดี

- ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงหรือตัดแปลงอุปกรณ์ และสารหล่อเย็นในเครื่องปรับอากาศ
- ใช้สารทำความเย็นน้อยลงเรื่อยๆ และมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารทำความเย็น R22 เนื่องจากสารทำความเย็นชนิดนี้อัดให้เปลี่ยนสถานะได้ง่ายกว่าเดิม ส่งผลคอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง โดยประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงประมาณ 12-16% เมื่อเทียบกับสารทำความเย็น R22 ทดสอบโดย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง (บริษัท ไอแอมบีที เอส จำกัด, 2555)

## ข้อเสีย

- ค่าอัดสารทำความเย็น R290 ในตู้เครื่องปรับอากาศมีราคาสูง
- เป็นสารไวไฟและหนักกว่าอากาศเพราะส่วนประกอบสำคัญคือ propane เวลาสารทำความเย็นดังกล่าวรั่วไหลห้ามทำให้เกิดประกายไฟ

ตารางที่ 40 ราคาการเปลี่ยนแปลงสารทำความเย็นจาก R22 ไปใช้ R290

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	1 เครื่อง	2 - 4 เครื่อง	5 - 10 เครื่อง	11 - 20 เครื่อง
9,000 – 17,000 BTU.	1,900.-	1,800.-	1,700.-	1,600.-
17,001 - 27,000 BTU.	2,500.-	2,400.-	2,250.-	2,100.-
27,001 - 37,000 BTU.	3,100.-	2,900.-	2,750.-	2,600.-
37,001 - 47,000 BTU.	3,650.-	3,450.-	3,250.-	3,050.-
47,001 - 57,000 BTU.	4,200.-	3,950.-	3,350.-	3,550.-
57,001 - 67,000 BTU.	4,750.-	4,550.-	4,300.-	4,050.-

## หมายเหตุ เงื่อนไขการเปลี่ยน

- ถ่ายสารทำความเย็น R22 ออกจากระบบทั้งหมด
- ทำสุญญากาศในระบบและเติมสารทำความเย็น R290
- ค่าไฟฟ้าลดทันที 15-30% รับประกันผล 1 ปี

ที่มา: บริษัท ไอเอ็มบีทีเอส จำกัด (2555)

จากราคาแสดงดังตารางที่ 40 ถ้าภาควิชาฯ ต้องการเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R22 ไปใช้สารทำความเย็น R290 ในเครื่องปรับอากาศจำนวนทั้งหมด 106 เครื่อง คิดเป็นมูลค่าการลงทุน 227,550 บาท ดังแสดงในตารางที่ 41

ตารางที่ 41 มูลค่าการเปลี่ยนแปลงสารทำความเย็นจาก R22 ไปใช้ R290 ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	จำนวนเครื่องปรับอากาศ (เครื่อง)	ราคา (บาท)
9,000 – 17,000 BTU.	46	73,600
17,001 - 27,000 BTU.	19	39,900
27,001 - 37,000 BTU.	34	88,400
37,001 - 47,000 BTU.	4	13,800
47,001 - 57,000 BTU.	3	11,850
รวม	106	227,550

4.2 ข้อเสนอแนะจัดทำถังขยะแบบแยกประเภทชนิดของขยะ และรณรงค์การคัดแยกขยะของนิสิต และบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมเคมี

จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่า ปริมาณขยะที่ส่งไปรีไซเคิลนั้น จะช่วยลดกลิ่นก๊าซเรือนกระจกกลับสู่ภาควิชาฯ ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกจากภาควิชาฯ ได้ประมาณปีละ 7.18 ตัน CO<sub>2</sub> eq/ ปี ดังนั้น เพื่อลดภาระหน้าที่งานของแม่บ้านในการคัดแยกขยะและเป็นการปลูกจิตสำนึกเรื่องการคัดแยกขยะของนิสิต และบุคลากร รวมไปถึงการเป็นแบบอย่างขององค์กรสถาบันการศึกษาที่ส่งเสริมการคัดแยกขยะ และเป็นองค์กรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นภาควิชาฯ ควรสนับสนุนการจัดซื้อหรือทำถังขยะแบบแยกประเภทชนิดขยะวางตามจุดต่างๆ ให้ครอบคลุมพื้นที่ของอาคาร 1

#### 4.3 ข้อเสนอแนะการปิดเครื่องปรับอากาศ และหลอดไฟระหว่างรับประทานอาหารกลางวันของห้องวิจัยประเภทนั่งทำงาน

ภาควิชาวิศวกรรมเคมีมีนโยบายปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดในห้องธุรการ ระหว่างเวลาพักรับประทานอาหารกลางวัน หรือระหว่างเวลา 12.00 – 13.00 น. ซึ่งสามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 1,000 kW-hr/ปี หรือลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณปีละ 561 kg CO<sub>2</sub> eq/ปี

ปัจจุบันเวลาพักรับประทานอาหารกลางวันของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาในแต่ละห้อง จะเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้ตลอดเวลา ซึ่งถ้าณรงค์ให้ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ สามารถลดการใช้พลังงานในห้องวิจัยประเภทนั่งทำงานได้ประมาณปีละ 24,000 kW-hr/ปี หรือลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณปีละ 13,464 kg CO<sub>2</sub> eq/ปี และสามารถลดค่าใช้ไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 65,700 บาท ซึ่งเป็นการลดใช้พลังงานโดยไม่ต้องลงทุน

#### 4.4 ข้อเสนอแนะเปิดลิฟต์โดยสารเพียงบางชั้น และการรณรงค์ลดการใช้ลิฟต์โดยสาร

มาตรการเปิดลิฟต์เพียงบางชั้น ภาควิชาได้เริ่มทำการทดลองเปิดลิฟต์เฉพาะชั้น 1 และชั้น 3 ในวันที่ 1 มีนาคม 2555 พบว่าจำนวนครั้งการใช้ลิฟต์ต่อวันลดลง จากเดิมประมาณ 1,550 ครั้งต่อวันเหลือประมาณวันละ 1,150 ครั้งต่อวัน หรือลดลงวันละ 400 ครั้ง สามารถลดการใช้พลังงานในได้ประมาณปีละ 13,900 kW-hr/ปี หรือลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณปีละ 7,800 kg CO<sub>2</sub> eq/ปี และสามารถลดค่าใช้ไฟฟ้าได้ประมาณปีละ 38,000 บาท เป็นอีกมาตรการหนึ่งที่ลดการใช้พลังงานโดยไม่ต้องลงทุน

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

งานวิจัยนี้ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามมาตรฐานแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2554), The Greenhouse Gas Protocol (2004), ISO 14064 Part 1 (2006) และ ISO/CD 14069 (2011) โดยแบ่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะคำนวณออกมาในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งพิจารณาจากก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ตามที่กำหนดในพิธีสารเกียวโต

### การจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

งานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก โดยทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในอาคาร 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นที่ตั้งของภาควิชาวิศวกรรมเคมี ภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานของภาควิชาฯ โดยไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยงานต่างๆ ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่อาคาร 1 แต่ทางภาควิชาฯ ไม่มีอำนาจการควบคุมการดำเนินงาน ได้แก่ ห้องโครงการภาคพิเศษนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ร้านถ่ายเอกสารชั้น 1 ห้องเรียนของโครงการวิศวกรรมความปลอดภัย ห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ และห้องประชุมของคณะวิศวกรรมศาสตร์

### การคำนวณหาปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ

ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของภาควิชาวิศวกรรมเคมีในปีการศึกษา 2553 โดยจำแนกประเภทของกิจกรรมเป็น 3 ประเภท กิจกรรมประเภทที่ 1, 2 และ 3 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 34.47 , 548.10 และ 243.56 ตัน CO<sub>2</sub> eq ต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 4, 66 และ 30 ตามลำดับ

## การกำหนดเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

งานวิจัยนี้ได้กำหนดเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 5 จากปีฐานการปล่อยหรือปีการศึกษา 2553 เพื่อให้สอดคล้องกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศที่พัฒนาแล้ว (กลุ่มประเทศในภาคผนวกที่ 1) ภายในระยะเวลา 5 ปี หรือภายในปีการศึกษา 2557

## กำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การกำหนดมาตรการ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยแบ่งเป็นวิธีการ 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในภาควิชาฯ และการทำคาร์บอนออฟเซต

## การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานภายในภาควิชาฯ ผลตอบแทนการลงทุน และการทำคาร์บอนออฟเซตคาร์บอน

เมื่อกำหนดเป้าหมายให้มีการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาฯลงร้อยละ 5 ภายในระยะเวลา 5 ปี ตามอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศพัฒนาแล้ว พบว่ามาตรการที่เหมาะสมได้แก่ การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเก่าจำนวน 33 เครื่อง และการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ จำนวน 1,042 หลอด ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ปีละ 31.25 และ 19.58 ตัน CO<sub>2</sub> เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ รวมคิดเป็นร้อยละ 6.2 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ทำให้ภาควิชาฯลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลงได้ตามเป้าหมาย และเมื่อศึกษาผลตอบแทนการลงทุน โดยใช้วิธีการหารระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย พบว่า การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 6 ปี และการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์มีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 4 ปี หากในปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังลดลงไม่ถึงเป้าหมายให้ทำการออฟเซตคาร์บอนเพื่อลดให้ได้ตามเป้าหมายในลำดับต่อไป นอกจากนี้ยังได้จัดทำข้อเสนอแนะในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทั้ง 3 ประเภทของภาควิชาฯอีกด้วย

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อ

- ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีการใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกบางค่าของต่างประเทศ จึงควรใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นของประเทศไทย หากมีค่าดังกล่าวในอนาคต

- ในงานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะในเดือนกันยายน 2554 และใช้เป็นตัวแทนข้อมูลปริมาณขยะที่ภาควิชาส่งให้ทางกรุงเทพมหานครกำจัด จึงควรจัดเก็บข้อมูลมากกว่านี้ เพราะกิจกรรมทางการศึกษาในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกัน

- ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร 1 เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า 2 ตัว โดยมิเตอร์ตัวที่ 1 เป็นมิเตอร์ที่ใช้ในอาคาร 1 เท่านั้นตั้งแต่ชั้น 1 ถึง ชั้น 4 ส่วนมิเตอร์ตัวที่ 2 เป็นมิเตอร์ที่ใช้กับอาคาร 1 ชั้น 5 และ อาคาร 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการคำนวณหาค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมิเตอร์ตัวที่ 2 จากข้อมูลสัดส่วนในใช้พลังงานของอาคาร 1 และ อาคาร 3 จากงานการอนุรักษ์พลังงานปีพ.ศ. 2549 ของสถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำให้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ตัวที่ 2 มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

- ข้อมูลการรั่วไหลของสารทำความเย็นเป็นข้อมูลที่ประมาณจากการซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ โดยตั้งสมมติฐานว่า ถ้ามีการเติมสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ แสดงว่าสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศนั้นได้รั่วไหลออกจากเครื่องปรับอากาศหมด ควรบันทึกปริมาณสารทำความเย็นที่เติมในระบบปรับอากาศจริงทุกครั้ง ที่มีการเติมสารทำความเย็น

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2548. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของไทย.

แหล่งที่มา: <http://www.dede.go.th>, 11 มีนาคม 2555.

กระทรวงพลังงาน. 2552. ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานระหว่างปีพ.ศ. 2546-2550.

แหล่งที่มา: <http://www.thaienergydata.in.th>, 17 มีนาคม 2555.

กองไฟฟ้า กองช่างโยธาทหารอากาศ. 2554. แผนอนุรักษ์พลังงานกองทัพอากาศ เรื่องลดดม  
ประหยัดพลังงาน T5 พ.ศ.54. 18 หน้า.

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. คำศักยภาพทางความร้อน  
ของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมด้วยพิธีสารเกียวโต. แหล่งที่มา : <http://www.ipcc.ch/>,  
24 ธันวาคม 2553.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2553. ก๊าซเรือนกระจก.

แหล่งที่มา: <http://www.ru.ac.th>, 16 ธันวาคม 2553.

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม. 2554. การดำเนินการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง  
สภาพภูมิอากาศ.

แหล่งที่มา: [http://www.jgsee.kmutt.ac.th/greenhouse/unfccc/unfccc\\_history.php](http://www.jgsee.kmutt.ac.th/greenhouse/unfccc/unfccc_history.php),

20 เมษายน 2554.

บุญจิรา จนางกะกาญจน์. 2554. รอยเท้าคาร์บอนขององค์กรการศึกษา: กรณีศึกษา ภาควิชาวิศวกรรม  
สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท รุ่งเรืองแอร์ จำกัด. 2555. ราคาเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง.

แหล่งที่มา: <http://www.rung-ruengair.com/service/SetUpClean1.html>, 25 มกราคม 2555.

บริษัท ไอแอมบีทีเอส จำกัด. 2555. ราคาสารทำความเย็นชนิดต่างๆ

แหล่งที่มา: <http://www.iambts.com/>, 25 มกราคม 2555.

ศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร. 2552. รายงานการประเมินกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลง  
ภูมิอากาศพ.ศ. 2552. 60 หน้า.

สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2554. ประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญา  
สหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.

แหล่งที่มา: <http://www.onep.go.th/>, 25 เมษายน 2554.

สถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2549. รายงานการอนุรักษ์พลังงานของ คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีพ.ศ. 2549. 120 หน้า

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2554. แนวทางการประเมินคาร์บอน  
ฟุตพริ้นท์ขององค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 1. ม.ป.ท.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ตลาดคาร์บอน.

แหล่งที่มา: <http://carbonmarket.tgo.or.th/>, 15 มีนาคม 2555.

เอกรินทร์ แสงธรรมรัตน์. 2547. Database Designed for Energy Consumption Analysis of Air  
Conditioning and Lighting Systems in Building. น.125-132. ใน การประชุมวิชาการ  
เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18 ระหว่างวันที่ 18-20 ตุลาคม 2547  
จังหวัด-ขอนแก่น. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Alexander D. 2008. An audit of the Carbon Footprint of the department of Mechanical  
Engineering at Michigan State University. **Journal of Sustainable**. 3: 2-28.

Ali M., William B., Muscoe M. and L. Jaime. 2007. **University of Pennsylvania Carbon**

**Footprint.** Available Source:

<http://www.aashe.org/documents/resources/PennGreenhouseGasReport.pdf>,

May 21, 2011.

American Association for the Advancement of Science. **Green house gases.**

Available Source: <http://www.sciencemag.org/>, December 24, 2010.

Andrew M., Mondli G., Nothando W. M. and L. Thapelo. 2006. Carbon footprint of the University of Cape Town. **Journal of Energy in Southern Africa.** Vol 22 No 2.

Bezyrtzi G. and S. Paul. 2005. **Carbon Footprint of the University of Strathclyde.** Energy System and the Environmental. Msc. Thesis, University of Strathclyde.

Bureau V. 2008. Reduce your carbon footprint. **Certification Newsletter.** Issue 4. 18.

Carbontrust 2010. **Corporate Carbon Footprint.**

Available Source: <http://www.carbontrust.co.uk>, December 10, 2011.

Carbon Dioxide Information Analysis. 2008. **Greenhouse Gas Emissions.** Available Source: <http://cdiac.ornl.gov/>, December 15, 2011.

Purdue University. 2007. **Carbon Neutrality at Purdue University.** Available Source:

[http://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.purdue.edu%2FDP%2Fclimate%2Fassets%2Fpdfs%2FCN\\_P\\_FINAL.pdf&ei=paloT62uGsfprQf\\_pPn\\_Bw&usq=AFQjCNFH6VLVyHolyBqDVbxdHOeupM7AxQ&sig2=tHz3lGbbiF9klfWKBOE-8g](http://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.purdue.edu%2FDP%2Fclimate%2Fassets%2Fpdfs%2FCN_P_FINAL.pdf&ei=paloT62uGsfprQf_pPn_Bw&usq=AFQjCNFH6VLVyHolyBqDVbxdHOeupM7AxQ&sig2=tHz3lGbbiF9klfWKBOE-8g), October 14, 2011.

Colbourne Daniel. 2008. Opportunities for the use of hydrocarbon refrigerants in air conditioning applications. *In GTZ Proklima Seminar The Use of Hydrocarbon Refrigerants in Air-Conditioning Systems*. 8th October 2008. Bangkok, Thailand.

ESCAP. 2007. **Asia-Pacific in Figures 2006**, UNESCAP. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), Thailand. Available Source: <http://www.unescap.org/stat/data/apif/2006/Thailand-apif2006.pdf>, January 20, 2012.

Google. 2012. **Google Map**. Available Source: <http://maps.google.co.th/maps?hl=th&tab=wl>, January 25, 2012.

Intergovernmental Panel on climate change (IPCC). 2006. **Kyoto Protocol**. Available Source: <http://www.ipcc.ch/>, April 20, 2011.

Intergovernmental Panel on climate change (IPCC). 2006. **Third Assessment Report**. Available Source: <http://www.ipcc.ch/>, April 20, 2011.

International Organization for Standardization. 2006. **ISO 14064-1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals**.

International Organization for Standardization. 2006. **ISO/WD TR 14069: GHG - Quantification and reporting of GHG emissions for organizations (Carbonfootprint of organization) -Guidance for the application of ISO 14064-1**.

Lynas, M. 2007. **Carbon Counter**. Glasgow: HarperCollins Publishers.

PAS 2050: 2008. **Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services**.

Stephen Boles and EPS Eco-TeamKuzuka Ltd. 2010. **Carbon Footprint of Exeter**

**Public School.**

Avialable Source: <https://greenspaceamdsb.pbworks.com/w/page/23759232/Exeter>,  
December 27, 2010.

The green power group 2003. **Corporate Greenhouse Gas Emissions Inventories: Accounting for the climate benefits of Green Power.**

Avialable Source: <http://www.thegreenpowergroup.org>, December 16, 2010.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). 2004. **The GHG Protocol for Project Accounting.**

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2011. **Global warming.**

Avialable Source: <http://www.iisd.ca/climate/cop9/>, May 24, 2011





ตารางผนวกที่ ก1 ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ลำดับ	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ (kg CO2 eq/ หน่วย)	แหล่งข้อมูล อ้างอิง
1	LPG เผาไหม้ในยานพาหนะ	กก.	2.84	อบก.
2	NGV เผาไหม้ในยานพาหนะ	กก.	2.247	อบก.
3	เบนซิน เผาไหม้ในยานพาหนะ	ลิตร	2.19	อบก.
4	ดีเซล เผาไหม้ในยานพาหนะ	ลิตร	2.745	อบก.
5	ไบโอดีเซล เผาไหม้ในยานพาหนะ	ลิตร	2.627	อบก.
6	รถไฟฟ้า	คน กิโลเมตร	0.00515	simapro 7.2
7	ขวด PET	กก.	-1.19	ศาสตร์ (2554)
8	ขวดแก้วรีไซเคิล	กก.	-3.04	ศาสตร์ (2554)
9	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ Full load 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	ตัน กิโลเมตร	0.0548	Thai LCI data
10	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ Full load 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	ตัน กิโลเมตร	0.5401	Thai LCI data
ของเสีย (11-20)				
11	ขยะอินทรีย์	กก.	2.53	อบก.
12	ขยะประเภท กระจาย (ที่รีไซเคิล ไม่ได้)	กก.	2.93	อบก.
13	Oil	กก.	16.3	Simapro 7.2
14	mixed solvent	กก.	210.96	Simapro 7.2
15	High toxic	กก.	20.91	Simapro 7.2
16	Heavy metal	กก.	0.68	Simapro 7.2

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ (kg CO2 eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
17	Unknow	กก.	57.1	Simapro 7.2
18	ยางพารา (Lanfill)	กก.	3.7	Simapro 7.2
19	Zeolite waste (Lanfill)	กก.	19.03	Simapro 7.2
20	ไฟฟ้า	kwh	0.561	อบก.
21	น้ำประปา	ลูกบาศก์เมตร	0.0264	อบก.
22	ฟีน	กก.	1.93	อบก.
23	ซังข้าวโพด	กก.	1.045	อบก.
24	ก๊าซหุงต้มเผาไหม้อยู่กับที่	กก.	2.708	อบก.
25	ดีเซล เผาไหม้อยู่กับที่	ลิตร	2.708	อบก.
26	HCFC (R22)	กก.	1,810	อบก.
27	กระดาศ A4 80 แกรม แก๊สบรรจุท่อ (28-35)	กก.	0.735	อบก.
28	CO2	กก.	0.1605	Thai LCI data
29	ก๊าซแอมโมเนีย	กก.	0.3	Simapro
30	Hydrogen	กก.	0.1355	อบก.
31	Nitrogen	กก.	0.1705	อบก.
32	Oxygen (m3)	กก.	0.4206	อบก.
33	Argon	กก.	0.189	Simapro 7.2
34	Helium	กก.	9.5	Simapro 7.2
35	CO	กก.	1.57	Simapro 7.2

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์ (kg CO2 eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
สารเคมี (36-56)				
36	Acetone	กก.	2.05	Simapro 7.2
37	Ammonium nitrate	กก.	8.48	Simapro 7.2
38	Phenol	กก.	3.5	Simapro 7.2
39	Zeolite	กก.	2.9	Simapro 7.2
40	Ethanol	กก.	6.5236	อบก.
41	chloroform	กก.	4.13	
42	Hexane	กก.	0.916	
43	polyethylene	กก.	2.1	อบก.
44	Styrene	กก.	2.1909	อบก.
45	Styrene butadiene rubber	กก.	3.3993	Simapro 7.2
46	Toluene	กก.	1.011	Simapro 7.2
47	Dimethyl ether	กก.	0.00869	Simapro 7.2
48	Hydrochloric acid	กก.	5.262	อบก.
49	Silica	กก.	0.0211	อบก.
50	Sodium hydroxide	กก.	1.0377	อบก.
51	Sodiumsilicate	กก.	0.64	Simapro 7.2
52	Rubber	กก.	2.63	อบก.
53	carbon black	กก.	0.625	Simapro 7.2
54	Methyl ethyl ketone	กก.	1.54	Simapro 7.2
55	n-pentane	กก.	1.9627	Simapro 7.2
56	sulfuric acid	กก.	0.12	Simapro 7.2

### แสดงการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือคูคลับก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมประเภทที่ 1 เช่น การรั่วไหลของสารทำความเย็น R22 ในเครื่องปรับอากาศ

ปริมาณสารทำความเย็น = 15.67 kg

ค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือคูคลับก๊าซเรือนกระจก = 1,810 kg CO<sub>2</sub> eq/kg

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 18.07 kg x 1,810 kg CO<sub>2</sub> eq/kg

= 32,706.7 kg CO<sub>2</sub> eq



ภาคผนวก ข ประกอบด้วย

ภาพผนวกที่ ข1 ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 1

ภาพผนวกที่ ข2 ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 2

ภาพผนวกที่ ข3 ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 3

ภาพผนวกที่ ข4 ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 4

ภาพผนวกที่ ข5 ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 1

ภาพผนวกที่ ข6 ตำแหน่งและรายละเอียดโคมไฟชั้น 1

ภาพผนวกที่ ข7 ตำแหน่งและรายละเอียดโคมไฟชั้น 2

ภาพผนวกที่ ข8 ตำแหน่งและรายละเอียดโคมไฟชั้น 3

ภาพผนวกที่ ข9 ตำแหน่งและรายละเอียดโคมไฟชั้น 4

ภาพผนวกที่ ข10 ตำแหน่งและรายละเอียดโคมไฟชั้น 5

ภาพผนวกที่ ข11 โคมประเภทที่ 1 ฟลูออเรสเซนต์ 1 x 36 W โคมติดลอยชนิดเปลือย

ภาพผนวกที่ ข12 โคมประเภทที่ 2 ฟลูออเรสเซนต์ 1 x 36 W ติดฝังฝ้าตะแกรงสะท้อนแสง

ภาพผนวกที่ ข13 โคมประเภทที่ 3 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรง reflect

ภาพผนวกที่ ข14 โคมประเภทที่ 4 ฟลูออเรสเซนต์ 3 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรง reflect

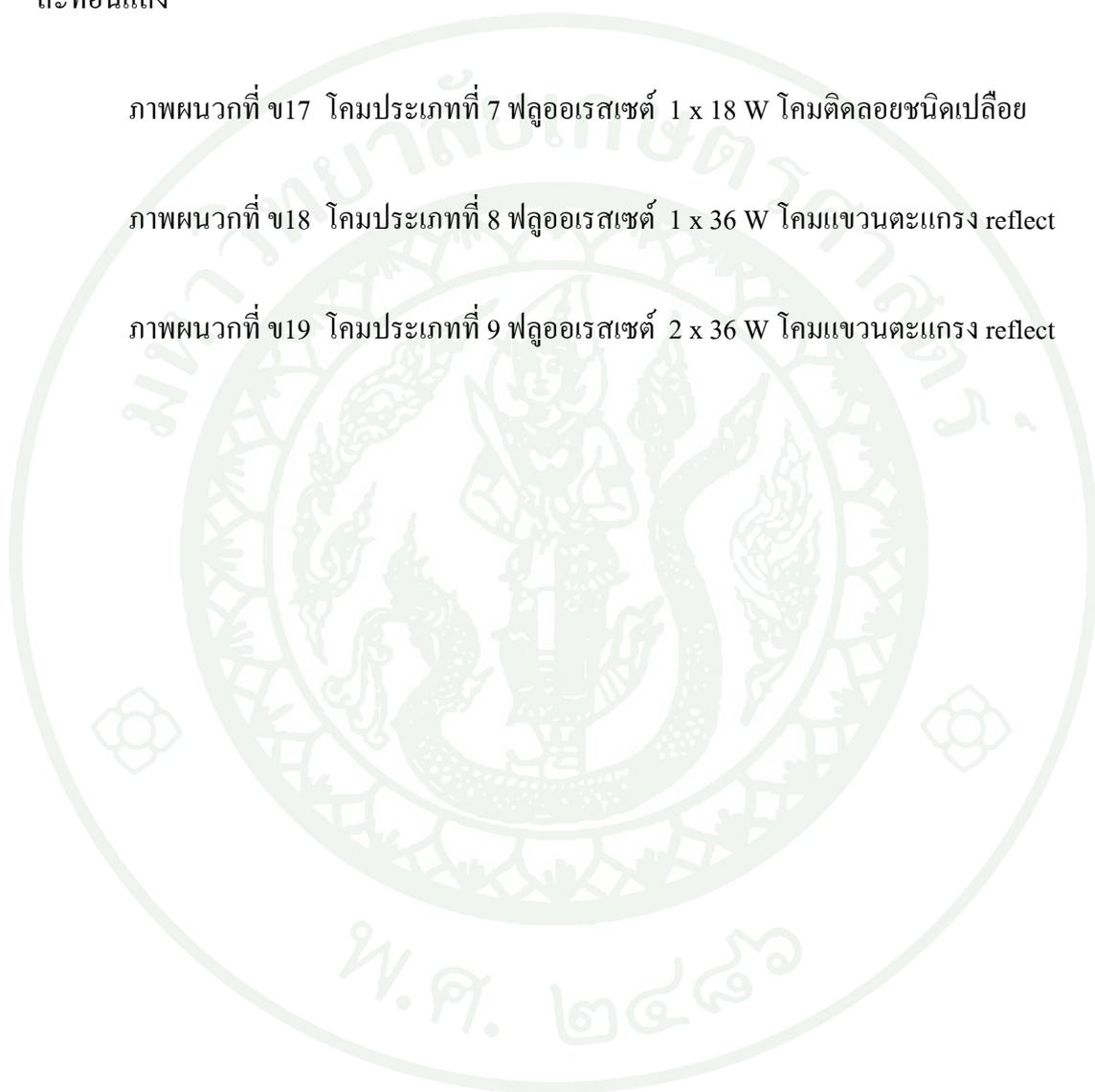
ภาพผนวกที่ ข15 โคมประเภทที่ 5 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรง แบบถึ  
ไม่สะท้อนแสง

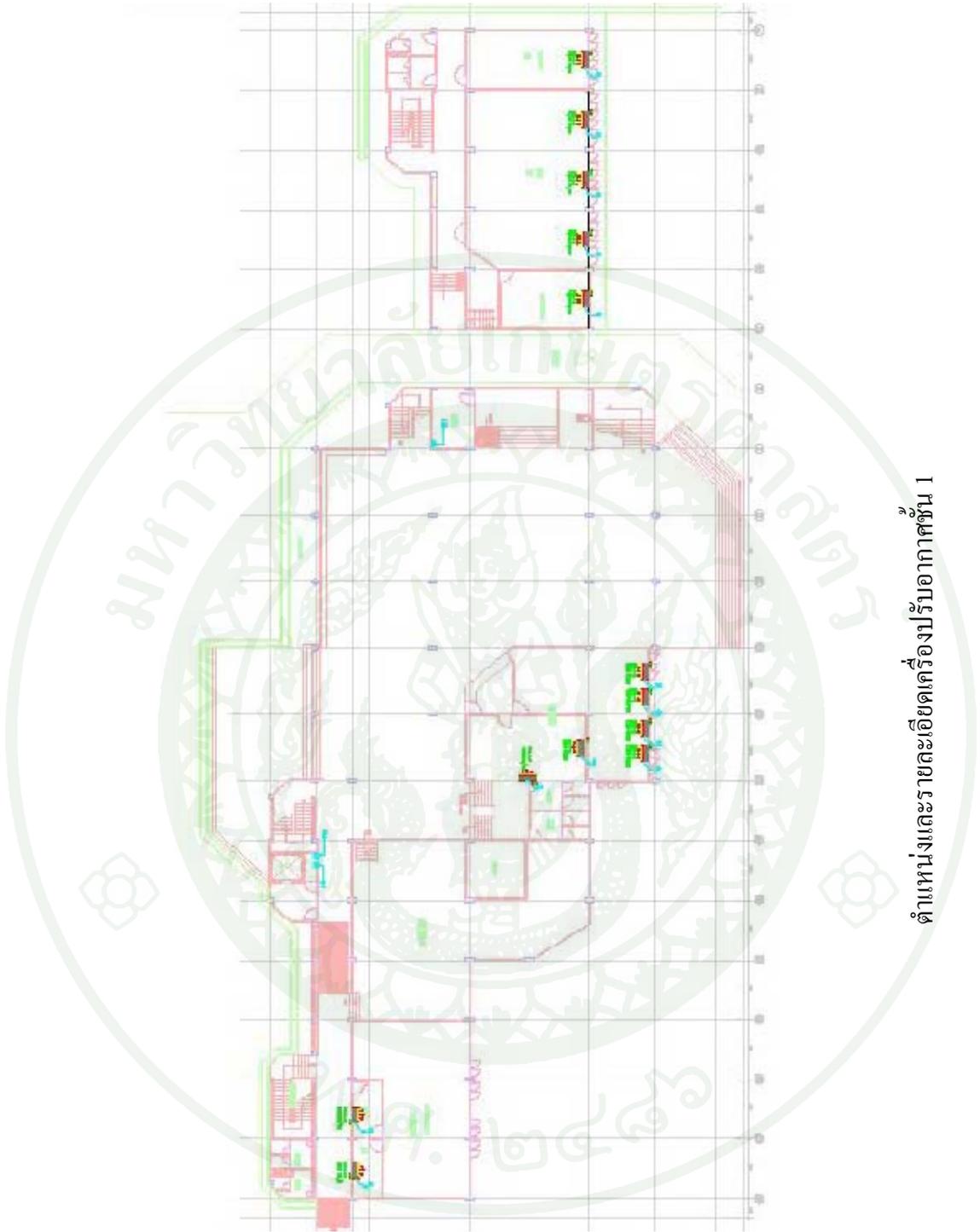
ภาพผนวกที่ ข16 โคมประเภทที่ 6 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมติดฝังฝ้าตะแกรง แบบไม่  
สะท้อนแสง

ภาพผนวกที่ ข17 โคมประเภทที่ 7 ฟลูออเรสเซนต์ 1 x 18 W โคมติดลอยชนิดเปลือย

ภาพผนวกที่ ข18 โคมประเภทที่ 8 ฟลูออเรสเซนต์ 1 x 36 W โคมแขวนตะแกรง reflect

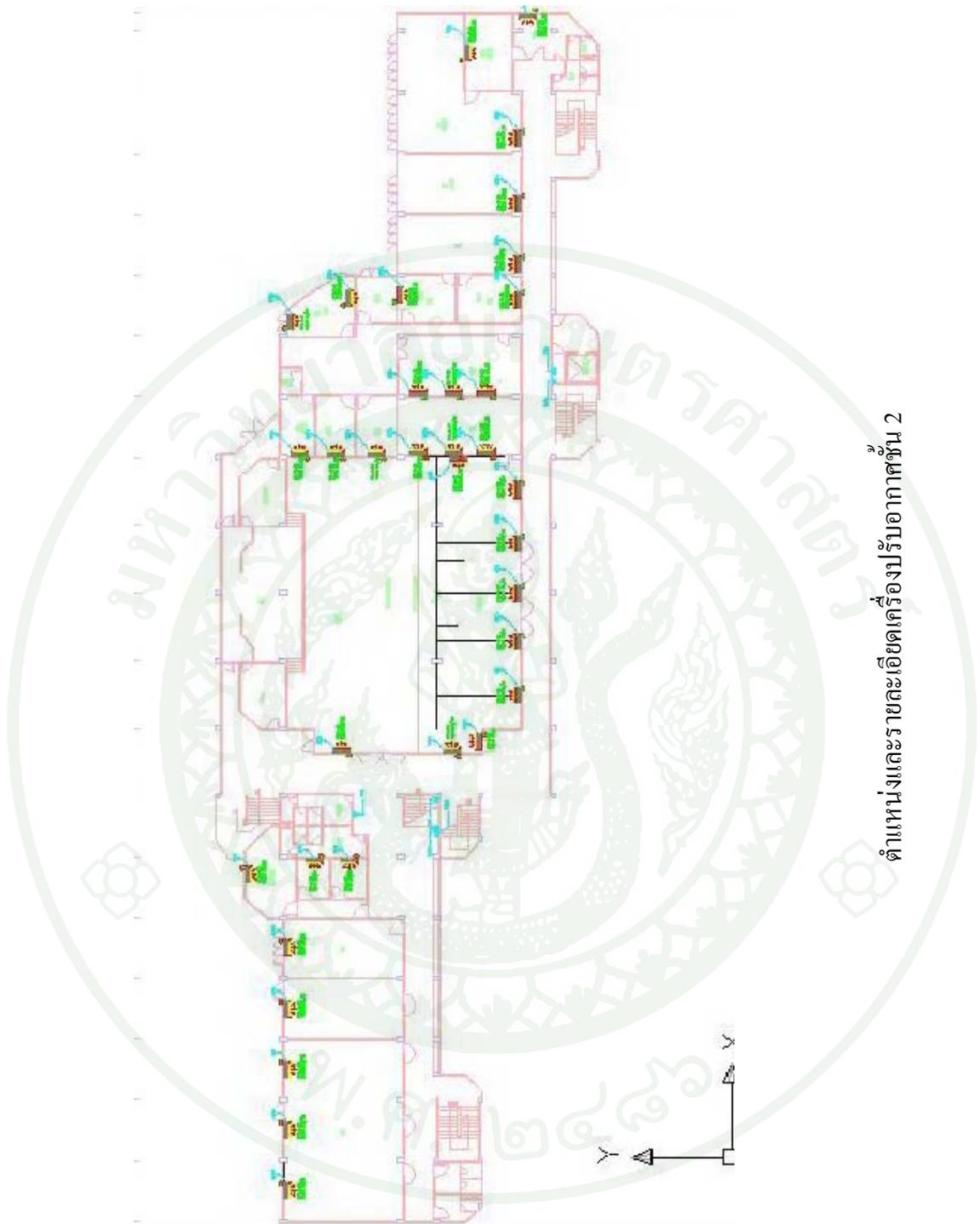
ภาพผนวกที่ ข19 โคมประเภทที่ 9 ฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W โคมแขวนตะแกรง reflect





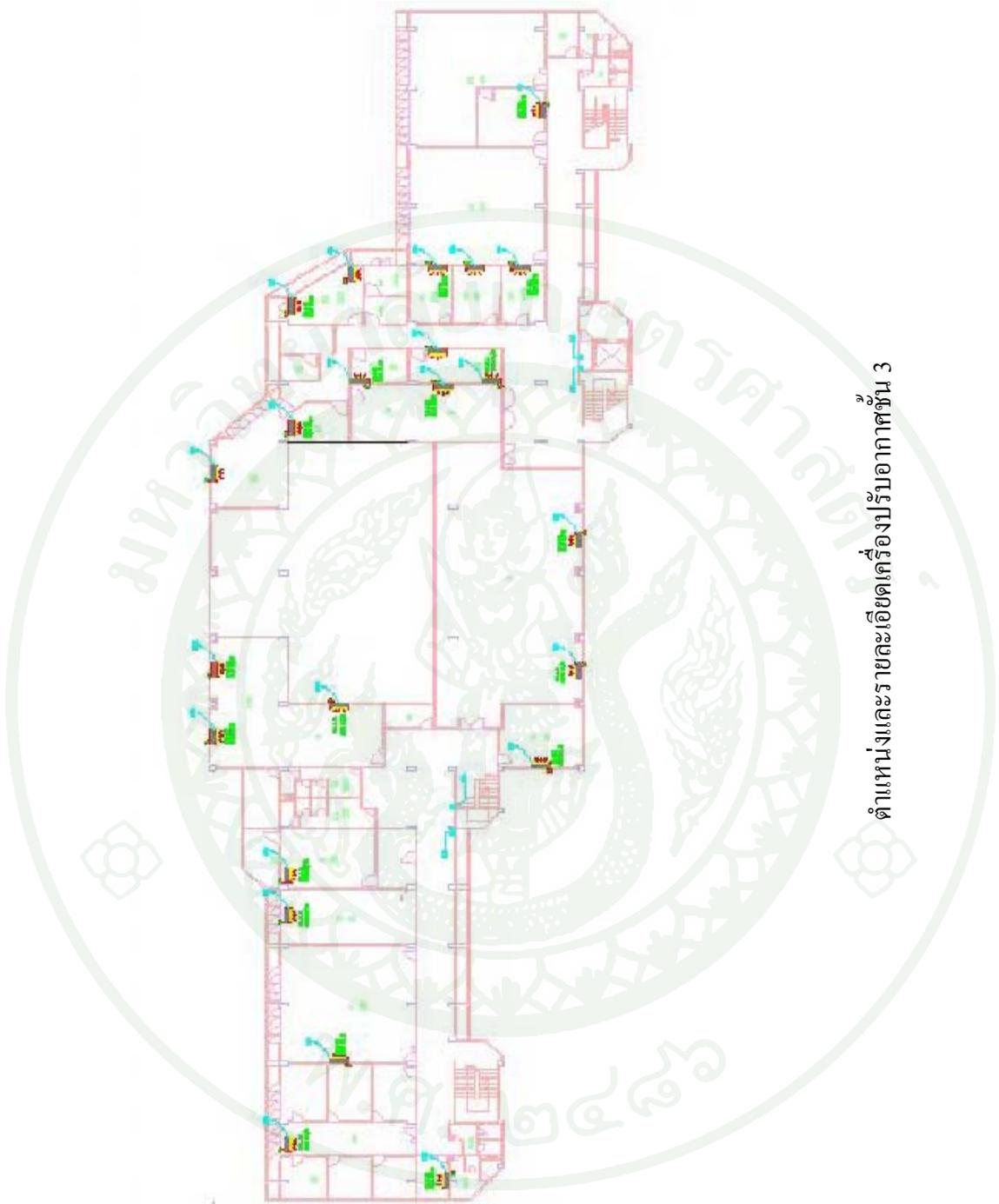
ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 1

ภาพผนวกที่ ข1



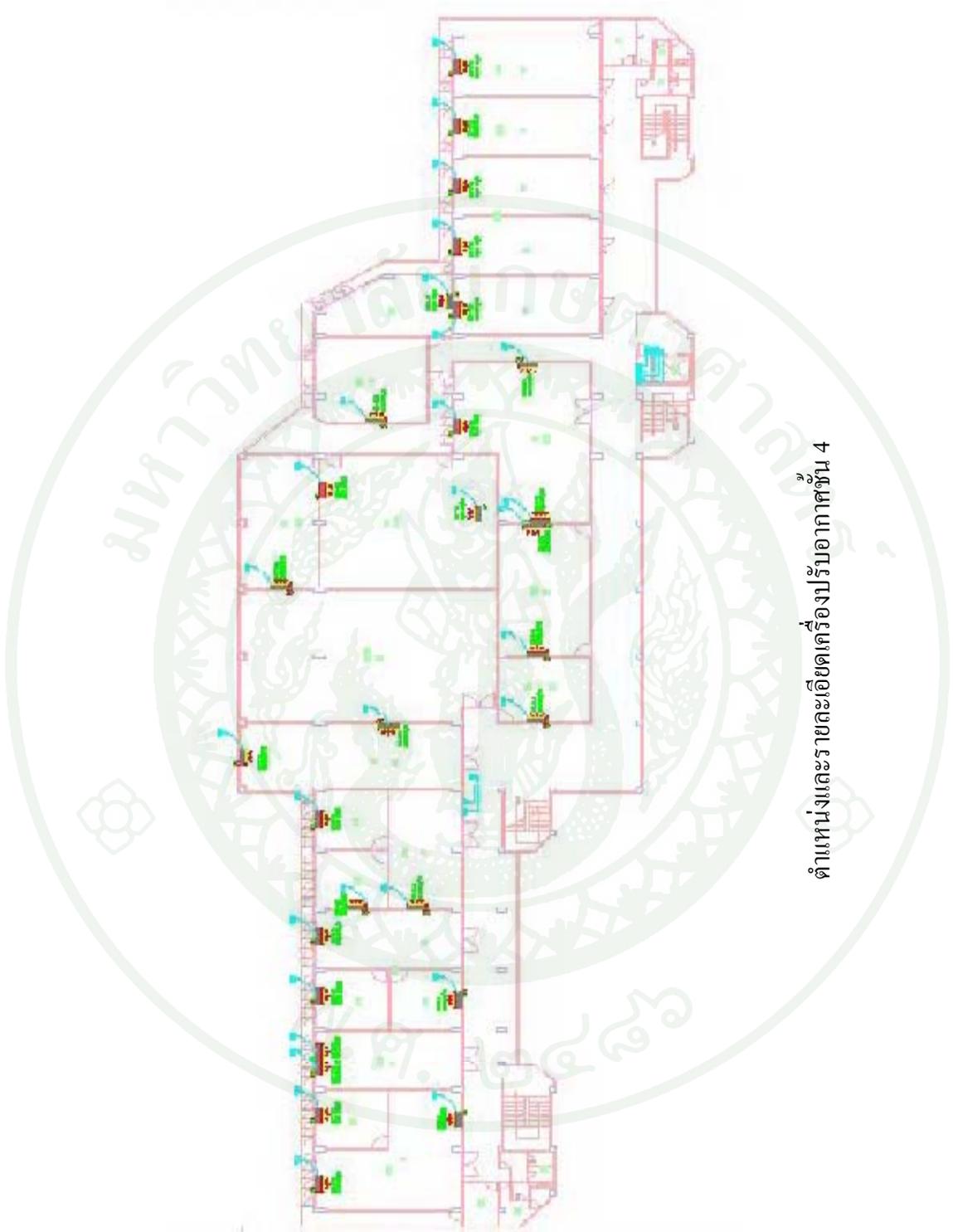
ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 2

ภาพผนวกที่ ข2



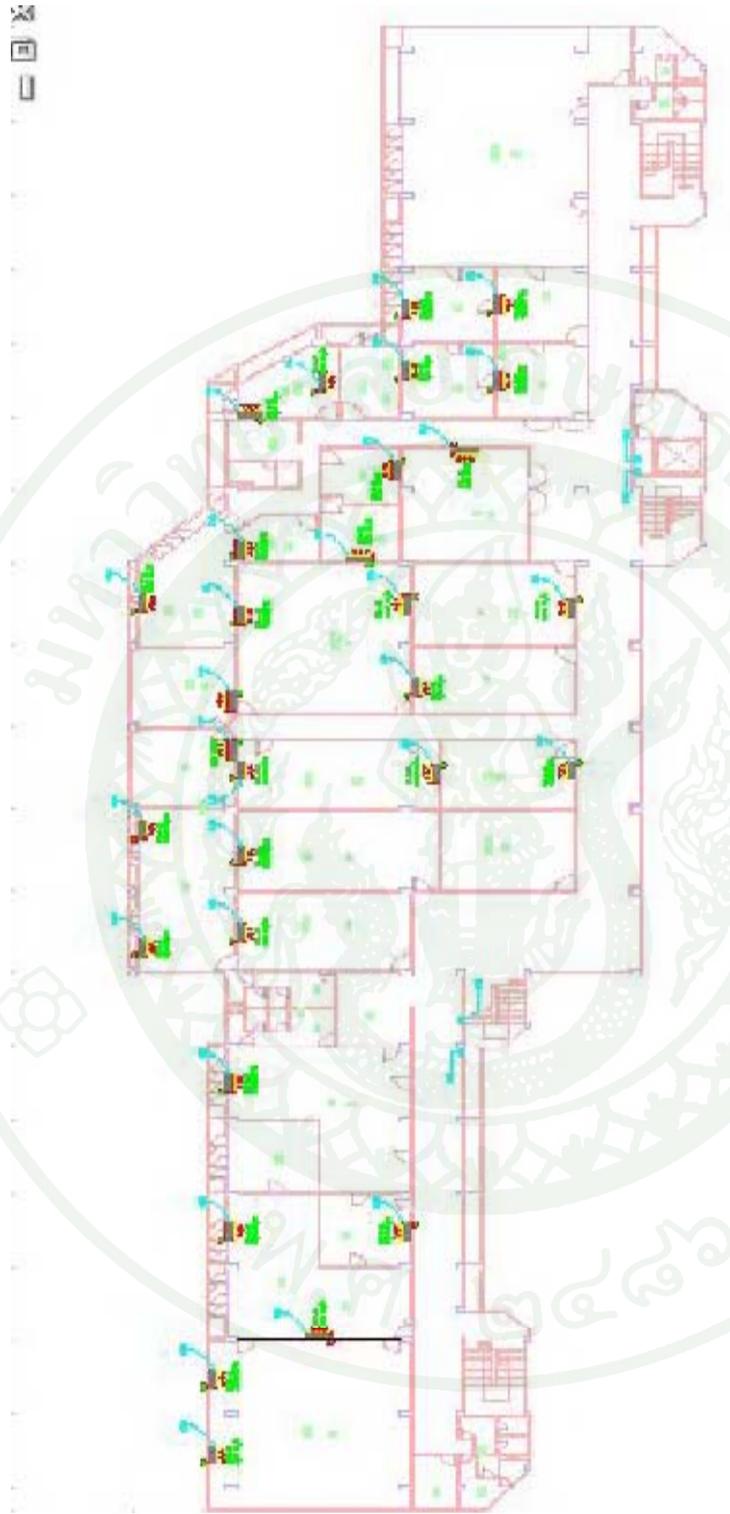
ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 3

ภาพผนวกที่ ข3



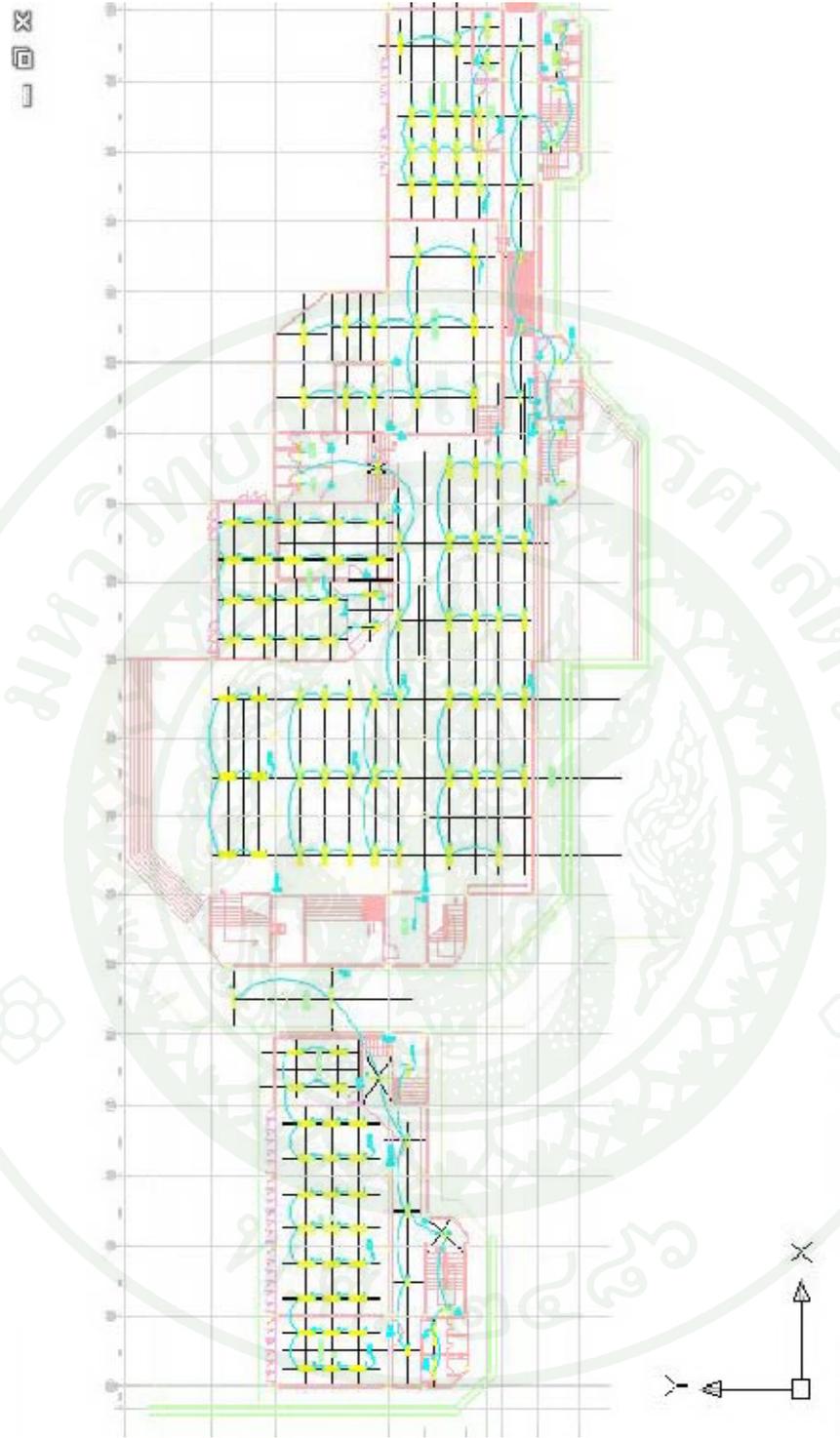
ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 4

ภาพผนวกที่ ข4



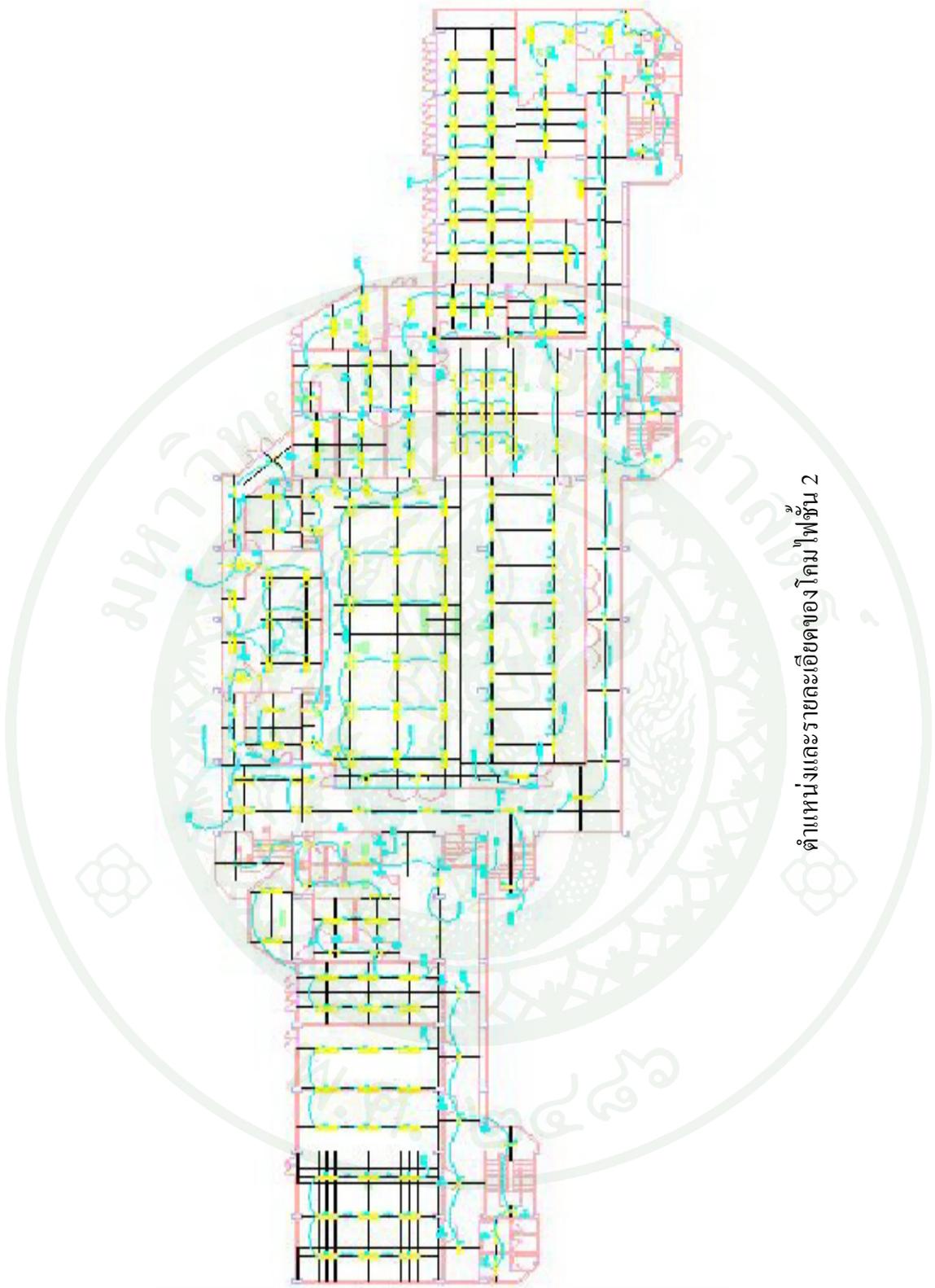
ตำแหน่งและรายละเอียดเครื่องปรับอากาศชั้น 5

ภาพผนวกที่ ข5



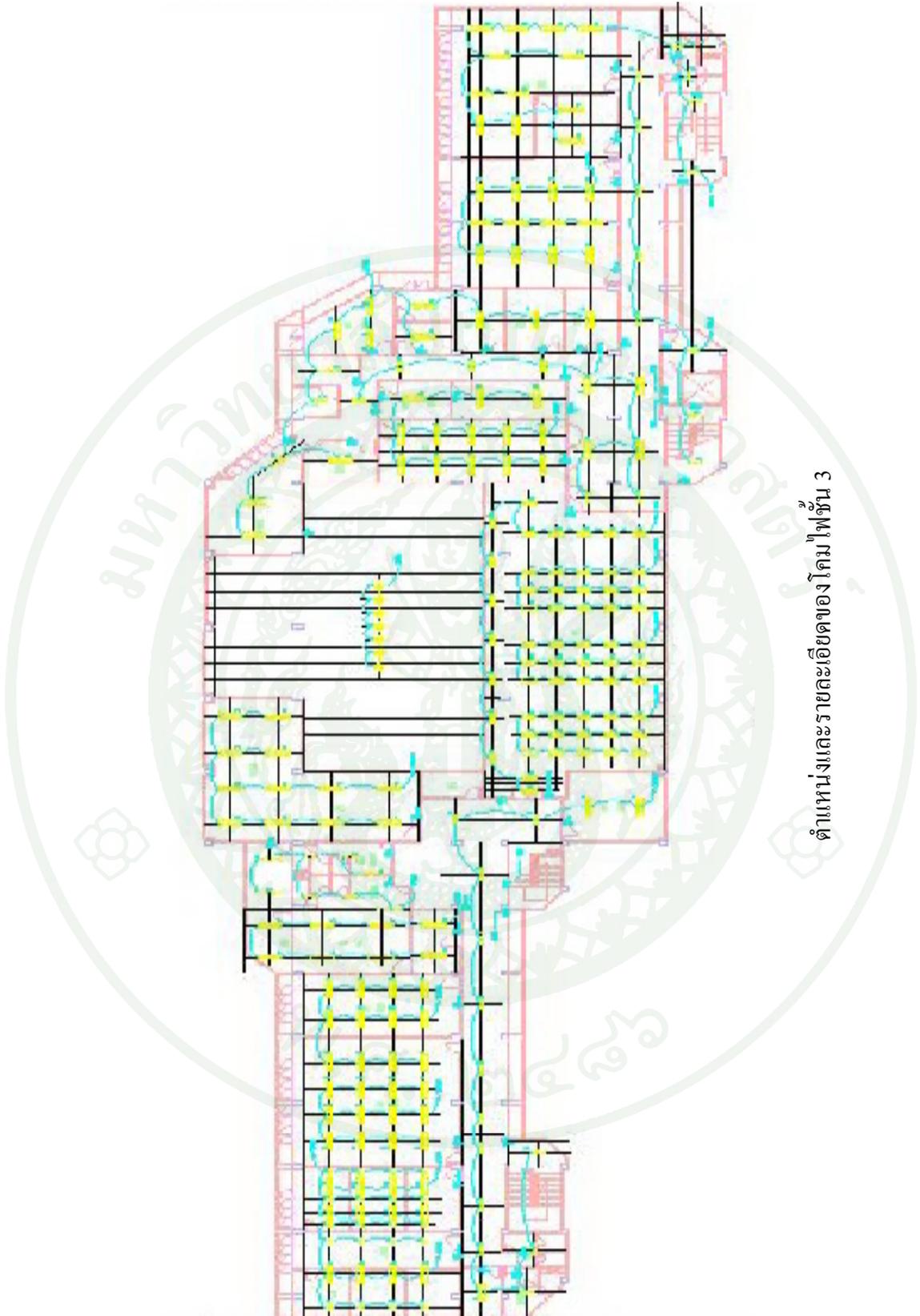
ตำแหน่งและรายละเอียดของโคมไฟชั้น 1

ภาพผนวกที่ ข6



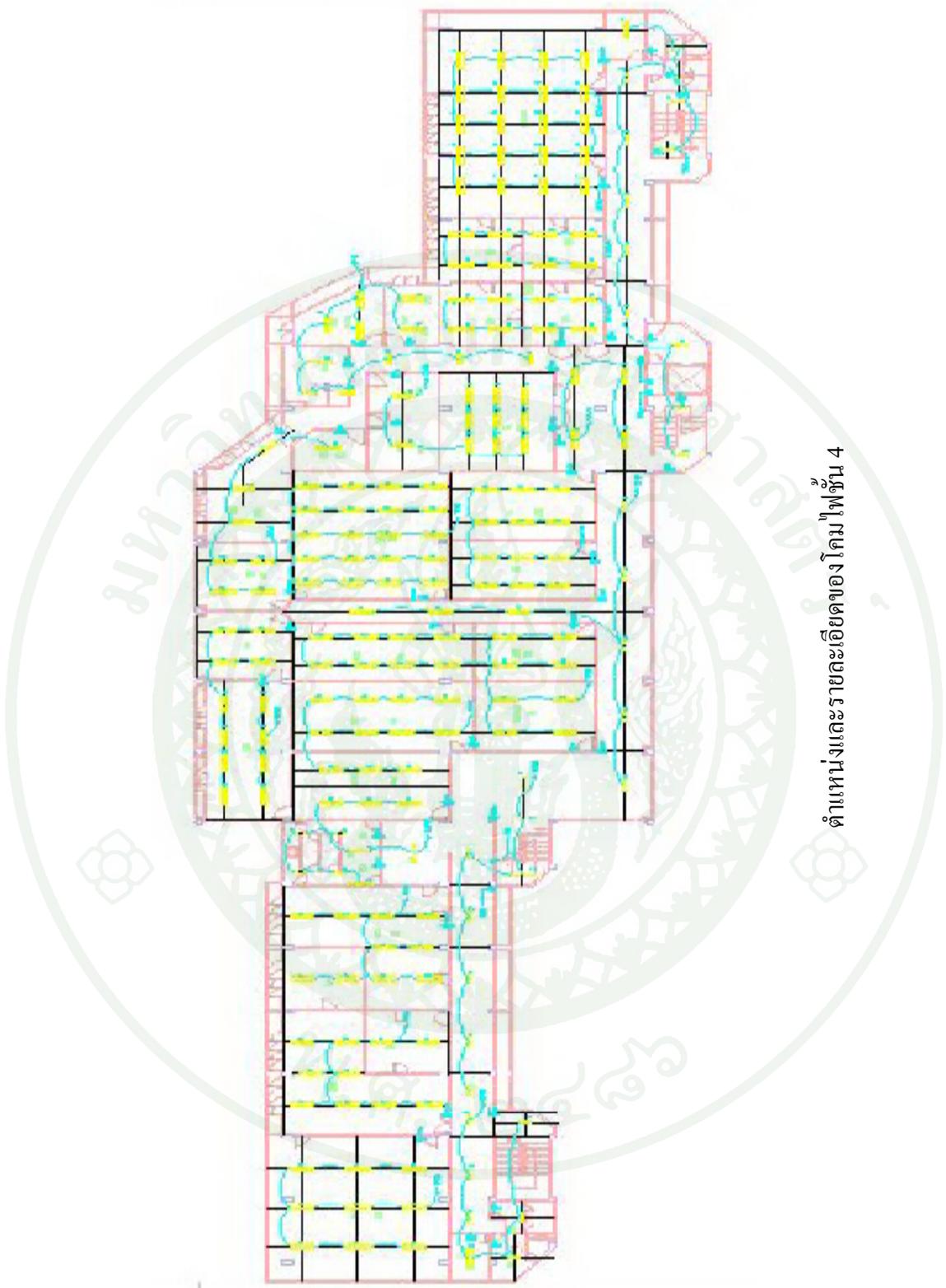
ตำแหน่งและรายละเอียดของคอมพิวเตอร์ 2

ภาพผนวกที่ ข7



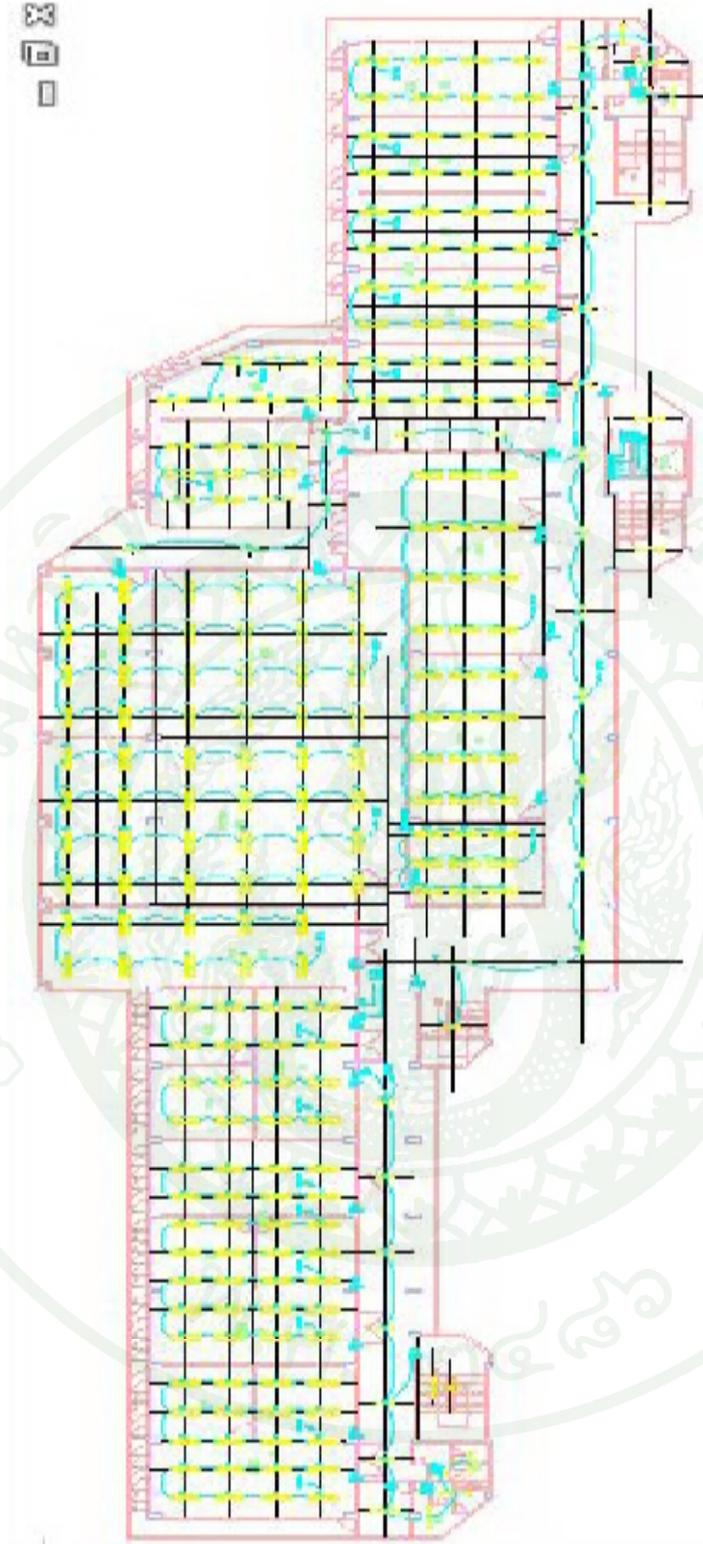
ตำแหน่งและรายละเอียดของโคมไฟชั้น 3

ภาพผนวกที่ ข8



ตำแหน่งและรายละเอียดของใยไฟเบอร์ 4

ภาพผนวกที่ ข9



ตำแหน่งและรายละเอียดโคมไฟชั้น 5

ภาพผนวกที่ ข10



ภาพผนวกที่ ข11



ภาพผนวกที่ ข12



ภาพผนวกที่ ข13



ภาพผนวกที่ ข14



ภาพผนวกที่ ข15



ภาพผนวกที่ ข16



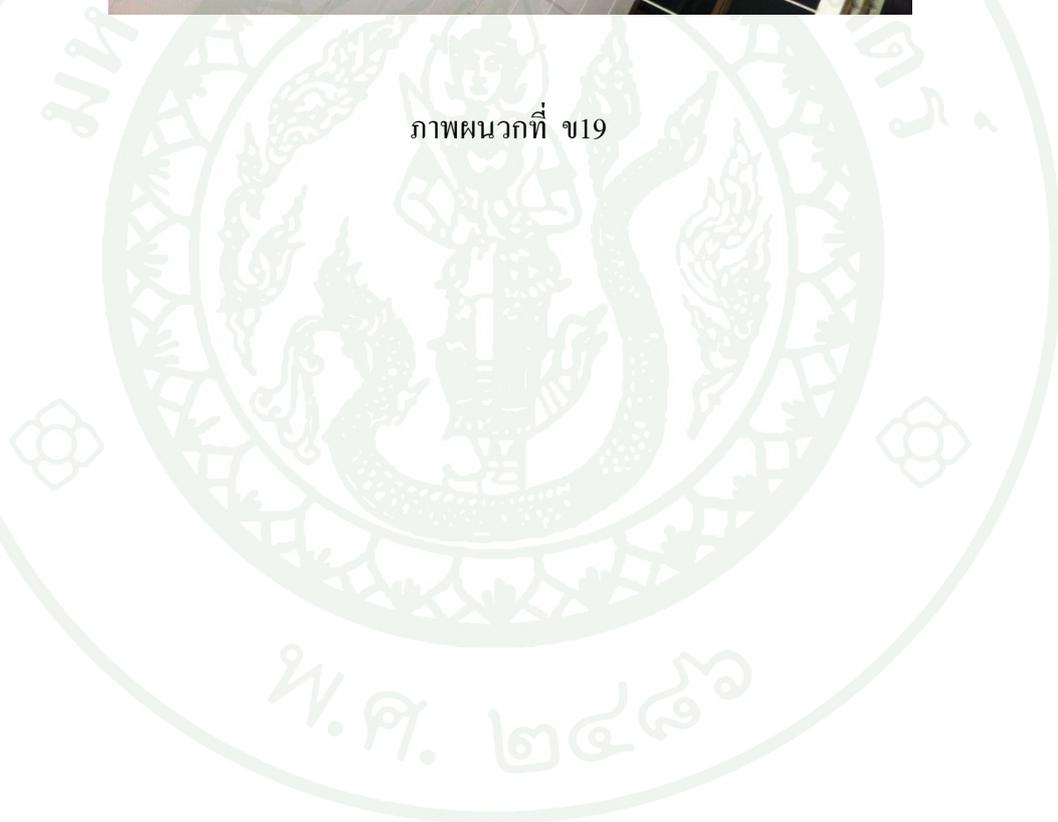
ภาพผนวกที่ ข17



ภาพผนวกที่ ข18



ภาพผนวกที่ ข19





## 1. การคำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

- เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu
- ค่า EER 8.6 Btu/W
- อัตราการทำงานคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศเท่ากับ 0.75 ต่อชั่วโมง
- จำนวนชั่วโมงใช้งานเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

### แสดงการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ} &= [\text{ขนาดของเครื่องปรับอากาศ} \\
 \text{ต่อชั่วโมง(kW)} &= \text{(Btu)/EER(Btu/W)}] / 1,000 \\
 &= [12,000(\text{Btu})/8.6(\text{Btu/W})] / 1,000 \\
 &= 1.4 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ} &= \text{อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่อ} \\
 \text{ต่อชั่วโมงที่แท้จริง(kW)} &= \text{ชั่วโมง(kW)} \times \text{อัตราการทำงานของ} \\
 &= \text{คอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศต่อชั่วโมง} \\
 &= 1.4(\text{kW}) \times 0.75 \\
 &= 1.0 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ} &= \text{อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศต่อ} \\
 \text{ต่อวัน(kW-hr/day)} &= \text{ชั่วโมงที่แท้จริง(kW)} \times \text{จำนวนชั่วโมงการใช้งาน} \\
 &= \text{งานเครื่องปรับอากาศ(hr/day)} \\
 &= 1.0(\text{kW}) \times 8 \text{ hr/day} \\
 &= 8 \text{ kW-hr/day}
 \end{aligned}$$

## 2. การคำนวณอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า

### ตัวอย่าง

- 1 โคมไฟ มีหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ จำนวน 2 หลอด
- บัลลาสต์ประเภทขดลวด 2 ตัว ใช้พลังงานไฟฟ้าตัวละ 10 วัตต์
- เวลาการใช้งานใน 1 วัน เท่ากับ 8 ชั่วโมง

วัตต์รวมต่อ 1 โคม x ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหลอดไฟ 1 โคมต่อวัน

$$[(36 \times 2) + (10 \times 2)] \times 8 = 736 \text{ W-hr ต่อวัน} = 0.736 \text{ kW-hr/วัน}$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 วัน} \times 260 \text{ วัน}$$

$$= 0.736 \times 260 = 191.36 \text{ kW-hr/ปี}$$

## 3. การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำลิฟต์โดยสารเคลื่อนที่หนึ่งครั้ง

- ลิฟต์ที่มีมอเตอร์ขับเคลื่อนขนาด 7.5 KW (ขนาดบรรทุก 700 kg สำหรับผู้โดยสาร 10 คน ความเร็ว 60 m/min)
- ไฟปุ่มกด 5 W ไฟบอกชั้น 5 W (กรณีไฟปุ่มกดเป็นหลอดไฟไม่ใช่ LCD)
- ระบบแสงสว่างเป็นหลอด Fluorescent 20 W จำนวน 4 หลอด
- พัดลมระบายอากาศในห้องโดยสาร 45 W
- มอเตอร์ขับเคลื่อนประตูขนาด 80 W

เมื่อกดเรียกลิฟต์ สมมุติว่าลิฟต์ใช้เวลา 30 วินาทีในการวิ่งมารับ แล้วเปิด-ปิดประตู จากนั้นใช้เวลาอีก 30 วินาทีในการวิ่งไปส่งชั้นที่ต้องการ ดังนั้นกระบวนการคิดจะแบ่งเป็นดังนี้  
 กดเรียกลิฟต์  $\Rightarrow$  ไฟบอกรับกับไฟแสดงทิศทางสว่างขึ้น  $\Rightarrow$  มอเตอร์ขับเคลื่อนลิฟต์มารับ  $\Rightarrow$  ประตูเปิด/ปิด(4 s)  $\Rightarrow$  กดชั้นที่ต้องการไป  $\Rightarrow$  มอเตอร์ขับเคลื่อนลิฟต์ไปส่ง  $\Rightarrow$  ประตูเปิด/ปิด (4 s)

### พิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละจุด

- ที่มอเตอร์ขับเคลื่อนตัวลิฟต์  
 $7.5 \text{ KW} \times 1/60 = 0.125 \text{ KW-H}$
- ระบบควบคุม 400 W  
 $400 \text{ W} \times 1/60 = 6.67 \text{ W-H}$
- ไฟปุ่มกดและไฟบอกรับ  
 $(5 \text{ W} + 5 \text{ W}) \times 1/60 = 0.16 \text{ W-H}$
- ระบบแสงสว่าง  
 $20 \text{ W} \times 4 \times 1/60 = 1.34 \text{ W-H}$
- พัดลมระบายอากาศ  
 $45 \text{ W} \times 1/60 = 0.75 \text{ W-H}$
- มอเตอร์ขับเคลื่อนประตู  
 $80 \text{ W} \times 8/3,600 = 0.17 \text{ W-H}$

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ไปในการเคลื่อนที่ของลิฟต์} &= 0.125 \text{ KW-H} + (6.67 + 0.16 + \\
 & 1.34 + 0.75 + 0.17)/1,000 \text{ KW-} \\
 & \text{H} \\
 &= 0.13409 \text{ KW-H}
 \end{aligned}$$



## สารทำความเย็น R290 หรือ Cold 22

สารทำความเย็น R290 หรือ Cold 22 เป็นสารทำความเย็นที่ผลิตขึ้นโดยการส่วนผสมหลักจาก ก๊าซธรรมชาติซึ่ง ไม่มีปัญหาในการทำลายชั้นบรรยากาศ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทำให้โลกร้อน โดยการพัฒนาสารทำความเย็น Cold22 ให้เหมาะสมกับสภาพอากาศในเขตร้อน เป็นเวลากว่า 12 ปี เพื่อให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป และสามารถช่วยในการประหยัดพลังงานระหว่างคอมเพรสเซอร์ทำงาน นอกจากนี้ R290 ยังถูกผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทน R22 ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ในทวีปยุโรปเริ่มบังคับไม่ให้ใช้ R22 กับเครื่องปรับอากาศในปี 2010 และ จะเลิกใช้ R22 อย่างเด็ดขาดภายในปี 2020

### ข้อดีของ สารทำความเย็น R290

- เย็นเร็วกว่าสารทำความเย็น ประเภท CFC'S, HCFC'S or HFC'S based refrigerant gases ด้วยเหตุผลของค่าจุดเดือดของสารทำความเย็นทดแทน Cold22 มีความต่ำกว่าสารทำความเย็นที่กล่าวมาข้างต้น
- สามารถช่วยลดการใช้พลังงานในการหมุนเครื่องคอมเพรสเซอร์ได้ไม่น้อยกว่า 10%
- ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงหรือตัดแปลงระบบเครื่องทำความเย็น รวมทั้งสารหล่อลื่น

คุณสมบัติของสารทำความเย็น R290 แสดงดังตาราง ภาคผนวกที่ 1

ตารางผนวกที่ ๑1 คุณสมบัติของสารทำความเย็น R290

PHYSICAL DESCRIPTION/PROPERTIES	
Appearance:	Rapidly evaporating liquid or with rotten cabbage-like odour
Initial Boiling Point:	-42°C
Melting Point:	Not applicable
Solubility in Water:	Very slight
Vapour Pressure at 25 Deg C:	960 kPag
Flash Point:	60°C
Lower Flammability Limit:	2% in air
Upper Flammability Limit:	10% in air
Vapour density:	1.5 to 2.0 air = 1
% Volatilize:	100%

ที่มา: Colburne (2008)

R290 (Propane HC) เป็นสารทำความเย็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศยุโรป (Colburne, 2008) ซึ่งมีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming Potential) และค่าการทำลายโอโซน (Ozone Depletion) ต่ำกว่า ดังแสดงในตารางผนวกที่ ๑2

ตารางผนวกที่ ๖2 ค่าการทำลายโอโซน และ ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของสารทำความเย็นชนิดต่างๆ

สารทำความเย็น	ค่าการทำลายโอโซน	ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
CFC 12	1	10,720
HCFC R22	0.055	1,810
HFC R134a	0	1,410
HFC 404A	0	2,862
HFC 407C	0	1,750
HFC 410A	0	2,060
Propane HC R290	0	6
Iso-butane HC R600a	0	7

ที่มา: Colburne (2008)



ภาคผนวก จ  
การคำนวณผลตอบแทนการลงทุน

### การคำนวณผลตอบแทนการลงทุน

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่โครงการใช้ในการจ่ายคืนเงินลงทุนเริ่มต้นของโครงการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มต้น}}{\text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

เงินลงทุนเริ่มต้น ประกอบด้วย ค่าอุปกรณ์ และค่าติดตั้ง

- เครื่องปรับอากาศราคา 14,400 บาท
- ค่าติดตั้ง 2,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิเฉลี่ยต่อปี 3,350 บาท

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = (14,400+2,000)/3,350$$

$$= 4.62 \text{ ปี}$$



## หลอดผอมประหยัดพลังงานใหม่ T5: วิธีการประหยัดพลังงานและค่าไฟฟ้าที่ได้ผลจริง

มาตรการในการลดการใช้พลังงานในที่ทำงาน หรือที่พักอาศัย ที่ง่ายแก่การปฏิบัติ และให้ผลตอบแทนการลงทุนสูงที่สุดมาตรการหนึ่ง ก็คือการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า โดยเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เรียกว่าหลอดผอม 36 วัตต์ หรือ T8 มาเป็นหลอดชนิดผอมมาก หรือที่เรียกว่า T5 แสดงในภาพภาคผนวกที่ จ1 และ จ2



ภาพผนวกที่ จ1 เปรียบเทียบขนาด T5, T8 และ T12

ที่มา: กองไฟฟ้า กองช่างโยธาทหารอากาศ (2554)



ภาพผนวกที่ จ2 ชุด Adapter เพิ่มความยาวและขนาดของขั้วหลอดให้เข้ากับโคมชุดเดิม

ที่มา: กองไฟฟ้า กองช่างโยธาทหารอากาศ (2554)

เทคโนโลยีใหม่ที่เพิ่งมีการนำมาใช้ในประเทศไทย คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ซึ่งเดิมทีเดียวเราใช้หลอดหลอดอ้วน หรือ T12 ซึ่งใช้ไฟฟ้า 40 วัตต์ เมื่อประมาณสิบปีมาแล้ว สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ และ กฟผ.๑ ได้กำหนดมาตรการให้มีการเลิกผลิตหลอดอ้วน และมาผลิตและจำหน่ายหลอดผอม หรือ T8 โดย T8 ใช้ไฟฟ้า 36 วัตต์ จึงลดการใช้ไฟฟ้าได้ 10% ภายในสามปีประเทศไทยก็เลิกใช้หลอดอ้วนและใช้หลอดผอมจนทุกวันนี้ โดยเทคโนโลยีหลอดไฟฟ้าได้มีการพัฒนาก้าวหน้าไปเรื่อยๆ เริ่มมีการใช้หลอดผอมใหม่ หรือ T5 ที่ใช้ไฟฟ้าเพียง 28 วัตต์ ซึ่งเมื่อรวมบัลลาสต์แล้วใช้ไฟฟ้า 31 วัตต์ เทียบกับ 46 วัตต์สำหรับหลอด T8 รวมบัลลาสต์ จึงทำให้ประหยัดไฟฟ้าได้ถึง 30% แต่ปัญหา คือ ราคาติดตั้งค่อนข้างแพง

### การติดตั้งหลอด T5 เพื่อใช้ทดแทนหลอด T8 เดิมที่มีอยู่

เนื่องจากหลอด มีขนาดเล็กกว่าหลอด T8 ดังนั้นการที่จะทำการติดตั้งหลอดเข้าแทนที่หลอดเดิมนั้นจะต้องใช้ Adapter G13-G5 เพื่อเพิ่มความยาวและปรับขนาดของขั้วหลอดให้เข้ากับโคมชุดเดิมได้อย่างไม่ยาก และบัลลาสต์ต้องเปลี่ยนเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอด T5 ด้วยรายละเอียดหลอดไฟแสดงดังตารางภาคผนวกที่ จ1

### ข้อดีของหลอดผอมเบอร์ 5

1. หลอดผอมใหม่ T5 ประหยัดไฟกว่า หลอด T8 กว่า 30 % เนื่องจากหลอดผอมใหม่ T5 ประสิทธิภาพแสง สูงกว่าหลอด T8 ทำให้กินไฟน้อยกว่าที่ความสว่างเท่ากัน
2. หลอดผอมใหม่ T5 (28 วัตต์) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เนื่องจากมีขนาดเล็กกว่า จึงใช้วัสดุ และ สารปรอทน้อยกว่าหลอดผอม T8 และหลอดอ้วน T12
3. หลอดผอมใหม่ T5 มีอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้งานของหลอดไฟ (Lumen maintenance) ประมาณ 95% เมื่อใช้งานไป 2,000 ชั่วโมง สูงกว่าหลอด T8 และ T12

ตารางผนวกที่ ๑1 เปรียบเทียบหลอด T8 และ T5

รายการ	หลอด T8	หลอด T5
ความยาวหลอด มม.	1,199 มม.	1,149 มม.
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	26 มม.(8หุน)	16 มม.(5หุน)
ขั้วหลอด	G13	G5
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	36 วัตต์	28 วัตต์
ชนิดบัลลาสต์ที่ใช้	แกนเหล็ก,Low Lost,อิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์ เท่านั้น
อุณหภูมิใช้งานที่มีประสิทธิภาพ	25 องศาเซลเซียส	35 องศาเซลเซียส
ประสิทธิภาพแสง	75-89 ลูเมนต์ /วัตต์	90-104 ลูเมนต์ /วัตต์
อายุใช้งาน	8000-20000 ชม.	15000-20000 ชม.
ปริมาณแสง	2600-3300 ลูเมนต์	2400-2900 ลูเมนต์
ค่า ดำรง ลูเมน ที่ 2,000 ชม.	88%	92%
ความถูกต้องสี (CRI)	70-80	82-85

ที่มา: กองไฟฟ้า กองช่างโยธาทหารอากาศ (2554)

ราคาการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ไปใช้หลอดประหยัดพลังงาน T5 ราคาอยู่ที่ประมาณ 250 บาทต่อ 1 โคม

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายชนัท พูลประทีน
เกิดวันที่	16 ธันวาคม 2529
สถานที่เกิด	ราชบุรี
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนรัตนราษฎร์บำรุง จังหวัดราชบุรี ระดับอุดมศึกษา วท.บ. (วิศวกรรมอาหาร) ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชา วิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2552)
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้ศูนย์ความเป็นเลิศ แห่งชาติด้านปิโตรเลียม ปิโตรเคมี และวัสดุขั้นสูง สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา