การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์

A Feasibility Study on the Use of a Blower Instead of the Compressed Air Tank Used in the Car Care Business

นายเศรษฐศักดิ์ รื่นเวช

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม

ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

การจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย

(สาขาวิชา) (คณะ)

เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์

A Feasibility Study on the Use of a Blower Instead of the Compressed Air Tank Used in the Car Care Business

ผู้แต่ง นายเศรษฐศักดิ์ รื่นเวช

Mr. Sedtasak Ruenwet

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 18 เดือน ก.พ. พ.ศ. 2567

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์

โดย : นายเศรษฐศักดิ์ รื่นเวช

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....
(ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์)
18 / 2 / 67

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้เป่าลมแทนที่การใช้ถังลม และเพื่อ วิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ โดยแบ่งกรอบหัวข้อการวิจัยเป็น 3 ด้าน ออกแบบและผลิต ศักยภาพเชิงเทคนิค และศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยผลิตเครื่องเป่าลมใช้ในการเป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถ ในการคำนวณและประเมินกำลังการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนการผลิต เพื่อลดค่าใช้จ่าย ในส่วนของค่าไฟฟ้าในอนาคตได้ ในการศึกษานี้ใช้สมมุติฐานทางการเงินที่อัตราคิดลด 5% ตลอดอายุการใช้งาน ระยะเวลาของโครงการอยู่ที่ 10 ปี ผลวิจัยพบว่าเครื่องเป่าลมมีความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเครื่องเป่าลมใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 กิโลวัตต์สูงสุด โดยระบบสามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 1,521.90 หน่วยต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 7,000.74 บาทต่อปี โดยใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 11,980.00 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 50 และมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1 ปี 8 เดือน

คำสำคัญ: เครื่องเป่าลม การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ร้านคาร์แคร์

ABSTRACT

Tile : A Feasibility Study on the Use of a Blower Instead of the Compressed Air Tank Used in the Car Care Business

By : Mr. Sedtasak Ruenwet

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

IS Adviser : .....

(Dr. Weerakarj Dokchan)

18 / 2 / 24

The objectives of this research were to design and produce a blower for blowing air as an alternative of using a compressed air tank and to analyze its efficiency and profitability for car care industry. This work had three main aspects: (1) designing and producing a blower to effectively remove water from cars after-washing, thereby assessing its technical and economic potential, (2) calculating and estimating the electrical power consumption to inform production investment decisions, and (3) evaluating future cost reductions in terms of electricity bills. A financial assumption of 5% discount rate was applied over the 10-year lifespan of the project. The research findings indicated that the blower had an airflow rate of 270 cubic meters per hour and consumes a maximum of 133.50 kilowatts of electricity annually. The system can reduce electricity consumption by 1,521.90 units per year, leading to annual energy cost savings of 7,000.74 Baht. The total investment cost was 11,980.00 Baht. The Internal Rate of Return (IRR) was 50%, with payback period of 1 year and 8 months.

Keywords: Blower, Economic Analysis, Car Care Shop

Approved by:

.....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องด้วยการได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งจาก ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บันเทิงจิตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงศ์พัฒน์ เพ็ชรรุ่งเรือง และคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัยสาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ทุก ๆ ท่าน ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำให้ประโยชน์ให้ความรู้รวมไปถึงการติดตามคอยดูแลมาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติ พี่น้อง มิตรสหาย รวมถึงผู้แต่งหนังสือหรือเอกสารทางวิชาการ ที่ข้าพเจ้าได้ใช้เป็นเอกสารอ้างอิง รวมทั้งหัวหน้างาน เพื่อนร่วมงานทุกคนที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาการต่างๆ จนช่วยให้สามารถทำการศึกษานี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เศรษฐศักดิ์ รื่นเวช

ผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญภาพ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ซ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมดุลพลังงานโลก.....5
2.2 ทฤษฎีการไหลของอากาศ.....7
2.3 คุณสมบัติของปั๊มลมและเครื่องเป่าลม.....15
2.4 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์.....31
2.5 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2).....34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....45

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การประเมินศักยภาพทางกายภาพ.....48
3.2 การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค.....50
3.3 การประเมินศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์.....51

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้าที่

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 การผลิตเครื่องเป่าลม.....53
4.2 ประสิทธิภาพของระบบ.....53
4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์.....55
4.4 การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์.....59

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย.....61
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....62
5.3 ข้อเสนอแนะ.....63

บรรณานุกรม.....64
ประวัติการศึกษา.....66

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....68

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้าที่

2-1 สมดุลพลังงานโลก....6
2-2 แสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของโลกปี 2561....7
2-3 การไหลภายในท่อกลม....14
2-4 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบลูกสูบ....16
2-5 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบแบบสกรู....17
2-6 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบไดอะแฟรม....17
2-7 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบใบพัดเลื่อน....18
2-8 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบใบพัดหมุน....18
2-9 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบกังหัน....19
2-10 ภาพเครื่องทำลมแห้ง....20
2-11 ภาพชุดกรองลม....21
2-12 ภาพชุดถังพักลม....22
2-13 ภาพแสดงลักษณะการต่อเมนลมอัดแบบท่อเดี่ยว....23
2-14 ภาพแสดงลักษณะการต่อเมนลมอัดแบบวงแหวน....23
2-15 ภาพแสดงปลายท่อที่วางลาดเอียง 1-2% พร้อมติดตั้งชุดกับดักน้ำ....24
2-16 ภาพแสดงการติดตั้งท่อในกรณีที่มีสิ่งกีดขวาง....24
2-17 ภาพแสดงการต่อท่อแยกจ่ายลมออกจากท่อเมนลม....25
2-18 ภาพแสดงการต่อท่อแยกลมออกไปใช้งานอย่างผิดวิธี....25
2-19 ภาพแสดงบริเวณที่ติดตั้งเครื่องปั๊มและอุแกรณ์บริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก....26
2-20 ภาพแสดงบริเวณติดตั้งเครื่องปั๊มลมที่อยู่ในห้องมีอากาศถ่ายเทไม่ดี....26
2-21 ภาพเครื่องเป่าลมแรงเหวี่ยง....27
2-22 ภาพเครื่องเป่าลมแรงอัดแน่น....28
2-23 ภาพเครื่องเป่าลมแบบอากาศไหลผ่านแกน....28
2-24 ภาพเครื่องเป่าใบไม้....28
2-25 ภาพเครื่องเป่าลมไอออไนซ์กำจัดไฟฟ้าสถิต....29
2-26 ภาพเครื่องเป่าลมแก๊ส....29
2-27 ภาพเครื่องเป่าลมไฟฟ้า....29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้าที่

2-28 การปล่อยก๊าซ CO2 และการใช้พลังงานของไทย....35
2-29 การปล่อยก๊าซ CO2 รายภาคเศรษฐกิจ....36
2-30 การปล่อยก๊าซ CO2 จากการใช้พลังงานรายภาคเศรษฐกิจ....37
2-31 การปล่อยก๊าซ CO2 รายชนิดเชื้อเพลิง....37
2-32 การปล่อยก๊าซ CO2 จากการใช้พลังงานแยกรายชนิดเชื้อเพลิง....38
2-33 การปล่อยก๊าซ CO2 ภาคการผลิตไฟฟ้า....39
2-34 การปล่อยก๊าซ CO2 ภาคการผลิตไฟฟ้าแยกรายชนิดเชื้อเพลิง....40
2-35 การปล่อยก๊าซ CO2ภาคการขนส่ง....40
2-36 การปล่อยก๊าซ CO2 ภาคการขนส่งแยกรายชนิดเชื้อเพลิง....41
2-37 การปล่อยก๊าซ CO2 ภาคอุตสาหกรรม....41
2-38 การปล่อยก๊าซ CO2ภาคอุตสาหกรรมแยกรายเชนิดเชื้อเพลิง....42
2-39 การปล่อยก๊าซ CO2 ภาคภาคเศรษฐกิจอื่นๆ (ภาคธุรกิจและครัวเรือน)....42
2-40 การปล่อยก๊าซ CO2 ภาคเศรษฐกิจอื่นๆ (ภาคธุรกิจและครัวเรือน)....43
2-41 การปล่อยก๊าซ CO2 ต่อการใช้พลังงาน....44
2-42 การปล่อยก๊าซ CO2 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า....45
3-1 แสดงรายละเอียดการประเมินศักยภาพ....48
3-2 พิกัดตำแหน่งอาคารกิจการร้านคาร์แคร์....49
3-3 สถานที่ตั้งอาคารกิจการร้านคาร์แคร์....49
3-4 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องเป่าลม....50
4-1 เครื่องเป่าลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์....54
4-2 การนำเครื่องเป่าลมไปใช้งานจริง....54

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้าที่

4-1 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเป่าลม.....55
4-2 ตารางแสดงกระแสเงินสดรับ ตลอดอายุโครงการจำนวน 10 ปี.....56
4-3 การวิเคราะห์โครงการลงทุนทางการเงินของการใช้เครื่องเป่าลม…….....57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา

ธุรกิจที่เกี่ยวกับรถยนต์ อย่างเช่น คาร์แคร์ถือว่าเป็นธุรกิจที่มีอัตราการเติบโตสูง เพราะมีส่วนในการใช้ชีวิตของคน เป็นเพราะว่าคนในสมัยนี้ส่วนมากไม่ค่อยมีเวลา ซึ่งส่วนมากจะใช้เวลาในการทำงาน ทำให้ไม่ค่อยมีเวลามากนักที่จะคอยทำความสะอาด และดูแลรักษารถยนต์ส่วนตัว ซึ่งแนวโน้มของการใช้รถยนต์ในประเทศไทยในแต่ละวันนั้นมีแต่จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ มีผลทำให้กิจการร้านคาร์แคร์หรือธุรกิจดูแลทำความสะอาดรถยนต์ นับว่าเป็นอีกหนึ่งธุรกิจที่น่าสนใจและกำลังมาแรง ธุรกิจนี้สามารถทำได้เพราะการใช้ชีวิตของมนุษย์ในแต่ละวันมีการใช้ชีวิตที่ไม่เหมือนเดิมในอดีต ทำให้รถยนต์เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตมนุษย์ในการดำเนินชีวิต ในแต่ละปี ๆ จะมีการใช้รถยนต์เป็นยานพาหนะในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การที่จะได้มาสำหรับรถยนต์สักหนึ่งคันของแต่ละคน ไม่ใช่เรื่องง่าย ถ้าได้มาแล้วทุก ๆ คนจะต้องทำการดูแล และทะนุถนอมเป็นพิเศษประกอบกับการใช้ชีวิตของสังคมไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปเร่งรีบมากขึ้นอาจไม่มีเวลาที่จะทำความสะอาดรถเอง (กฤษณา ทัพวงษ์ และถนอมพงษ์ พานิช, 2559) ธุรกิจคาร์แคร์เป็นธุรกิจบริการที่ให้บริการเกี่ยวกับการบำรุงรักษาและการทำความสะอาดรถยนต์ เช่น ล้าง ดูดฝุ่น ขัด และเคลือบสี โดยภาพรวมของธุรกิจคาร์แคร์ในประเทศไทย มีมูลค่า รวมกว่า 10,000 ล้านบาทแบ่งเป็นธุรกิจล้างรถประมาณ 8,000 ล้านบาท และบริการอื่นๆ อาทิ การทำเคลือบแก้ว ทำสี ทำเบาะ ประมาณ 2,000 ล้านบาท ในแต่ละปีมีการเติบโตประมาณร้อยละ 10 จากตัวเลขดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีธุรกิจคาร์แคร์เกิดขึ้นจำนวนมาก (ดารณี เสสะเวช, 2562)

รถยนต์ไม่ว่าจะเป็นคันเก่าหรือคันใหม่นั้นก็ต้องการการดูแลรักษา ผู้เป็นเจ้าของต้องให้ความเอาใจใส่ดูแลเป็นพิเศษโดยเฉพาะเรื่องความสะอาด อย่างไรก็ตามเนื่องจากรูปแบบการดำเนินชีวิตที่ต้องเปลี่ยนไปตามค่านิยมทางสังคมและเศรษฐกิจกำหนดให้จำเป็นต้องออกไปทำงานนอกบ้าน การใช้ชีวิตที่เร่งรีบมากขึ้น จึงทำให้ชีวิตต้องการความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ทำให้เจ้าของรถหันไปสนใจใช้บริการทำความสะอาดจากร้านคาร์แคร์มากขึ้นประกอบกับการทำความสะอาดรถยนต์ต้องอาศัยอุปกรณ์ในการทำความสะอาดที่ดีและมีคุณภาพเพียงพอ เพราะต้องใช้อุปกรณ์เครื่องฉีดน้ำที่ให้แรงดันน้ำสูง มีหัวฉีดที่หลากหลายและต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก เพื่อให้การทำความสะอาดในแต่ละจุดมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะช่วงล่างของรถยนต์ที่จะมีความสกปรก

เป็นพิเศษ (พรภิมล พูลสำราญ และคณะ, 2566) โดยที่การล้างรถมีโอกาสสัมผัสกับสิ่งคุกคามสุขภาพจากการทำงานหลายชนิด เช่น การใช้สารเคมีในการขัดเคลือบสีรถและล้อ ท่าทางการบิดเอี้ยวตัวและยกอุปกรณ์ของผู้ปฏิบัติงาน จิตสังคมในการให้บริการลูกค้า แสงสว่างที่ไม่เพียงพอ รวมถึงการเสียงดังจากอุปกรณ์ฉีดโฟม เครื่องดูดฝุ่น เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง และปั๊มลม (ชนพร พลดงนอก และฌาน ปัทมะ พลยง, 2565) ซึ่งอุปกรณ์การล้างรถที่กล่าวมานั้น ล้วนแต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น โดยที่ปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและกำลังจะหมดในเวลาอีกไม่นาน รวมทั้งผลของ ก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ในปริมาณมากไปปกคลุมชั้นบรรยากาศโลกทำให้การกักเก็บอุณหภูมิภายในโลกสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของโลกที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาวะอากาศของโลกเป็นอย่างมาก รัฐบาลของประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวและให้ความสำคัญกับปัญหานี้ โดยมีนโยบายลดการใช้พลังงาน (สุริยนต์ ชมดี, 2558)

ประเทศไทยได้เสนอเป้าหมายของประเทศในการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายหลังปี ค.ศ. 2020 (Intended Nationally Determined Contribution: INDC) โดยลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 ในปี พ.ศ. 2573 การที่ประเทศไทยได้แสดงเจตจำนงในการมีส่วนร่วมซึ่งดำเนินการตามความตกลงปารีสในการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยจัดทำข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภายหลัง พ.ศ. 2563 ที่มีความสอดคล้องตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการพัฒนาที่ยั่งยืน และต่อยอดการดำเนินงานในกรอบมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับชาติ (Nationally Appropriate Mitigation Actions : NAMA) และกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก ใน ปี 2573 โดยกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ร้อยละ 20–25 จากกรณีปกติ ซึ่งเป็นการขับเคลื่อนการดำเนินงานโดยภาครัฐ อาศัยการดำเนินการที่มีการส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน ตามศักยภาพของมาตรการจากนโยบายและแผน และภาครัฐ ในสาขาที่มีความพร้อม ได้แก่ ภาคพลังงานและขนส่ง มี 9 มาตรการ จากการผลิตไฟฟ้า การใช้พลังงานในครัวเรือน อาคาร อุตสาหกรรมการผลิต และการคมนาคมขนส่ง โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการใช้พลังงาน การพัฒนาพลังงานทดแทน และการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ภาคของเสีย มี 4 มาตรการ ครอบคลุมการจัดการขยะ น้ำเสียอุตสาหกรรมและชุมชน และกระบวนการทางอุตสาหกรรม และการใช้ผลิตภัณฑ์ มี 2 มาตรการ โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีสารทำความเย็น ซึ่งจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 115.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือร้อยละ 20.8 จากกรณีปกติ การบรรลุเป้าหมายของ Paris Agreement ในการควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโลก

ไม่ให้เพิ่มขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2100 นั้น IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 C (2018) กำหนดแนวทางเพื่อบรรลุเป้าหมาย 2 องศาเซลเซียส โดยทั่วโลกต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 40-70 ภายในปี ค.ศ. 2050 โดยหากมุ่งมั่นที่จะบรรลุเป้าหมาย 1.5 องศาเซลเซียส ทั่วโลกต้องลดปริมาณการปล่อยลงถึงร้อยละ 70-95 อันนำไปสู่ Global Net-Zero Emission ภายใน ค.ศ. 2050 ซึ่งหลายประเทศต่างตื่นตัวที่จะมุ่งมั่นไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์ (Carbon Neutrality) เช่น ปี ค.ศ. 2035 ประเทศฟินแลนด์ ปี ค.ศ. 2040 ออสเตรีย ไอซ์แลนด์ ปี ค.ศ. 2045 สวีเดน ปี ค.ศ. 2050 สหราชอาณาจักร ฝรั่งเศส เดนมาร์ก นิวซีแลนด์ ฮังการี ชิลี สหภาพยุโรป เกาหลีใต้ สเปน ฟิจิ ญี่ปุ่น เยอรมนี สวิตเซอร์แลนด์ นอร์เวย์ ไอร์แลนด์ แอฟริกาใต้ โปรตุเกส คอสตาริกา สโลวีเนีย หมู่เกาะมาร์แชลล์ และ ปี ค.ศ. 2060 ประเทศจีน

การเพิ่มขึ้นของการผลิตไฟฟ้าจากกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนในสัดส่วนสูงอย่างต่อเนื่องในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นเป็นประเด็นหลักประเด็นหนึ่งที่ภาครัฐและผู้ดูแลระบบไฟฟ้าจากทุกประเทศทั่วโลกให้ความสนใจเป็นอย่างมาก จากข้อมูลของ IRENA ปี ค.ศ. 2019 พบว่าในปี ค.ศ. 2018 ทั่วโลกมีกำลังการผลิตติดตั้งในส่วนของพลังงานหมุนเวียนอยู่ประมาณ 2,468 กิกะวัตต์ หรือคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 25 % ของกำลังการผลิต ติดตั้งจากเชื้อเพลิงทุกประเภท และยังคงมีสัญญาณของการเติบโตอย่างต่อเนื่อง (ยอดชง แม่นสิน และคณะ, 2565)

ธุรกิจคาร์แคร์นั้นในแต่ละปีจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากถังลมเป็นจำนวนมาก ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงได้คิดค้นเครื่องเป่าลมขึ้นมาเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม เพื่อที่จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน และทำการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการใช้เครื่องเป่าลมเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนในการผลิตเครื่องเป่าลม เพื่อหาค่ากำลังการใช้ไฟฟ้าของเครื่องเป่าลมและทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าของกิจการคาร์แคร์ โดยสามารถลดอัตราปล่อย CO_2 ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมให้มีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์

2. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินในการผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษา ออกแบบ และผลิตเครื่องเป่าลมมาทดแทนถังลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา รวมทั้งทำการจดบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของถังลมกับเครื่องเป่าลมเพื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินในการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Potential)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาพร้อมออกแบบ และผลิตเครื่องเป่าลมให้มีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์

2. ได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าและทราบผลตอบแทนทางการเงินในการผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะออกแบบ และผลิตเครื่องเป่าลมให้มีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์ และเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินในการผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารต่างๆ รวมทั้งแนวความคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเนื้อหาที่จำเป็นต่อการวิจัย ได้นำเสนอเอกสารและงานวิจัย ดังนี้

2.1 สมดุลพลังงานโลก

2.2 ทฤษฎีการไหลของอากาศ

2.3 คุณสมบัติของปั๊มลมและเครื่องเป่าลม

2.4 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

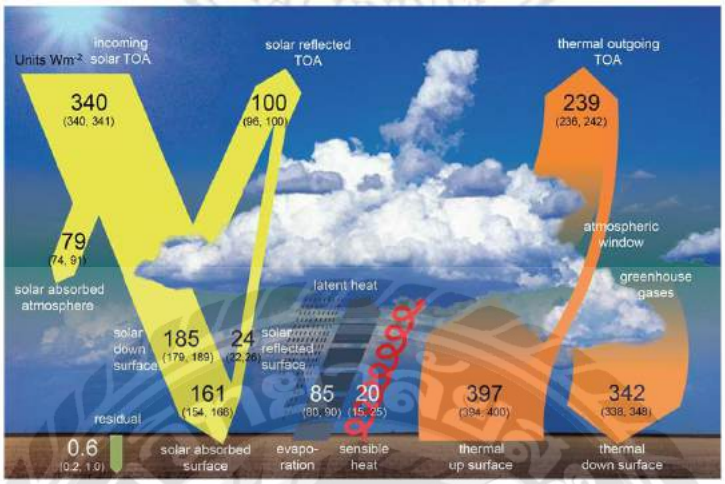
2.5 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมดุลพลังงานโลก

สมดุลพลังงานโลก (Global Energy Balance) คือ สมดุลระหว่างพลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์และความร้อนที่ออกไปจากโลกก่อให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ รวมถึงการเกิดทรัพยากรธรรมชาติในรูปแบบต่าง ๆ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลพลังงานโลก ได้แก่พลังงานที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่อุณหภูมิประสิทธิผลที่ประมาณ 6,000 องศาเซลเซียส คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกปล่อยออกมาในรูปของคลื่นสั้นและคลื่นแสงอัลตราไวโอเลต รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางข้ามอวกาศด้วยความเร็วแสง เมื่อมายังโลกบางส่วนสะท้อนกลับไปยังเหนือชั้นบรรยากาศ บางส่วนจะถูกเมฆดูดกลืนในชั้นบรรยากาศและส่วนที่เหลือจะถูกดูดกลืนที่พื้นผิวโลก ในขณะเดียวกันโลกจะปลดปล่อยพลังงานจำนวนมากกลับไปยังอวกาศด้วยเช่นกัน แต่เนื่องจากโลกมีอุณหภูมิต่ำกว่าดวงอาทิตย์มาก ทำให้มีการแผ่รังสีในรูปของรังสีอินฟราเรดซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว ดังนั้นสมดุลพลังงานโลกจะเกี่ยวข้องกับสมดุลพลังงานของรังสีคลื่นสั้นและรังสีคลื่นยาว (Martin Wild.,Doris Folini., Christoph Scha¨r., Norman Loeb., Ellsworth G.

Dutton., & Gert Ko¨nig-Langlo, 2013 อ้างถึงใน สุริยนต์ ชมดี, 2558, น. 13) แสดงถึงสมดุลพลังงานโลก ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 สมดุลพลังงานโลก

2.1.1 ประเภทของรังสีที่ผิวโลกและมวลอากาศ

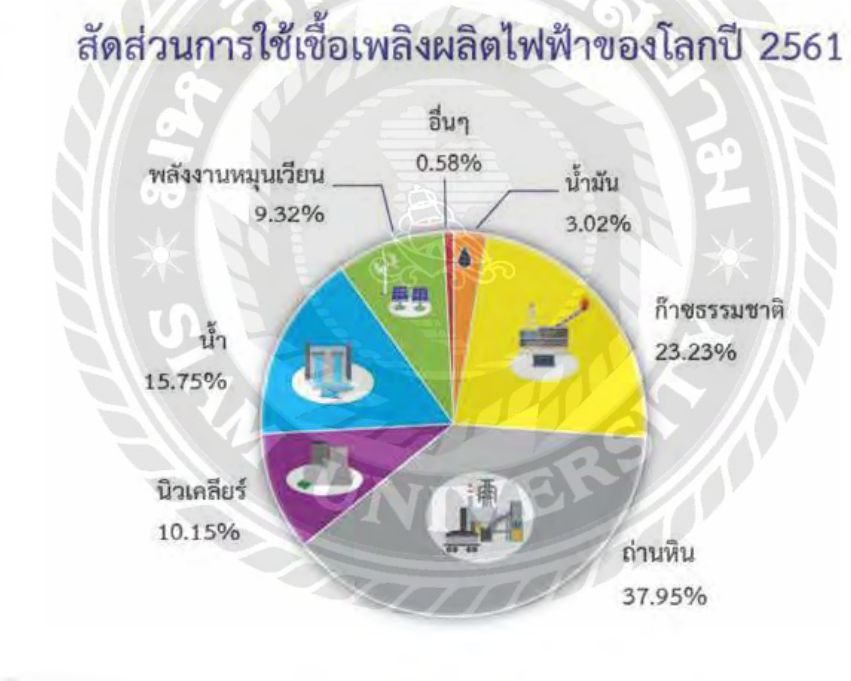
รังสีตรง (Beam Radiation or Direct Radiation) คือ รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงมายังผิวโลกที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ เนื่องจากการแผ่รังสีชนิดดังกล่าวมีทิศทางที่แน่นอน ดังนั้นรังสีประเภทนี้สามารถนำมารวมแสง หรือเปลี่ยนทิศทาง โดยใช้ผิวสะท้อนแสงได้ และมีสัดส่วนสูงในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส

รังสีกระจาย (Diffuse Radiation or Scattered Radiation) คือ รังสีอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลกและวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบของผิวรับรังสี รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศของท้องฟ้า เนื่องจากรังสีชนิดนี้ มีทิศทางไม่แน่นอนไม่สามารถนำมารวมแสง หรือเปลี่ยนทิศทางโดยผิวสะท้อนแสง หรือรวมแสงได้ รังสีประเภทนี้จะมีสัดส่วนสูง ในวันที่ฟ้าหลัวหรือมีเมฆมาก

รังสีรวม (Total Radiation or Global Radiation) คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับรังสี กรณีที่ผิวรับรังสีมีลักษณะเป็นแผ่นราบที่วางเอียงจากแนวระดับ รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและรังสีอาทิตย์รวมที่สะท้อนมาจากพื้นผิวบริเวณใกล้เคียง ในกรณีที่ผิวรับรังสีเป็นแผ่นราบที่วางในแนวระดับ รังสีรวมจะมาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้าโดยไม่มีส่วนที่สะท้อนมาจากพื้นผิวใกล้เคียง รังสีรวมในกรณีนี้ว่า Global Radiation

2.1.2 การใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน และเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจ เทคโนโลยีที่ทันสมัย และคุณภาพชีวิตของประชาชน พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ของประเทศไทยผลิตมาจากแหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติต่าง ๆ เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น ปัญหาทางด้านพลังงานเป็นปัญหาใหญ่ที่ทั่วทั้งโลกกำลังประสบอยู่โดยปัจจุบันแหล่งพลังงานที่ใช้เป็นหลักของโลกคือพลังงานฟอสซิล ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่นน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติถ่านหิน ฯลฯ ดังภาพที่ 2-2 แสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของโลกปี 2561 มาผลิตไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างแก่มวลมนุษย์โดยที่ค่าเฉลี่ยทั่วโลกมีการใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตพลังงานแค่ร้อยละ 9.32



ภาพที่ 2-2 แสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของโลกปี 2561

2.2 ทฤษฎีการไหลของอากาศ

2.2.1 สาเหตุของการเกิดการไหลของอากาศ

สาเหตุของการเกิดการไหลของอากาศ ที่ศึกษาจากหนังสือเทอร์โมฟลูอิด (Thermofluid) เขียนโดย ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์ (2548) มีเนื้อความสรุปได้ว่า อากาศเป็นของไหล (Fluid) ชนิดหนึ่ง

ที่อยู่ในสถานะของก๊าซ อากาศจะไหลจากจุดที่มีความดันของอากาศสูงกว่าไปยังจุดที่มีความดันต่ำกว่าเสมอ ซึ่งความดันของอากาศจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นมีหลายสาเหตุ เช่น

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

Robert Boyles ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับอากาศและสรุปเป็นกฎไว้ตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 17 ว่า “ขณะที่ก๊าซจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ถ้าอุณหภูมิของก๊าซนั้นคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดันสัมบูรณ์” ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$p_1V_1 = p_2V_2 \tag{2-1}$$

โดยที่ P_1 คือความดันของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ

P_2 คือความดันของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

V_1 คือปริมาตรของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ

V_2 คือปริมาตรของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรกับความดันในกรณีนี้ก็คือ เครื่องสูบลม ซึ่งใช้การลดปริมาตรในกระบอกสูบ ทำให้เกิดแรงดันขับอากาศออกไปนอกกระบอกสูบ

2. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

หลังจาก Robert Boyles ได้เสนอกฎของก๊าซในอุดมคติขึ้นประมาณ 100 ปี Jacques A. Charles ได้ทำการทดลองและเสนอกฎของก๊าซขึ้นมาอีก 2 ข้อ (ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, 2548) คือ

กฎข้อที่ 1 “ขณะที่ก๊าซจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ถ้าความดันของก๊าซนั้นคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์” ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\frac{V_1}{V_1} = \frac{V_2}{T_2} \tag{2-2}$$

โดยที่ V_1 คือปริมาตรของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ

V_2 คือปริมาตรของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

T_1 คืออุณหภูมิของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ

T_2 คืออุณหภูมิของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ตัวอย่างของกรณีนี้ก็คือ การทำให้อากาศในลูกบอลลูนร้อนขึ้น ทำให้อากาศซึ่งมีมวลคงที่ขยายตัว ซึ่งหมายความว่าความหนาแน่นของอากาศลดลง ทำให้บอลลูนลอยขึ้นไปในอากาศซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าได้

กฎข้อที่2 “ขณะที่ก๊าซจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ถ้าปริมาตรของก๊าซนั้นคงที่ ความดันของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์” ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \tag{2-3}$$

โดยที่ P_1 คือความดันของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ

P_2 คือความดันของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

T_1 คืออุณหภูมิของก๊าซก่อนการเปลี่ยนแปลงสภาพ

T_2 คืออุณหภูมิของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ตัวอย่างของกรณีนี้ก็คือ การสูบลมยางรถจักรยาน เมื่อสูบมากขึ้นถึงจุดหนึ่งที่ยางรถเริ่มพองเต็มที่แล้ว การออกแรงสูบจะยากขึ้น และกระบอกสูบจะร้อนขึ้น

เมื่อรวมสมการทั้งสามเข้าด้วยกันแล้วเรียกว่า “สมการของสภาวะก๊าซในอุดมคติ” (Equation of State of an Ideal Gas) คือ

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \tag{2-4}$$

จากกฎของก๊าซดังกล่าวข้างต้น สามารถอธิบายการเกิดลมพัดในลักษณะและกรณีต่าง ๆ กัน ดังตัวอย่างเช่น การที่มักจะเกิดลมพัดจากภูเขาไปยังตัวเมืองที่อยู่เชิงเขาในตอนเย็นและค่ำ เช่น ที่เกิดขึ้นกับเมืองเชียงใหม่ มีสาเหตุเกิดจาก การที่สิ่งก่อสร้างในตัวเมืองสะสมความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ทั้งวันแล้วเริ่มคายความร้อนขึ้นสู่อากาศในตอนเย็น ทำให้อากาศเหนือตัวเมืองร้อนขึ้น และขยายตัวลอยขึ้นสูง ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศเหนือป่าไม้บนภูเขาไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้น อากาศบนเขาซึ่งหนักกว่าจึงลอยเข้ามาแทนที่อากาศเหนือตัวเมืองที่ร้อนและลอยสูงขึ้นไป กลายเป็นลมพัดจากภูเขาในช่วงเย็น

2.2.2 ทฤษฎีการไหลของของไหล

ในการศึกษาการไหลของของไหลนั้นส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาเพื่อหาปริมาณการไหลและทิศทางอันเนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ที่ใช้ในการศึกษาสามารถแบ่งตามลักษณะการไหลได้หลายแบบคือ

แบบที่หนึ่ง เป็นแบบจำลองที่พิจารณาความสม่ำเสมอของปริมาณการไหล ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองแบบ คือ

- การไหลสม่ำเสมอ (Steady Flow) หมายถึง ลักษณะการไหลที่ความเร็ว ณ จุดใด ๆ ก็ตามจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแต่ความเร็วในการไหล ณ จุดนั้นอาจแตกต่างจากจุดอื่น ๆ ได้ ตัวอย่างเช่น การไหลของน้ำประปาในท่อที่มีแรงดันมากเพียงพอ

- การไหลไม่สม่ำเสมอ (Unsteady Flow) หมายถึงลักษณะการไหลที่ความเร็ว ณ จุดใด ๆ ก็ตามมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา หรือ อาจขาดช่วงได้ ตัวอย่างเช่น การไหลของน้ำประปาในท่อที่มีแรงดันไม่มากพอ

ทฤษฎีการไหลแบบสม่ำเสมอเป็นทฤษฎีเบื้องต้นที่ใช้ในการคำนวณออกแบบทางวิศวกรรม เนื่องจากมีความซับซ้อนน้อย

แบบที่สอง เป็นแบบจำลองที่พิจารณาตามความราบรื่นของการไหล เป็นการไหลที่ใช้สมมติฐานว่าอนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ตามกันเป็นชั้น ๆ โดยที่ชั้นหนึ่ง ๆ เลื่อนไหลไปแบบเรียบ ๆ เหนืออีกชั้นถัดไป ซึ่งสมมติฐานแบบนี้อาศัยกฎของนิวตันที่เกี่ยวกับความหนืดของของไหล รวมทั้งแรงหนืดระหว่างของไหลกับผิวของขอบท่อที่ของไหลนั้นไหลผ่าน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองแบบ คือ

- การไหลแบบราบเรียบ (Lamina Flow) เป็นการไหลที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันและมีความเร็วที่แน่นอน

- การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) เป็นการไหลที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ในทิศทางและความเร็วที่ไม่แน่นอน ซึ่งการไหลในธรรมชาติเกือบทั้งหมดเป็นการไหลในลักษณะนี้ ทฤษฎีการไหลแบบนี้มีความซับซ้อนมาก เช่นเดียวกับการไหลแบบไม่สม่ำเสมอ

ลักษณะการไหลแบบราบเรียบหรืออลวนสามารถทราบได้จากดัชนีที่เรียกว่า “เรย์โนลด์นัมเบอร์” (Reynold’s Number) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ Re ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างค่าแรงเฉื่อยต่อค่าแรงหนืดของของไหลเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย สำหรับการไหลในที่โล่ง Re สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Re = \frac{pvL}{\mu} \tag{2-5}$$

เมื่อ p คือความหนาแน่นของของไหล

v คือความเร็วของของไหลที่ไหลเข้าหาสิ่งกีดขวาง

L คือระยะห่างระหว่างจุดที่พิจารณากับผิวสัมผัสของสิ่งกีดขวาง

μ คือความหนืดของของไหล

เมื่อมีการไหลแบบราบเรียบ $Re < 10^5$

เมื่อการไหลอยู่ในระหว่างการเปลี่ยนแปลงจากแบบราบเรียบเป็นแบบอลวน $10^5 < Re < 2 \times 10^6$

และเมื่อการไหลเป็นแบบอลวน $Re > 2 \times 10^6$

แบบที่สาม เป็นแบบจำลองที่พิจารณาตามทิศทางของการไหลซึ่งเรียกว่าเส้นการไหล (Streamline) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

- การไหลทิศทางเดียว (One-Dimensional Flow) มีเส้นการไหลเป็นทิศทางเดียว ตัวอย่างเช่น การไหลในท่อตรง เป็นต้น

- การไหลสองทิศทาง (Two-Dimensional Flow) มีเส้นการไหลเป็นสองทิศทาง ตัวอย่างเช่น การไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบินซึ่งถือว่าปีกเครื่องบินมีความยาวมากจนถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลในทิศทางตามความยาวของปีกเครื่องบิน เป็นต้น

- การไหลสามทิศทาง (Three-Dimensional Flow) มีเส้นการไหลเป็นสามทิศทาง ตัวอย่างเช่น การไหลของอากาศผ่านหรือปะทะวัตถุที่มีความสูงและความกว้างไม่ต่างกันมากเช่น ลูกปืน จรวด รถ เป็นต้น

มีสมการต่างๆ มากมายทั้งที่ไม่ซับซ้อน จนถึงซับซ้อนมาก ที่ใช้ประกอบทฤษฎีการไหลของของไหลตามแบบจำลองดังกล่าวข้างต้น ซึ่งในทางสถาปัตยกรรม สมการที่ควรทราบมีดังต่อไปนี้

สมการของการไหลแบบสม่ำเสมอในทิศทางเดียวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของเส้นทางการไหล สมการนี้อาศัยหลักการที่ว่า มวลสารย่อมไม่มีการเพิ่มขึ้นหรือหายไป ซึ่งหมายความว่า ในเส้นทางการไหลที่ต่อเนื่องปริมาณการไหลจะคงที่ตลอดเส้นทางนั้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$q = A_1 v_{1=} A_2 v_2 \qquad (2\text{-}6)$$

เมื่อ q คือปริมาณการไหล (ปริมาตร) ต่อหน่วยเวลา

A_1 และ A_2 คือพื้นที่หน้าตัดของเส้นทางการไหลที่จุด 1 และ 2 ตามลำดับ

v_1 และ v_2 คือความเร็วในการไหลที่จุด 1 และ 2 ตามลำดับ

อธิบายได้ว่า เมื่อพื้นที่หน้าตัดของการไหลขยายใหญ่ขึ้น ความเร็วของของไหลจะลดลงแต่ถ้าพื้นที่หน้าตัดของการไหลลดลงความเร็วของของไหลจะมากขึ้น ซึ่งใช้อธิบายการไหลของน้ำที่ปากแม่น้ำออกสู่ทะเลซึ่งกว้างกว่าจะช้าลง หรือการไหลของอากาศผ่านช่องแคบจะเร็วขึ้น ซึ่งสมการ

นี้เมื่อใช้กับอากาศจะใช้ได้เมื่อความเร็วลมไม่มากเกินไปเท่านั้น มิฉะนั้นอากาศจะเกิดการอัดตัวและปริมาณการไหลที่คำนวณได้จะไม่ถูกต้อง

สมการของเบอร์นุลลี (Bernoulli's Equation)

เป็นสมการที่อาศัยหลักการคงที่ของพลังงานในการไหล ณ จุดต่าง ๆ ซึ่งถือว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานในการไหล สมการนี้คือ

$$\frac{p_1}{pg} + \frac{r_1^2}{2_g} + z_1 = \frac{p_2}{pg} + \frac{v_2^2}{2_g} + z_2 \qquad (2\text{-}7)$$

เมื่อ p_1 และ p_2 คือความดันของของไหล ณ จุด 1 และ 2 ตามลำดับ

p คือความหนาแน่นของของไหลซึ่งสมมติว่าคงที่ตลอดการไหล

v_1 และ v_2 คือความเร็วในการไหลที่จุด 1 และ 2 ตามลำดับ

g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

z_1 และ z_2 คือระดับความสูงจากระดับอ้างอิงใดๆ ของจุด 1 และ 2 ตามลำดับ

ตัวอย่างสถานการณ์ที่สามารถใช้สมการนี้อธิบายได้ก็คือการเปิดกระจกรถยนต์เล็กน้อย ขณะรถวิ่งอากาศในรถเมื่อเทียบกับความเร็วรถจะเท่ากับศูนย์แต่อากาศภายนอกรถจะมีความเร็วสัมพัทธ์เท่ากับความเร็วรถ ดังนั้นความดันของอากาศภายในรถจึงสูงกว่าแมลงเล็ก ๆ ที่บินอยู่ใกล้กับกระจกที่เปิดไว้จึงถูกดูดออกไปนอกรถได้อย่างไรก็ตามการใช้สมการนี้เพื่อการคำนวณตัวเลขที่ถูกต้องนั้น ต้องสมมติว่าอากาศมีความเร็วไม่มากจนเกินไปและไม่มีการอัดตัว เช่นเดียวกับสมการ (2-6)

2.2.3 สมการของการอนุรักษ์พลังงาน

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558) พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการไหลของของไหลต่อหน่วยมวลคือค่าเอนทัลปีจำเพาะ [J/kg] พลังงานจลน์ $V^2/2$ [J/kg] และพลังงานศักย์ gz [J/kg] ในระหว่างพื้นที่หน้าตัดที่ 1 และ 2 เมื่อมีพลังงานจากภายนอกเข้ามาโดยจะให้พลังงานนี้เป็น E_{in} [J/kg] (ยกตัวอย่างเช่นพลังงานจากปั๊ม, Blower, หรือการเพิ่มความร้อน) และถ้าให้พลังงานจากของไหลที่ออกไปสู่สิ่งแวดล้อมเป็น E_{out} (เช่น งานจากกังหัน, การทำความเย็น) จากกฎของการอนุรักษ์พลังงานกรณีการไหลคงตัวจะเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$(h1 + V_1^2/2 + gz_1) + (E_{in} - E_{out}) = (h_2 + V^2_2/2 + gz_2) \qquad (2\text{-}8)$$

โดยค่า g เป็นค่าอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก $g_n = 9.80665$ [m/s^2]

สมการนี้จะเป็นสมการทั่วไปของการไหลสำหรับการไหลที่คิดค่าความหนืดเป็นการไหลในบริเวณที่ใกล้กับผนังแข็ง เช่น ผิวท่อ งานที่เกิดจากความเสียดทานในการไหลอันเนื่องมาจากความหนืด ฯลฯ จำเป็นที่จะต้องคิดพลังงานในส่วนนี้แยกออกมาอีก ซึ่งงานจำนวนนี้ก็จะกลายเป็นความร้อน และกลายเป็นพลังงานไม่มีประสิทธิภาพ (ไม่สามารถนำมาใช้งานได้) การสูญเสียพลังงานที่มีประสิทธิภาพจำนวนนี้จะสูญเสียในรูปแบบของความดัน โดยพลังงานที่สูญเสียไปนี้เป็น E_{loss} ในวิชาอุณหภูมิพลศาสตร์นั้น การเปลี่ยนแปลงค่าเอนทัลปีΔh กับการเปลี่ยนแปลงความดัน Δp สามารถเขียนเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์กันได้ ดังนี้ ($\Delta h = \Delta q + v\Delta p = \Delta q + \Delta p/\rho$) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า $\Delta h = E_{loss} + \Delta p/\rho$ จากสมการที่ 2-8 เมื่อใช้ค่า $h_1 - h_2 = E_{loss} + (p_2 - p_1)/\rho$ แทนลงไปและไม่คิดถึงเรื่องการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของไหลจะเขียนสมการได้เป็น

$$(p_1/\rho + V^2_1/2 + gz_1) + (E_{in} - E_{out} - E_{loss}) = (p_2/\rho + V^2_2/2 + gz_2) \qquad (2\text{-}9)$$

สมการนี้เป็นสมการของการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ของไหลไม่สามารถอัดตัวได้ สมการนี้ไม่ เพียงแต่จะใช้กับของเหลวได้เท่านั้น ในกรณีของแก๊สมีการเปลี่ยนแปลงความดัน และอุณหภูมิน้อยมากจนถือได้ว่า ρ มีค่าคงที่สมการนี้ก็สามารถนำไปใช้ได้อีกด้วย สมการนี้ไม่มีพลังงานเข้าหรือออกจากภายนอกและไม่มี E_{loss} จะเขียนได้ใหม่เป็น

$$p + \rho V^2/2 + \rho gz = \text{ค่าคงที่} \qquad (2\text{-}10)$$

สมการเบอรนูรี่ (Bernoulli's Equation) ข้างบนนี้ใช้ในกรณีที่การไหลไม่มีการสูญเสียพลังงาน ไม่มีงานเข้า-ออกจากระบบ และไม่สามารถอัดตัวได้ในการไหลเทอม p, $\rho V^2/2$, ρgz ในสมการนี้จะหมายถึง แรงดัน สถิตย์ (Static Pressure) ความดันขับ และความดันรวม อนึ่งค่า ρ ของแก๊สจะมีค่าน้อยมากและถ้าค่า z ของจุดที่พิจารณา 2 จุดมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ทำให้เทอม ρgz ในสมการที่ (2-9) และสมการที่ (2-10) สามารถตัดทิ้งไปได้

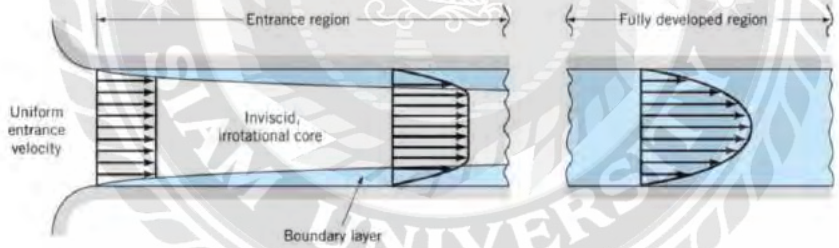
2.2.4 การไหลในท่อกลม

การไหลในท่อกลมที่บริเวณทางเข้าท่อที่แสดงในรูปที่ 2-3 นั้นจะเห็นว่าตั้งแต่ที่บริเวณทางเข้า ชั้น ขอบเขตของความเร็วจะค่อย ๆ พัฒนาเพิ่มขึ้นที่ละเล็กที่ละน้อยจนถึงระยะทางค่าหนึ่ง (Le) ชั้นของความเร็วจะซ้อนกันทั้งบนและล่าง หลังจากนั้นการกระจายความเร็วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เรียกว่าการไหลได้พัฒนาได้อย่างสมบูรณ์ (Fully Developed) ค่าเรย์โน Re สำหรับการไหลภายในท่อนั้นถ้าให้ V เป็นค่าความเร็วเฉลี่ย D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของพื้นที่ตัดขวางท่อแล้วจะได้

$$Re = \frac{VD}{v} = \frac{pVD}{\mu} = \frac{[M/(\pi D^2/4)]D}{\mu} \quad (2\text{-}11)$$

อนึ่งค่า ρV [kg/(m^2*s)] จะเป็นค่าการไหลของมวลสารต่อพื้นที่หน้าตัดในการไหลสำหรับในกรณีของแก๊สนั้น การเพิ่มความร้อนภายในท่อจะทำให้แก๊สขยายตัวมีความเร็ว V เพิ่มขึ้น ค่า ρV จะไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าพื้นที่หน้าตัดมีค่าคงที่ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่สะดวกในการคำนวณ นอกจากนั้นโดยปกติจะถือว่าค่าสัมประสิทธิ ความหนืด μ จะไม่เปลี่ยนแปลงไปกับความดันอีกด้วย ส่วนค่าความหนืดเชิงจลนศาสตร์ ν ซึ่งเท่ากับ μ/ρ ในกรณีของแก๊สจะเป็นค่าผกผันกับความดันซึ่งจะต้องระมัดระวัง

ค่าเรย์โนวิกฤติ Re_c ของการไหลภายในท่อที่ได้พัฒนาได้อย่างสมบูรณ์แล้วคือค่าเรย์โนที่การไหล เปลี่ยนจากการไหลราบเรียบไปเป็นการไหลแบบปั่นป่วนจะมีค่า Re_c = 2300 หรืออยู่ในช่วงระหว่าง 2000 – 4000 โดยประมาณ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความปั่นป่วนในการไหลความขรุขระภายในท่อที่ไหล หรือรูปทรง และ สภาพของทางเข้า ส่วนค่าเรย์โนที่ต่ำกว่า 2000 ไม่ว่าท่อจะมีความยาวมากเพียงใด การไหลก็จะไม่เปลี่ยนแปลงไปสู่การไหลแบบปั่นป่วน จะยังคงรักษาสภาพการไหลแบบเป็นชั้นหรือราบเรียบต่อไป



ภาพที่ 2-3 การไหลภายในท่อกลม

ภาพที่ 2-3 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นว่าการกระจายความเร็วที่ได้พัฒนาอย่างสมบูรณ์แล้วจะเป็นรูปพาราโบล่า ถ้าให้ V เป็นความเร็วเฉลี่ยในการไหลและให้ U_c เป็นความเร็วที่จุดศูนย์กลางของท่อเราสามารถแสดง ความสัมพันธ์กันได้ ดังนี้

$$V = \frac{\dot{M}}{\rho(\pi D^2/4)} = \frac{U_c}{2} \quad (2\text{-}12)$$

ในท่อที่มีความยาวเป็น L จะมีการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากการสูญเสียความดัน คือ $\Delta p/\rho$[J/kg] ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{\Delta p}{\rho} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2} \quad (2\text{-}13)$$

ในที่นี้ $\Delta p/\rho$ จะเรียกว่า “ความดันที่สูญเสียไป”

การไหลแบบปั่นป่วนภายในท่อกลม (Re>4000)

ภาพที่ 2-3 แสดงให้เห็นการกระจายความเร็วที่ได้พัฒนาได้อย่างสมบูรณ์การกระจายความเร็วจะมี ความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อความเร็วเฉลี่ยหาได้จาก

$$V = 0.82U_c \quad (2\text{-}14)$$

อนึ่งสำหรับการไหลภายในท่อที่ไม่ใช่ท่อกลมนั้นจะใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่า (เส้นผ่านศูนย์กลางสมมูล) De ซึ่งหาได้จาก

$$De \frac{4A}{Lp} \quad (2\text{-}15)$$

โดย A จะเป็นพื้นที่หน้าตัดในการไหล L_p จะเป็นความยาวเส้นรอบรูปของพื้นที่หน้าตัดของของไหลที่สัมผัสผนังของท่อในกรณีของท่อกลม De = D

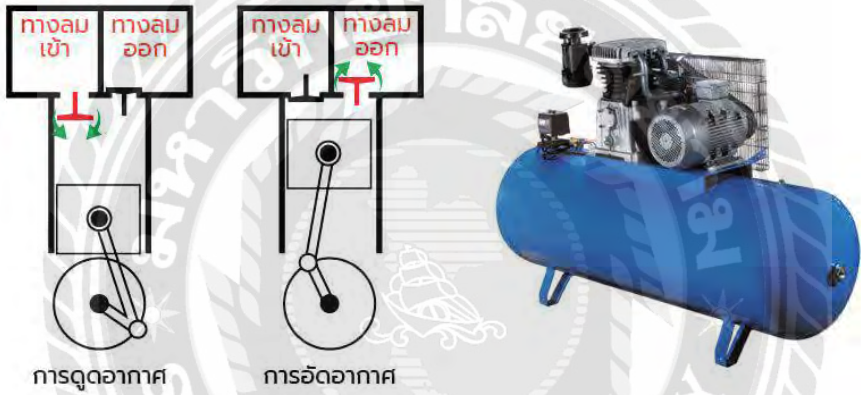
2.3 คุณสมบัติของปั๊มลมและเครื่องเป่าลม

2.3.1 ประเภทของปั๊มลม

วิรัช เดชาสิริสิงห์ (2562) กล่าวว่าในโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท ต้องมีเครื่องจักร เครื่องมือ หรืออุปกรณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง จำเป็นต้องใช้ลมอัด (Compressed Air) เมื่อเราทราบว่าต้องมีหรือต้องใช้ลมอัด เราต้องทราบต่อไปว่า เครื่องจักรที่ผลิตลมอัดนั้น เราเรียกว่าปั๊มลม (Air Compressor) ฉะนั้นก่อนที่เราจะเลือกใช้ เลือกซื้อปั๊มลม ให้ถูกต้อง ทั้งชนิด ขนาด ประเภทปั๊มลมต่างๆ เราต้องทราบประเภทของปั๊มลมก่อนว่ามีกี่ประเภท แต่ละประเภทมีข้อดี ข้อเสีย หรือเหมาะสมกับงานหรือเครื่องจักรที่ต้องการใช้ลมอัดอย่างไร บางครั้งเราเลือกอย่างถูกต้องแล้ว แต่โรงงานหรือสถานประกอบการของเราอยู่ติดกับบ้าน หมู่บ้าน ที่อยู่อาศัยหรือชุมชนต่างๆ บางครั้งเสียงดังที่เกิดจากปั๊มลมขณะทำงาน ไปรบกวนชาวบ้าน หรือสถานที่ต่างๆตามที่กล่าวมา เราก็ต้องดูความเหมาะสม ความถูกต้อง ที่จะอยู่ร่วมกับชุมชนในกรณีนี้ด้วย ปั๊มลม (Air Compressor) แบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆได้ 6 ประเภท สามารถอธิบายรายละเอียด ดังนี้

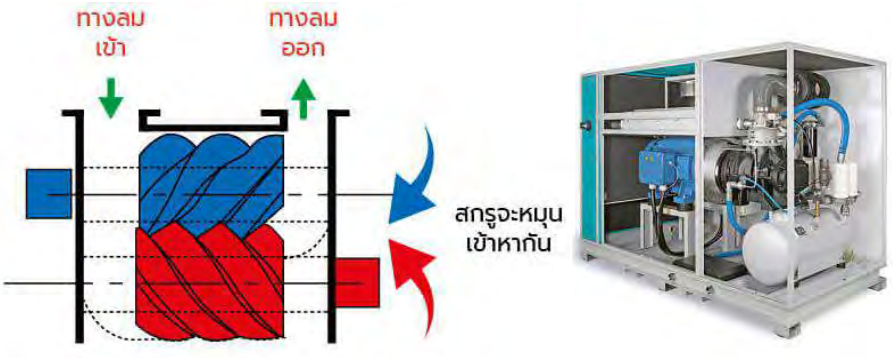
2.3.1.1 เครื่องอัดลม หรือ ปั๊มลมแบบลูกสูบ (Piston Air Compressor) เป็นเครื่องอัดลมหรือปั๊มลมที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากความสามารถในการอัดลม คือสามารถสร้างความดันหรือ

แรงดันของลมอัด ได้ตั้งแต่ 1 บาร์ (Bar) จนถึงเป็น 1000 บาร์ (Bar) ทำให้ปั๊มลมแบบลูกสูบทำได้ตั้งแต่ความดันต่ำ ความดันปานกลาง ไปถึงความดันสูง มีแบบใช้สายพาน จะทำให้เสียงเงียบ หรือแบบมอเตอร์ในตัว ที่เรียกว่าลูกสูบโรตารี่ แบบนี้จะผลิตลมได้เร็วกว่าแบบใช้สายพาน การทำงานของปั๊มลมแบบลูกสูบ ลูกสูบจะมีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง ทำให้เกิดการดูดและการอัดภายในกระบอกสูบ โดยที่ช่วงการดูดอากาศ ลิ้นช่องดูดเข้า จะทำการเปิดออกเพื่อดึงอากาศเข้าภายในกระบอกสูบ แต่ลิ้นทางด้านอัดอากาศออก จะปิดสนิท จากนั้นเมื่อถึงช่วงการอัดอากาศ ตัวลูกสูบจะดันอากาศให้ออกทางลมออก ทำให้ลิ้นทางด้านทางออกเปิด ส่วนทางลิ้นดูดอากาศจะปิดลง เมื่อลูกสูบของปั๊มลมขยับขึ้น-ลง จึงเกิดการดูดและอัดอากาศขึ้น



ภาพที่ 2-4 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบลูกสูบ

2.3.1.2 เครื่องอัดลม หรือ ปั๊มลมแบบสกรู (Screw Air Compressor) เป็นปั๊มลมที่นิยมใช้ในโรงงาน โรงพิมพ์มาก ปั๊มลมแบบนี้จะมีตัวสกรูโรเตอร์ในการผลิตลม ไม่มีลิ้นในการเปิดปิด ปั๊มลมชนิดนี้ต้องการระบบระบายความร้อนที่ดี มีทั้งระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และระบบระบายความร้อนด้วยน้ำถ้าเป็นเครื่องขนาดใหญ่ ปั๊มลมสามารถจ่ายลมได้ถึง 170 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (m3/min) และสร้างแรงดันได้มากกว่า 10 บาร์ (Bar) การทำงานของปั๊มลมแบบสกรูภายในปั๊มลมอัดอากาศ จะมีโรเตอร์เกลียวสกรูคู่กัน โดยที่สกรูทั้งสองเพลาที่ขบกัน จะเรียกว่าเพลาตัวผู้และเพลาตัวเมีย ทั้งสองตัวเป็นสกรูที่มีทิศทางการหมุนเข้าหากัน ทำให้อากาศจากภายนอกถูกดูดและอัดส่งไปรอบๆ เสื้อปั๊ม และส่งผ่านไปทางออกเข้าสู่ชุดแยกน้ำมันออกจากอากาศ จากนั้นจะไปสู่ถังเก็บลม โดยความเร็วรอบของเพลาตัวผู้และเพลาตัวเมียเกือบเท่ากัน โดยเพลาตัวผู้จะหมุนเร็วกว่าเพลาตัวเมียเล็กน้อย ปั๊มลมประเภทนี้ การไหลของแรงลมจะราบเรียบกว่าแบบลูกสูบ



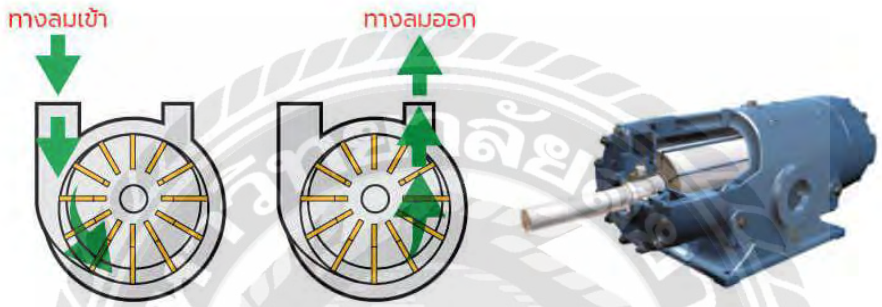
ภาพที่ 2-5 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบแบบสกรู

2.3.1.3 เครื่องอัดลม หรือ ปั๊มลมแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor) เป็นปั๊มลมที่ใช้ตัวไดอะแฟรม ทำงานเหมือนลูกสูบและส่งผลให้ลิ้นด้านดูดอากาศเข้าและลิ้นด้านส่งอากาศออก ทำงานโดยไม่ได้สัมผัสกับชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ และลมอัดที่ได้จะไม่มีการผสมของน้ำมันหล่อลื่น จึงเป็นลมที่สะอาด แต่ไม่สามารถสร้างแรงดันได้สูง ข้อดีก็คือ ลมที่ได้จากปั๊มลมประเภทนี้มีความปลอดภัยสูงและมักใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเคมี และนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากเสียงที่เงียบและลมสะอาดนั่นเอง การทำงานของปั๊มลมแบบไดอะแฟรม ระบบอัดลมลักษณะนี้ จะใช้แผ่นไดอะแฟรมเป็นตัวดูดอากาศ ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง แผ่นไดอะแฟรมจะดูดอากาศจากภายนอกผ่านลิ้นวาล์วด้านดูด มาเก็บไว้ในห้องเก็บลม และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นสุด แผ่นไดอะแฟรมจะอัดอากาศภายในห้องสูบทั้งหมดผ่านวาล์วด้านออกเพื่อไปเก็บไว้ในถังพักหรือไปใช้งานโดยตรง

ภาพที่ 2-6 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบไดอะแฟรม

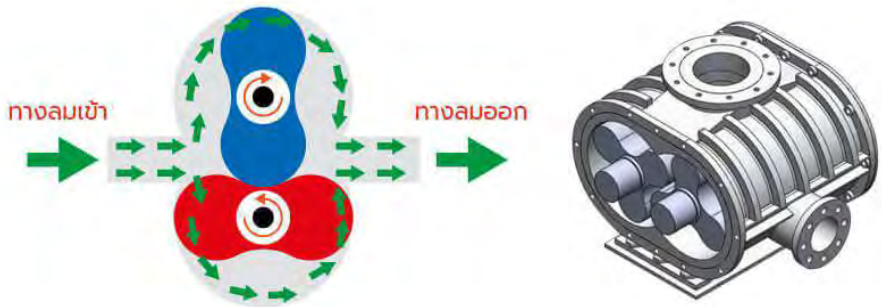
2.3.1.4 เครื่องอัดลม หรือ ปั๊มลมแบบใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor) ปั๊มลมชนิดนี้ข้อดีคือเสียงเงียบ การหมุนจะราบเรียบมีความสม่ำเสมอ การอัดอากาศคงที่ ไม่มีลิ้น

หรือวาล์วในการปิดเปิด มีพื้นที่ทำงานจำกัด จึงเกิดความร้อนได้ง่าย หากต้องการประสิทธิภาพที่ดี จะต้องผลิตปั๊มลมชนิดนี้ด้วยความประณีตสูง สามารถผลิตลมได้ตั้งแต่ 4-100 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (m3/min) และความดันทำได้ 1-10 บาร์ (Bar) การทำงานของปั๊มลมแบบใบพัดเลื่อน ตัวเครื่องจะมีใบพัดติดอยู่กับชุดขับเคลื่อนการหมุน หรือเรียกว่าโรเตอร์ และวางให้เยื้องศูนย์ภายในของเรือนสูบ เมื่อมีการหมุนของโรเตอร์ใบพัด อากาศจะถูกดูดทางช่องลมเข้าและอัดอากาศจากพื้นที่กว้างไปสู่ที่แคบกว่า และส่งอากาศที่ถูกอัดออกไปทางช่องลมออกเพื่อไปใช้งานหรือเข้าถังเก็บต่อไป



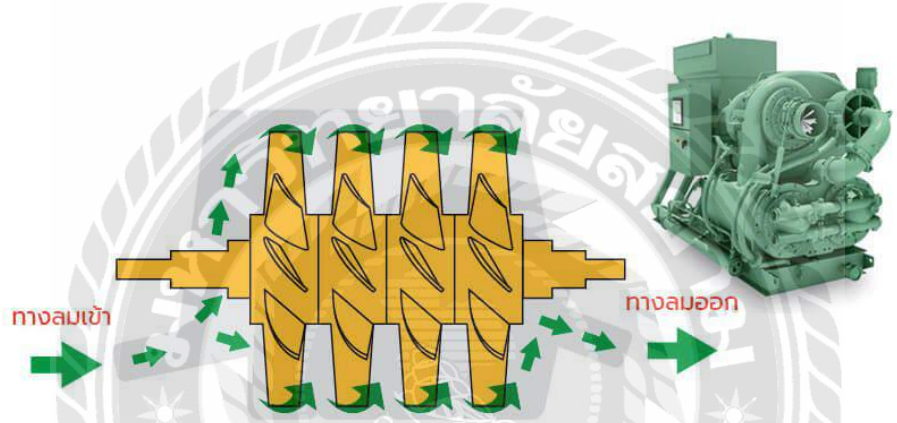
ภาพที่ 2-7 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบใบพัดเลื่อน

2.3.1.5 เครื่องอัดลม หรือ ปั๊มลมแบบใบพัดหมุน (Roots Air Compressor) ปั๊มลมแบบนี้จะมีใบพัดหมุน 2 ตัว เมื่อโรเตอร์สองตัวทำการหมุน อากาศจะถูกดูดจากฟากหนึ่งไปยังอีกฟากหนึ่ง โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ทำให้อากาศไม่ถูกบีบหรืออัดตัว อากาศจะถูกอัดตัวก็ต่อเมื่ออากาศได้ถูกส่งเข้าไปยังถังเก็บลม ปั๊มลมแบบนี้ต้นทุนการผลิตจะแพง ไม่มีลิ้น ไม่ต้องการหล่อลื่นมากขณะทำงาน แต่ต้องมีการระบายความร้อนที่ดี การทำงานของปั๊มลมแบบใบพัดหมุน ใบพัดหมุน 2 ตัว จะหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน เมื่อโรเตอร์หมุน ทำให้อากาศถูกดูดจากทางลมเข้า และไปออกช่องทางลมออก โดยไม่ทำให้อากาศถูกบีบหรืออัดตัว



ภาพที่ 2-8 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบใบพัดหมุน

2.3.1.6 เครื่องอัดลม หรือ ปั๊มลมแบบกังหัน (Radial and Axial Flow Air Compressor) ปั๊มลมแบบนี้ จะได้อัตราการจ่ายลมที่มาก ลักษณะเป็นใบพัดกังหันดูดอากาศมาจากอีกด้านหนึ่ง ด้วยความเร็วสูง และส่งออกไปอีกด้านหนึ่ง ลักษณะการออกแบบใบพัดจึงสำคัญมาก ในเรื่องของอัตราของการผลิตและจ่ายลม การทำงานของปั๊มลมแบบกังหัน เครื่องอัดลมแบบกังหันนี้ ใช้หลักการของกังหันใบพัด โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูง อากาศจะถูกดูดผ่านเข้าในช่องทางลมเข้า และอากาศจะถูกอัดและถูกส่งต่อไปยังอีกด้านหนึ่ง ในช่องทางลมออก โดยไหลไปตามใบพัดและแกนเพลา ปั๊มลมแบบนี้สามารถผลิตลมได้ถึง 170-2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (m3/min)



ภาพที่ 2-9 ภาพเครื่องอัดลม หรือปั๊มลมแบบกังหัน

2.3.2 วิธีการเลือกซื้อเครื่องปั๊มลมให้เหมาะสมกับความต้องการที่ใช้จริง

ถ้าเราเลือกซื้อขนาดของเครื่องปั๊มลมมาเล็กไป ก็จะทำให้ปั๊มลมผลิตลมอัดออกมาไม่พอใช้สำหรับอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องใช้ลมอัดในเครื่องจักร การทำงานของเครื่องจักรอาจทำงานผิดพลาดหรือทำงานไม่ได้เลย ซึ่งในปัจจุบันนี้เครื่องจักรรุ่นใหม่ๆจะมีชุดเซ็นเซอร์ทำหน้าที่วัดแรงดันและปริมาณลมที่เข้าเครื่องจักรว่าพอเพียงหรือไม่ ถ้ามีมาไม่พอ (ภาษาพูดที่เข้าใจกันโดยทั่วไป เรียกว่าลมตก) ก็จะทำให้สตาร์ทหรือเดินเครื่องไม่ได้เลย ถ้าเป็นเครื่องรุ่นเก่าที่ไม่มีชุดเซ็นเซอร์ ทางช่างคุมเครื่องจะทราบทันทีว่าลมตกหรือลมไม่พอ โดยดูจากเกจวัดแรงดันลม (Air Pressure Gauge) บริเวณแมนลมเข้าเครื่องจักร ถ้าเป็นกรณีนี้ต้องซื้อปั๊มลมมาเพิ่ม เพื่อที่จะได้ลมเพียงพอสำหรับการใช้งาน ถ้าเราเลือกซื้อขนาดเครื่องปั๊มลมมาใหญ่เกินไปมาก ในกรณีนี้การทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ลมอัดจะไม่มีปัญหาในการทำงานหรือการเดินเครื่อง แต่จะมีปัญหาในการต้องจ่ายเงินเป็นค่าซื้อเครื่องปั๊มลม ค่าไฟฟ้าแต่ละเดือน และค่าอะไหล่ รวมถึงการบำรุงรักษามากขึ้นนั่นเอง วิธีการเลือก

ขนาดเครื่องปั๊มลมให้ถูกต้องและเหมาะสมกับความต้องการที่ใช้จริง ก่อนอื่นเราต้องรู้ปริมาณลมที่ต้องใช้จริงของเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนว่ามีปริมาณรวมทั้งหมดเท่าไร แรงดันสูงสุดกี่บาร์ (Bar) ก่อน

2.3.3 วิธีการเลือกซื้อเครื่องทำลมแห้งให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานจริง

สำหรับเครื่องทำลมแห้ง (Air Dryer) หน้าที่คือเครื่องลดปริมาณน้ำและความชื้นที่ปนมากับลมอัด เพื่อให้ได้ลมที่สะอาดปราศจากความชื้น เพื่อส่งลมที่ดีไปใช้งานที่เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆต่อไปหลักการทำงานและประโยชน์ของเครื่องทำลมแห้ง ซึ่งโดยปกติลมที่ถูกผลิตโดยเครื่องปั๊มลมจะมีน้ำและความชื้นปนมาด้วย เมื่อต้องการนำลมอัดไปใช้งาน เครื่องจักรและอุปกรณ์ไม่ต้องการน้ำ ละอองน้ำและความชื้นที่ปนมากับลมอัดเลย เครื่องทำลมแห้งจึงเป็นอุปกรณ์หลักในการนำน้ำและความชื้นออกมาจากลมอัด ซึ่งเครื่องทำลมแห้งนี้อาศัยหลักการควบแน่นด้วยน้ำยาทำความเย็นแล้วระบายน้ำออกมา ทำให้ลมอัดที่ได้มีความแห้งและบริสุทธิ์ ในการเลือกซื้อเครื่องทำลมแห้งต้องให้มีขนาดที่เหมาะสมกับอัตราการผลิตและใช้ลมของแต่ละโรงงาน ซึ่งต้องมีการคำนวณ เช่นดียวกับเครื่องปั๊มลม เพราะถ้าเลือกซื้อมาผิดขนาด จะเกิดผลเสียต่อการใช้ลมและค่าใช้จ่ายเช่นเดียวกัน สมมติว่าเราซื้อเครื่องทำลมแห้งมีขนาดเล็กไป การทำงานของเครื่องจะทำงาน 100 เปอร์เซ็นต์ โดยแทบจะไม่มีเวลาพักเครื่องเลยในขณะทำงาน เพราะต้องลดอุณหภูมิลมลง เพื่อแยกน้ำออกจากลม และจะทำงานเกินขีดความสามารถของเครื่องเอง ลมที่ได้ออกมาจะมีน้ำและความชื้นปนออกมาด้วย จะเกิดผลเสียต่อเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัด และอายุการใช้งานของเครื่องทำลมแห้งจะสั้น เพราะทำงานตลอดเวลาไม่มีเวลาหยุดพัก การแก้ไขก็โดยการซื้อเครื่องทำลมแห้งเพิ่มที่มีขนาดเท่าเดิม เวลาใช้งานก็เปิดเดินเครื่อง 2 เครื่องพร้อมกัน (ต้องคำนวณดูว่า วิธีนี้ขนาดของเครื่องจะพอเพียงไหม และมีค่าใช้จ่ายเป็นอย่างไร) หรือมีอีกวิธีก็คือซื้อเครื่องทำลมแห้งใหม่ให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิม สามารถเปิดทำงานเครื่องเดียวได้ เครื่องเดิมก็เก็บสำรองไว้เปิดตอนฉุกเฉิน

ภาพที่ 2-10 ภาพเครื่องทำลมแห้ง

2.3.4 วิธีการเลือกซื้อชุดกรองลม

สำหรับชุดกรองลม (Main Line Air Filter) จะมีหน้าที่คือ ดักจับฝุ่นละอองและความชื้นที่มากับลมอัดที่ผ่านเข้ามาในชุดกรองลม เมื่อลมไหลผ่านไส้กรองออกมาแล้ว ก็จะเป็นลมที่สะอาด แต่ยังมีความชื้นอยู่ เพราะหน้าที่หลักของชุดกรองลมคือดักจับฝุ่นละออง อาจจะช่วยดักจับน้ำ และความชื้นบ้างแต่ไม่มาก ซึ่งชุดไส้กรองของชุดกรองลม จะมีความละเอียดที่หลากหลายให้เลือกใช้ ตั้งแต่ 0.01 -5 ไมครอน ซึ่งตัวไส้กรองนี้มาจากทำจากโลหะซินเตอร์ กระดาษไวร์โคลท (Wire Cloth) ไหมเทียม หรือฝ้ายคล้ายรวงผึ้ง ซึ่งความละเอียดของไส้กรองนี้จะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับ ฝุ่นละอองและความชื้นที่ปนมากับลมอัด วิธีเลือกขนาดของชุดกรองลม จะดูที่ค่าสองชนิด คือค่าความละเอียดของไส้กรองและค่าอัตราของลมอัดที่ไหลผ่านไส้กรอง ซึ่งโดยปกติในห้องเครื่องปั๊มลมจะติดตั้งชุดกรองลม อย่างน้อย 2 ชุด ชุดไส้กรองหยาบ 3-5 ไมครอน จะติดตั้งที่ท่อลม ที่ออกมาจากเครื่องปั๊มลม ส่วนชุดไส้กรองลมละเอียด 0.01-0.2 ไมครอน จะติดตั้งที่ท่อลมก่อนที่จะจ่ายลมอัดเข้าไปที่เครื่องจักรและอุปกรณ์ใช้ลมอัด

ภาพที่ 2-11 ภาพชุดกรองลม

2.3.5 วิธีการเลือกซื้อชุดถังพักลมอัด

ชุดถังพักลม (Air Storage Tank) มีหน้าที่กักเก็บลมที่ถูกผลิตออกมาจากเครื่องปั๊มลม และถูกปล่อยออกไปใช้งานอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา อาจจะอยู่ในแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้ ซึ่งจุดประสงค์หลักที่ระบบลมอัดจำเป็นต้องมีชุดถังพักลมคือ

2.3.5.1 กักเก็บลมอัดที่เครื่องปั๊มลมผลิตออกมา ช่วยให้เครื่องปั๊มลมมีเวลาหยุดพักเครื่องในเวลาสั้น ๆ ได้

2.3.5.2 รักษาปริมาณลมอัดให้เพียงพอต่อการใช้งานอย่างต่อเนื่อง

2.3.5.3 จ่ายลมอัดออกไปใช้งานด้วยความดันคงที่สม่ำเสมอตลอดเวลา

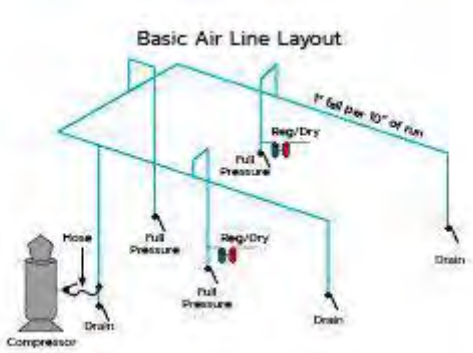
2.3.5.4 ช่วยระบายความร้อนของลมอัด เพราะถังมีพื้นที่ระบายความร้อนอยู่รอบตัว

2.3.5.5 สามารถแยกไอน้ำที่ติดปนมากับลมอัดได้บางส่วน

ภาพที่ 2-12 ภาพชุดถังพักลม

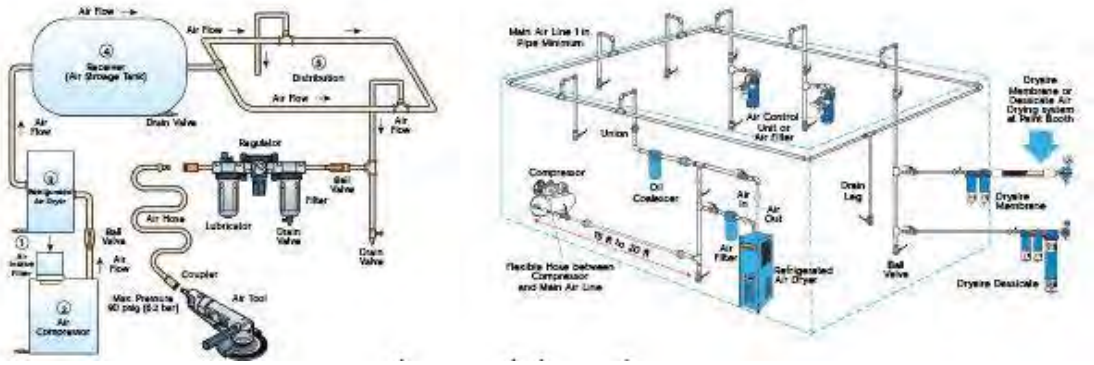
2.3.6 การต่อท่อเมนลมเพื่อส่งจ่ายลมอัด สามารถทำได้ 2 แบบคือ

2.3.6.1 การต่อท่อเมนลมส่งอากาศอัดแบบท่อเดี่ยว หรือ แบบก้างปลา หรือแบบตัว U เหมาะสำหรับการใช้งานที่ระยะทางใกล้ ๆ คือระยะห่างระหว่างปั๊มลมและและเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ลมอัดอยู่ใกล้ ๆ กัน แบบนี้จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการต่อท่อลมอัด ซึ่งโรงงานขนาดเล็กโดยทั่วไปจะนิยมต่อท่อลมอัดแบบนี้ แต่ถ้าเป็นโรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่มีระยะห่างระหว่างห้องจ่ายลมอัดและเครื่องจักรมาก จะมีผลเสียคือจะทำให้แรงดันลมอัดในท่อจ่ายลมอัดตกในบางช่วงเวลาหรือบางจุดได้



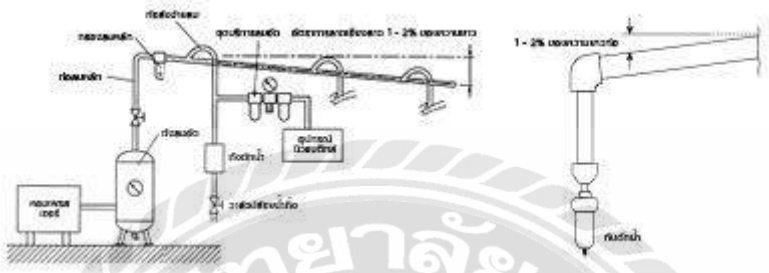
ภาพที่ 2-13 ภาพแสดงลักษณะการต่อเมนลมอัดแบบท่อเดี่ยว

2.3.6.2 การต่อท่อเมนลมอัดเป็นแบบวงแหวน ท่อลมเชื่อมต่อกันทั้งหมด เหมาะสมกับทุกระบบที่มีการใช้ลมอัดปริมาณมาก ๆ มีเครื่องจักรหลาย ๆ ชุด เพราะการต่อท่อเมนลมอัดแบบนี้จะช่วยลดปัญหาเรื่องของแรงดันตกได้มาก ซึ่งการต่อท่อแบบวงแหวนนี้ ความดันของลมอัดจะเท่ากันทุกๆจุดที่ใช้งาน ดังนั้นเราจึงไม่ต้องผลิตแรงดันเพื่อเผื่อโหลดปลายทาง ซึ่งในปัจจุบันนี้ทางโรงงานโดยทั่วไปเองก็ได้ปรับปรุงจากระบบท่อเดี่ยวมาเป็นระบบนี้เพิ่มมากขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีการลงทุนสูงกว่าแบบท่อเดี่ยวก็ตาม เพราะในการใช้งานจริง ระบบท่อเมนลมแบบนี้ สามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมาก การต่อท่อลมแบบวงแหวน หรือแบบที่ 2 นี้ เป็นการต่อท่อลมที่ดี ช่วยลดปัญหาแรงดันลมตก ทำให้ไม่ต้องเดินเครื่องปั๊มลมที่แรงดันสูง เพราะการผลิตแรงดันลมสูง จะทำให้เครื่องปั๊มลมต้องใช้พลังงานสูงตามไปด้วย และแรงดันที่สูงย่อมส่งผลให้มีการรั่วไหลมากกว่าแรงดันที่ต่ำกว่าในขณะที่รูรั่วของลมเท่ากัน ฉะนั้นเมื่อเราสามารถเดินเครื่องปั๊มลมที่แรงดันต่ำได้ อาจจะลดได้ 1 บาร์ ก็จะสามารถลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 6-12 % ของการใช้งานปกติ



ภาพที่ 2-14 ภาพแสดงลักษณะการต่อเมนลมอัดแบบวงแหวน

สำหรับการต่อท่อส่งจ่ายลมอัดจากห้องเครื่องปั๊มลม ไปยังเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัด ซึ่งปกติจะวางตามแนวนอน และควรติดตั้งให้ด้านปลายท่อลาดเอียงลงประมาณ 1-2 % ของความยาวท่อในแนวนั้น ๆ ซึ่งด้านปลายท่อหรือจุดที่ต่ำที่สุดจะต้องติดตั้งวาล์วดักน้ำเพื่อระบายน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวในท่อทิ้งไปด้วย

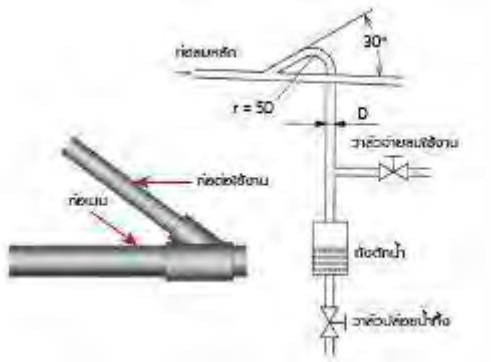


ภาพที่ 2-15 ภาพแสดงปลายท่อที่วางลาดเอียง 1-2% พร้อมติดตั้งชุดกับดักน้ำ

ในกรณีที่วางท่อไปแล้วเจอสิ่งกีดขวางเช่นคานของโครงสร้างอาคาร หรือรางสายไฟฟ้า หรือท่อน้ำและอื่น ๆ ให้ติดตั้งท่อลมตามรูปด้านล่างและจุดต่ำสุดต้องติดตั้งชุดกับดักน้ำไว้ เพื่อระบายน้ำในท่อ เพื่อป้องกันไม่ให้มีน้ำขังในบริเวณดังกล่าวนี้ ถ้าในแนวท่อนี้มีตำแหน่งลักษณะนี้หลายจุด ก็ต้องติดตั้งชุดกับดักน้ำทุกจุดด้วย

ภาพที่ 2-16 ภาพแสดงการติดตั้งท่อในกรณีที่มีสิ่งกีดขวาง

สำหรับการต่อท่อแยกออกจากท่อเมนลมอัดเพื่อจ่ายลมอัดเข้าเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในทุกจุดของโรงงาน วิธีที่ดีที่สุดและถูกต้องที่สุดคือต่อออกทางด้านบนของท่อเมนลมอัดเท่านั้น และท่อแยกทำมุม 30 องศากับท่อเมนและโค้งงอลงมาตามรูปด้านล่าง การต่อแบบนี้จะทำให้ลมอัดไหลสะดวกที่สุดและป้องกันไม่ให้น้ำที่อาจมีอยู่ด้านล่างในท่อเมนไม่ไหลออกมาด้วย



ภาพที่ 2-17 ภาพแสดงการต่อท่อแยกจ่ายลมออกจากท่อเมนลม

แต่ถ้าเราไม่สามารถหาวัสดุหรือท่อโค้งงอ 30 องศาได้ ก็สามารถใช้ท่อสั้นๆต่อออกจากด้านบนของท่อเมนแล้วใช้ข้อต่องอ ต่อลงมาตามภาพที่ 2-17

ภาพที่ 2-18 ภาพแสดงการต่อท่อแยกลมออกไปใช้งานอย่างผิดวิธี

สำหรับเรื่องการประหยัดพลังงานในระบบเครื่องปั๊มลมและอุปกรณ์พร้อมทั้งระบบอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ถ้าเราสามารถปรับปรุงให้ได้ดีและอย่างยั่งยืนได้ เราก็สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปในทุก ๆ วินาทีในการเดินระบบลมอัดได้ ซึ่งในที่นี้จะแนะนำวิธีปรับปรุงแก้ไขวิธีการ เพื่อประหยัดพลังงาน 3 วิธีดังนี้

1. การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องปั๊มลม อุณหภูมิของอากาศที่ต่ำย่อมมีความหนาแน่นของอากาศมากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูง และเมื่ออัดเข้าไปแล้วย่อมได้เนื้ออากาศมากกว่า ซึ่งบริเวณห้องที่ติดตั้งระบบเครื่องปั๊มลมและอุปกรณ์ จะต้องโปร่ง โล่งอากาศถ่ายเทได้สะดวก อากาศบริเวณรอบ ๆ นั้นก็จะเย็นแบบปกติ ตามภาพที่ 2-19

ภาพที่ 2-19 ภาพแสดงบริเวณที่ติดตั้งเครื่องปั๊มและอุแกรณ์บริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก

ถ้าเราต้องติดตั้งเครื่องปั๊มลมพร้อมอุปกรณ์บริเวณห้องหรือที่มีอากาศถ่ายเทไม่สะดวก เราต้องติดตั้งท่อระบายอากาศร้อนออกจากเครื่องปั๊มลมและเครื่องทำอากาศแห้ง ตามภาพที่ 2-20 การลดอุณหภูมิของอากาศรอบ ๆ เครื่องปั๊มลมและอุปกรณ์ ถ้าลดได้ 3 องศาเซลเซียส จะประหยัดค่าไฟฟ้าไปได้ประมาณ 1 % ถ้าลดได้ 7-10 องศาเซลเซียส ก็จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 3 %

ภาพที่ 2-20 ภาพแสดงบริเวณติดตั้งเครื่องปั๊มลมที่อยู่ในห้องมีอากาศถ่ายเทไม่ดี

2. การลดแรงดันในการผลิตลมอัด โรงงานมักเข้าใจผิดว่า การผลิตลมแรงดันสูง ๆ เผื่อไว้แล้วให้เครื่องหยุดพักในลักษณะพักแบบไร้โหลด จะทำให้เครื่องได้หยุดพักและใช้พลังงานน้อยลง แต่ในขณะเดียวกัน ต้องอย่าลืมว่า ในระบบลมของเราได้แก้ไขจุดที่ต้องบำรุงรักษาหรือยัง เช่น ระบบรั่วไหลของลมตามข้อต่อต่าง ๆ ตามวาล์ว หน้าแปลน เกลียวท่อ และอุปกรณ์ใช้ลมอัด ซึ่งระบบลมอัดที่ดี จะยอมให้มีการรั่วไหลได้ไม่เกิน 5 % และอีกจุดหนึ่งที่ต้องดูแลเป็นประจำก็คือไส้กรองทุกชนิดในระบบ เช่นไส้กรองอากาศ ,Oil Separator,Main Filter,Oil Filter,Mist Filter ต้องมีการทำความสะอาดตามคู่มือการใช้งาน และเปลี่ยนใหม่เมื่อถึงอายุการใช้งาน เมื่อทำการปรับปรุงซ่อมแซมจุดลมรั่วและดูแลรักษาระบบที่เกี่ยวกับระบบกรองทุกชนิดได้เป็นอย่างดีแล้ว เราสามารถปรับลดแรงดันลมได้ 1-2 บาร์ ซึ่งการลดแรงดันลมได้ 1 บาร์ จะลดการใช้พลังงานลงได้ 6-7 %

3. การลดพฤติกรรมการใช้อากาศอัดที่ไม่เหมาะสม เช่น การนำเอาอากาศอัดไปเป่าทำความสะอาดพื้นและเครื่องจักรจะทำให้สูญเสียลมอัดไปมากถ้าทำอยู่เป็นประจำ และการนำเอาลมอัดไปเป่าระบายความร้อนของเครื่องจักร ซึ่งการทำเช่นนี้เป็นการแก้ปัญหาที่ไม่ถูกต้อง ถ้าอุปกรณ์ของ

เครื่องจักรชำรุดหรือขัดข้องก็ต้องซ่อม เปลี่ยนอะไหล่ เพราะถ้าทำเช่นนี้จะทำให้สูญเสียลมอัดมากเช่นเดียวกัน

2.3.7 ประเภทของเครื่องเป่าลม

คอน เมืองศักดิ์ (2566) กล่าวถึง เครื่องเป่าลม คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เรียบง่าย และมีประสิทธิภาพที่ใช้ในบ้าน และอุตสาหกรรมเพื่อเป่าฝุ่นออกจากทุกซอกทุกมุม สำหรับอุปกรณ์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีชิ้นส่วนที่บอบบางซึ่งไม่สามารถทำความสะอาดด้วยผ้าได้ เวลาที่คุณต้องการเครื่องเป่าลมเพื่อกำจัดฝุ่นด้วยแรงดันอากาศที่ต่อเนื่อง เครื่องจักรที่ทนทาน และมีประสิทธิภาพนี้ช่วยประหยัดเวลา และความพยายามในการทำความสะอาด และปัดฝุ่นได้เป็นอย่างดี เครื่องเป่าลม หรืออีกชื่อที่เรียกกันทั่วไปคือ โบลเวอร์ เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในหลาย ๆ งาน ช่วยให้แรงเป่าที่ทรงพลังและควบคุมทิศทางได้ ไม่ว่าจะใช้ในการทำสวน ก่อสร้าง หรืองานทำความสะอาดประจำวัน ประโยชน์ของเครื่องเป่าลมนั้นมีหลากหลายแบบมาก บทความนี้จะพาคุณไปรู้จักทุกสิ่งที่คุณต้องรู้เกี่ยวกับเครื่องเป่าลม เครื่องเป่าลมมีหลายประเภท ที่มีฟังก์ชันการทำงานแตกต่างกันโดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.3.7.1 เครื่องเป่าลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal Blowers): เป็นเครื่องเป่าลมขนาดใหญ่ที่ใช้แรงเหวี่ยงแบบหลายใบพัด ใช้แรงจากศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนของจานพร้อมใบพัด เพื่อเพิ่มความเร็วและปริมาตรของกระแสอากาศ มักใช้ในอุตสาหกรรมสำหรับระบบปรับอากาศ ระบายอากาศ ทำความร้อน และเครื่องดูดฝุ่น

ภาพที่ 2-21 ภาพเครื่องเป่าลมแรงเหวี่ยง

2.3.7.2 เครื่องเป่าลมแรงอัดแน่น (Positive Displacement Blowers): มีใบพัดเพื่อดักจับอากาศแล้วผลักออกจากเครื่องเป่าลม สามารถให้ประสิทธิภาพในการเป่าลมสูง โดยส่วนมากใช้ในโรงงานเคมี โรงบำบัดน้ำเสีย และระบบลำเลียงทางอากาศ

ภาพที่ 2-22 ภาพเครื่องเป่าลมแรงอัดแน่น

2.3.7.3 เครื่องเป่าลมแบบอากาศไหลผ่านแกน (Axial Blowers): มีการทำงานคล้ายท่อทรงกระบอกใบพัดเป็นเกลียว อากาศเข้าและออกจากใบพัดในแนวแกน โดยส่วนมากใช้สำหรับระบายความร้อน เช่น ตัวระบายความร้อนน้ำ และ การทำความเย็นเช่นคอนเทนเซอร์ระบายความร้อน

ภาพที่ 2-23 ภาพเครื่องเป่าลมแบบอากาศไหลผ่านแกน

2.3.7.4 เครื่องเป่าใบไม้ (Leaf Blowers): เป็นอุปกรณ์พกพาใช้เป่าใบไม้และขยะอื่น ๆ ให้อยู่เป็นกอง มีทั้งแบบพกพา แบบสะพายหลัง และแบบลากตามหลัง

ภาพที่ 2-24 ภาพเครื่องเป่าใบไม้

2.3.7.5 เครื่องเป่าลมไอออไนซ์กำจัดไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Blowers): ใช้ในระบบปรับอากาศของรถยนต์และอาคาร เพื่อปรับปรุงการหมุนเวียนอากาศและลดการใช้พลังงาน

ภาพที่ 2-25 ภาพเครื่องเป่าลมไอออไนซ์กำจัดไฟฟ้าสถิต

2.3.7.6 เครื่องเป่าลมแก๊ส (Gas Blowers): ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง มักใช้ในโครงการกลางแจ้งขนาดใหญ่เนื่องจากมีแรงเป่าสูงและพกพาได้

ภาพที่ 2-26 ภาพเครื่องเป่าลมแก๊ส

2.3.7.7 เครื่องเป่าลมไฟฟ้า (Electric Blowers): ใช้พลังงานไฟฟ้า มักมีพลังน้อยกว่าแบบแก๊สแต่เงียบและบำรุงรักษาง่ายกว่า

ภาพที่ 2-27 ภาพเครื่องเป่าลมไฟฟ้า

2.3.8 คุณสมบัติของเครื่องเป่าลม

เครื่องเป่าลมต่างประเภทมีคุณสมบัติร่วมกันดังนี้

แหล่งพลังงาน: ดังกล่าวข้างต้น เครื่องเป่าลมใช้พลังงานจากไฟฟ้าหรือแก๊ส แบบแก๊สมีพลังมากกว่า ส่วนไฟฟ้าเงียบและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกว่า

พกพาได้: แบบถือมือน้ำหนักเบาและใช้งานง่าย แบบสะพายหลังมีความสมดุลระหว่างพลังและพกพาได้ แบบเดินตามมีพลังมากที่สุดแต่หนักที่สุดด้วย

ระดับเสียง: เครื่องเป่าลมส่วนใหญ่ทำเสียงดัง โดยเฉพาะแบบใช้แก๊ส แบบไฟฟ้าเงียบกว่า

ควบคุมความเร็ว: หลายรุ่นมีการปรับความเร็วได้ เพื่อควบคุมกระแสอากาศตามงาน

ระดับมลพิษ: แบบใช้แก๊สปล่อยมลพิษ ในขณะที่ไฟฟ้าไม่มีมลพิษโดยตรง

2.3.9 เครื่องมือที่สามารถทำงานร่วมกับเครื่องเป่าลม

2.3.9.1 คีมตัดสายไฟ (Wire Cutters) คีมตัดสายไฟเป็นเครื่องมือที่จำเป็นอย่างยิ่งเมื่อติดตั้งหรือซ่อมแซมเครื่องเป่าลมไฟฟ้า บางครั้งอาจจำเป็นต้องปรับ, ตัด หรือเปลี่ยนสายไฟ การมีคีมตัดสายไฟที่ดีช่วยให้สามารถปรับแต่งอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ หากคุณอยากเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือนี้มากขึ้น

2.3.9.2 มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เครื่องเป่าลมโดยเฉพาะไฟฟ้ามีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ทำงานโดยอาศัยกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้แน่ใจว่าทุกอย่างทำงานอย่างถูกต้องและปลอดภัย มัลติมิเตอร์จึงมีประโยชน์อย่างยิ่ง เนื่องจากเครื่องมือนี้วัดกระแสไฟฟ้าเพื่อยืนยันว่าเครื่องเป่าลมทำงานอยู่ในพารามิเตอร์ที่เหมาะสม และไม่มีปัญหาด้านไฟฟ้า รักษาอุปกรณ์ของคุณให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2.3.9.3 ถุงมือกันไฟฟ้า (Insulating Gloves) ความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเมื่อใช้เครื่องมือไฟฟ้า ถุงมือกันไฟฟ้าจึงจำเป็นอย่างยิ่งหากคุณทำงานกับเครื่องเป่าลมไฟฟ้าโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ชื้น ถุงมือเหล่านี้จะช่วยป้องกันมือของคุณจากอันตรายจากไฟฟ้าดูดและทำให้คุณใช้เครื่องเป่าลมได้อย่างปลอดภัย

2.3.9.4 บล็อกไร้สาย (Cordless Electric Wrenches) เครื่องเป่าลมโดยเฉพาะที่ใช้ภายนอกอาคาร อาจไม่สามารถเข้าถึงแหล่งจ่ายไฟโดยตรงเสมอไป บล็อกไฟฟ้าไร้สายช่วยให้คุณสามารถใช้เครื่องเป่าลมได้ทุกที่ตามต้องการ โดยไม่จำกัดระยะสายไฟตั้งแต่แรก การใช้เครื่องมือโดยไม่มีข้อจำกัดเป็นสิ่งสำคัญ

2.3.9.5 ไขควงไฟฟ้า (Electric Screwdrivers) เมื่อทำงานกับเครื่องเป่าลมโดยเฉพาะที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบหรือการติดตั้งขนาดใหญ่ อาจมีครั้งที่ต้องยึดส่วนประกอบให้แน่นหนาหรือถอดออก ไขควงไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่จำเป็นอย่างยิ่งในสถานการณ์เช่นนั้น ไม่ว่าคุณจะกำลังประกอบเครื่องเป่าลมใหม่, ดูแลรักษา หรือติดตั้งระบบ HVAC ไขควงไฟฟ้าช่วยให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ

เครื่องเป่าลมหรือโบลเวอร์นั้น มีความหลากหลายและการใช้งานอย่างกว้างขวาง ตั้งแต่เครื่องเป่าใบไม้ธรรมดาที่ช่วยรักษาความสะอาดสวน, บ้านเรือน, อาคาร ไปจนถึงเครื่องเป่าลมอุตสาหกรรมที่มีพลังสูงสำหรับกระบวนการผลิต ความเหมาะสมของเครื่องเป่าลมแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับความต้องการเฉพาะ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องกำลังในการเป่า, การพกพา หรือระดับเสียง สำคัญคือต้องใช้อย่างระมัดระวังตามคำแนะนำความปลอดภัย เครื่องเป่าลมที่ใช้อย่างถูกต้องจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้คุณทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

2.4 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์(Economic Potential) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตเครื่องเป่าลมเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าการจัดทำโครงการนั้นคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ (พัชรินทร์ อินทมาส และคณะ, 2565) โดยทั่วไปเทคนิคที่นิยมใช้มี 3 วิธีดังนี้

2.4.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ การพิจารณาโครงการลงทุนจากมูลค่าเงินทุนที่เสียไปกับระยะเวลาที่จะได้รับประโยชน์จากการลงทุนคืน โดยไม่คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจึงมองที่กระแสเงินสดรับไม่ใช่กำไรหรือขาดทุนของธุรกิจ ระยะเวลาคืนทุนจะเน้นไปที่ระยะเวลาที่ใช้ไปในการลงทุนเพื่อให้ได้รับกระแสเงินสดสุทธิกลับมาคุ้มค่ากับต้นทุนที่ต้องลงทุนไป ระยะเวลาคืนทุนจะคำนวณหาจุดที่ผลสะสมของกระแสเงินสดรับเท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรก ซึ่งนั่นหมายถึงระยะเวลาคืนทุนของโครงการ โดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลาว่า เมื่อมีการลงทุนในโครงการนั้นแล้วจะใช้เวลากี่งวดในการคืนทุน วิธีการคิดระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้โดยการคำนวณหากระแสเงินสดสะสมสุทธิ

ในแต่ละงวดเวลา จนกระทั่งกระแสเงินสดสะสมสุทธิเป็นบวก หากกระแสเงินสดสะสมสุทธิเปลี่ยนจากการติดลบ มาเป็นบวกในงวดเวลาใดก็หมายถึง ระยะเวลาคืนทุนได้เกิดขึ้นภายในงวดเวลานั้นนั่นเองสามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ได้ดังสมการที่ 3-1

$$Payback = \frac{Total\ Investment}{Unit\ per\ year * FiT} \quad (2\text{-}16)$$

เมื่อ Payback คือ ระยะเวลาคืนทุน, Total Investment คือ เงินลงทุนทั้งหมดก่อนเริ่มโครงการ, Unit per year คือ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี และ FiT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง ระยะเวลาคืนทุนจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุ ของโครงการ (10 ปี)

ดังนั้นการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนจึงเป็นการวิเคราะห์โครงการลงทุนที่มีระยะเวลาค่อนข้างนาน และพิจารณาความเสี่ยงจากการลงทุนเพื่อใช้ในการเลือกโครงการลงทุน โดยดูจากระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด เพราะจะทำให้ผู้ลงทุนมีความเสี่ยงจากการลงทุนน้อยที่สุดด้วย อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์การลงทุนโดยใช้ระยะเวลาการลงทุนเพียงอย่างเดียวอาจไม่เหมาะสมนัก ควรใช้วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ประกอบการพิจารณาด้วย

2.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หลักการของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีค่าของเงินตามกาลเวลา เป็นหลักการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจของโครงการ ความคุ้มค่าของการลงทุน ซึ่งโดยหลักการต้องมีการประมาณการกระแสเงินสดตลอดอายุของโครงการ จากจุดนี้ทำให้เห็นการลงทุนในปีนี้ แต่กระแสเงินสดที่จะได้รับจากโครงการนั้นจะเข้ามาในอนาคต และด้วยหลักการของมูลค่าของเงินตามเวลาทำให้ทราบว่ากระแสเงินสดในอนาคตจะมีค่าไม่เท่ากับกระแสเงินสดในปัจจุบัน ส่งผลให้ไม่สามารถเอามูลค่าที่อยู่กันคนละเวลามาหักกลบกันได้ จึงต้องมีการแปลงค่ากระแสเงินสดในอนาคตให้เป็นมูลค่าปัจจุบันก่อน จากนั้นจึงหาผลรวมของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคต แล้วค่อยนำมาหักกลบกับเงินลงทุนที่ใช้ไปในปัจจุบัน ดังนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ จึงเป็นวิธีคำนวณหาผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนที่คาดว่าน่าจะได้รับในอนาคตตามอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ หรือต้นทุนเงินทุนกับต้นทุนเงินทุนเริ่มแรก โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่จะได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการจะมีการคำนวณอัตราส่วนลดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นโดยอาจจะประมาณการจากอัตราดอกเบี้ยของธนาคาร ซึ่งมีหลักการตัดสินใจว่าโครงการจะมีความเหมาะสมในการลงทุนต่อเมื่อ NPV > 0 หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการนั้นๆ มีความเหมาะสมที่จะลงทุน กล่าวคือ

มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของการลงทุนรวมสามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ดังสมการที่ 2-17

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ESt}{(1+i)^t} - I_0 \qquad (2\text{-}17)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(บาท), ESt คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท), n คือ อายุโครงการ (ปี), i คือ อัตราคิดลด (Discount rate),t คือ Time of cash flow

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการ มีค่ามากกว่า 0 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือ มีค่าเป็นลบก็ไม่ลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน

2.4.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ เป็นการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโครงการที่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เป็นที่นิยมเหมือนกับวิธีการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดย IRR และ NPV ทั้งสองวิธีนี้ มีหลักการบนพื้นฐานเดียวกัน คือ เป็นการให้ความสำคัญกับค่าของเงินตามระยะเวลา ซึ่งนั่นแปลว่า กระแสเงินสดจำนวนเดียวกันที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่างกันนั้น ย่อมมีค่าที่ไม่เท่ากัน การคำนวณด้วย NPV จะใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) หรือจะเรียกว่าเป็นต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ของเงินทุนก็ได้ ซึ่งเป็นค่าที่ถูกกำหนดขึ้น ส่วนการคำนวณค่า IRR นั้น จะแตกต่างกับ NPV ที่ค่าของตัวแปร r โดยใน IRR ค่า r จะถูกแทนด้วยอัตราคิดลดหรือต้นทุนของเงิน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-18

$$I_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{ESt}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad (2\text{-}18)$$

เมื่อ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน, ESt คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), I0 คือเงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ(บาท)

สำหรับเกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณา ดังนี้

- หาก IRR > ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจลงทุน
- หาก IRR < ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

ทั้งนี้ IRR จะเป็นอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์หรือผลตอบแทนที่ได้รับเท่ากับเงินลงทุนครั้งแรก อัตราผลตอบแทนภายในที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนที่คาดหวังจากการลงทุน ถ้าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนที่

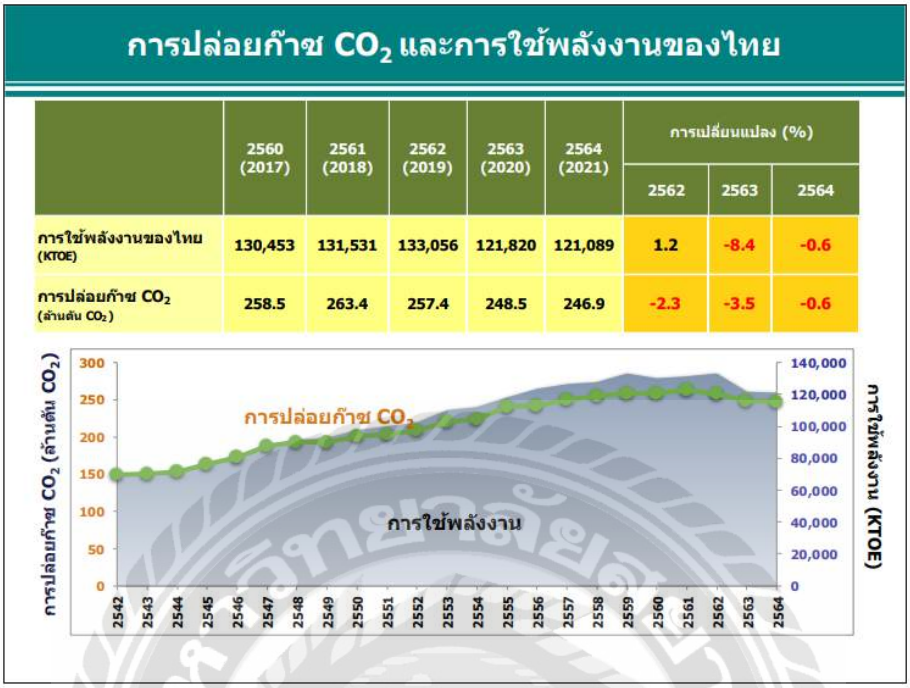
กิจการต้องการจากการลงทุน ผู้ลงทุนก็สามารถยอมรับการลงทุนในโครงการนั้น ๆ ได้ แต่ถ้าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการก็ควรจะปฏิเสธการลงทุน

2.5 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงาน ปี 2564

การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานของประเทศไทย ปี 2564 ลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน เนื่องจากจากปัญหาการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เพิ่มมากขึ้นทั้งในประเทศต่างๆ ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยด้วย ส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจต่างๆ ภายในประเทศอย่างเห็นได้ชัด ยกเว้นภาคอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.9 เนื่องจากความต้องการซื้อในประเทศ และต่างประเทศที่เริ่มขยายตัวในหลายสินค้าหลังจากภาครัฐผ่อนคลายมาตรการล็อกดาวน์ ทำให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจทยอยฟื้นตัวขึ้น ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบดัชนีการปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคพลังงานของประเทศไทยกับต่างประเทศพบว่า ประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อการใช้พลังงาน และอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า (kWh) ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศในภูมิภาคเอเชีย (ไม่รวมประเทศจีน) และประเทศจีนโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 ภาพรวมการปล่อยก๊าซ CO2 จากการใช้พลังงานของประเทศ การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานของประเทศ

ในช่วงที่ผ่านมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนับตั้งแต่หลัง ภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ จาก 145.5 ล้านตัน CO_2 ในปี 2541 เป็น 263.4 ล้านตัน CO_2 ในปี 2561 หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ย ร้อยละ 3.0 ต่อปี สอดคล้องกับการใช้พลังงานของประเทศที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 3.7 ต่อปี ส่วนปี 2562 การ ปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานอยู่ที่ 257.4 ล้านตัน CO_2 ซึ่งลดลงร้อยละ 2.3 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า เนื่องจากการใช้พลังงานทดแทนที่เพิ่มมากขึ้นตามนโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทนของรัฐบาล จึงทำให้การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานลดลงแม้ว่าจะมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในปี 2563 การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานอยู่ที่ 248.5 ล้านตัน CO_2 ซึ่งลดลงร้อยละ 3.5 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า เนื่องจากปัญหาการ แพร่ระบาดของโรคโควิด - 19 ที่มีการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมกราคม 2563 เป็นต้นมา และส่งผลกระทบต่อประเทศต่างๆ ทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย สำหรับการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงาน ของปี 2564 อยู่ที่ 246.9 ล้านตัน CO_2 ซึ่งลดลงเล็กน้อยร้อยละ 0.6 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยเป็นการลดลงของภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคขนส่ง และภาคเศรษฐกิจอื่นๆ ในขณะที่ภาคอุตสาหกรรมการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น



	2560 (2017)	2561 (2018)	2562 (2019)	2563 (2020)	2564 (2021)	การเปลี่ยนแปลง (%)		
						2562	2563	2564
การใช้พลังงานของไทย (KTOE)	130,453	131,531	133,056	121,820	121,089	1.2	-8.4	-0.6
การปล่อยก๊าซ CO_2 (ล้านตัน CO_2)	258.5	263.4	257.4	248.5	246.9	-2.3	-3.5	-0.6

ภาพที่ 2-28 การปล่อยก๊าซ CO_2 และการใช้พลังงานของไทย

2.5.2 การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานแยกรายภาคเศรษฐกิจและรายชนิดเชื้อเพลิง

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้รายงานอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจไทย (GDP) ในไตรมาสที่ 4/2564 ขยายตัวร้อยละ 1.9 จากที่ลดลงร้อยละ 0.2 ในไตรมาสที่ 3/2564 เป็นผลจากความต้องการสินค้าและบริการทั้งในประเทศ และต่างประเทศปรับตัวดีขึ้น ประกอบกับการผ่อนคลายมาตรการเพื่อควบคุมการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 รวมทั้งมีการเปิดรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ และมาตรการเพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจต่างๆ ส่งผลให้การดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่าง ๆ ปรับตัวดีขึ้น มีผลให้ GDP ปี 2564 ปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.6 ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นส่งผลต่อการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงาน ดังนี้การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานแยกรายภาคเศรษฐกิจ ของปี 2564 ภาคการผลิตไฟฟ้ามีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 สูงสุด คือ ร้อยละ 36 ของการปล่อยก๊าซ CO_2 ทั้งหมด มีการปล่อยก๊าซ CO_2ลดลงร้อยละ 2.9 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน ภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 รองลงมาร้อยละ31มีการปล่อยก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 9.9 เนื่องจากจากความต้องการซื้อในประเทศและต่างประเทศที่เริ่มขยายตัวในหลายสินค้า หลังจากภาครัฐผ่อนคลายมาตรการล็อกดาวน์ โดยเฉพาะการขยายตัวของอุตสาหกรรมรถยนต์ขยายตัวร้อยละ9.15 ตามการขยายตัวของตลาดส่งออกเป็นหลัก ภาคการขนส่งซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ร้อยละ28 มีการปล่อยก๊าซ CO_2

ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ7.4เนื่องจากมาตรการจำกัดการเดินทางในช่วงของการแพร่ระบาดของโรคโควิด - 19 และมาตรการท างานจากที่บ้าน (Work from home) ทำให้การใช้รถยนต์ในการเดินทางน้อยลง สำหรับภาคเศรษฐกิจอื่นๆ ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 ร้อยละ5 มีการปล่อยก๊าซ CO_2ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ2.5 ตามการลดลงของการใช้พลังงานในภาคเกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาภัยแล้ง และการใช้พลังงานของภาคพาณิชยกรรมที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด – 19 ดังแสดงในภาพที่ 2-29 และ ภาพ 2-30

2.5.3 การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานแยกรายชนิดเชื้อเพลิง

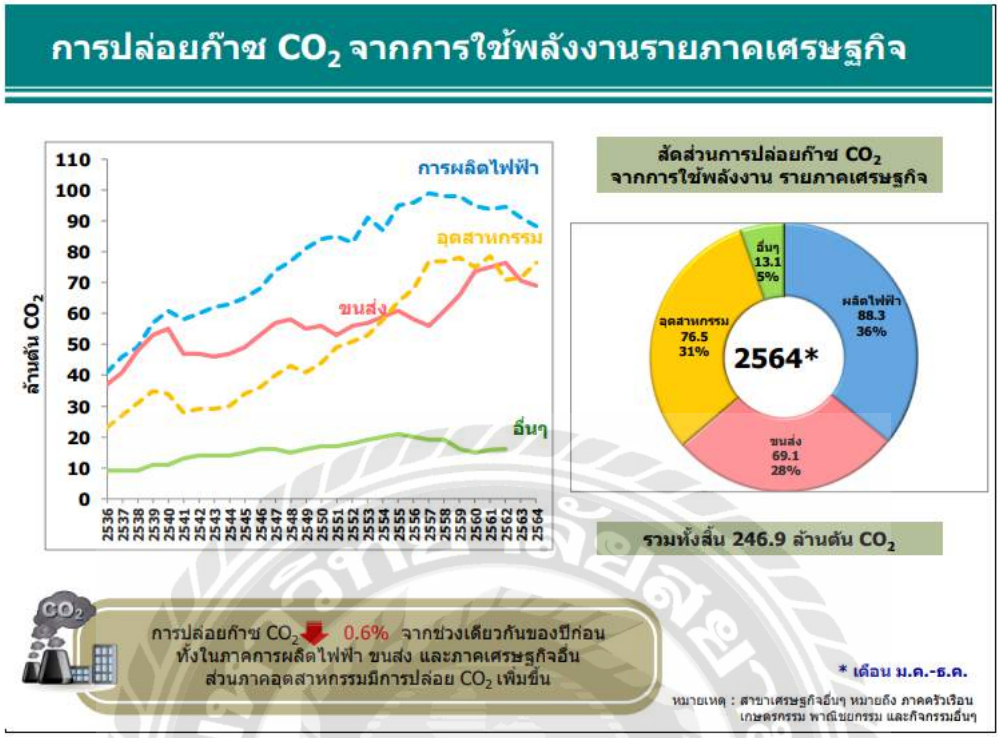
เชื้อเพลิงหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้แก่ น้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน/ลิกไนต์ โดยปี 2564 น้ำมันสำเร็จรูปมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 สูงที่สุด คือร้อยละ 37 รองลงมา คือ ถ่านหิน/ลิกไนต์ ร้อยละ 32 และ ก๊าซธรรมชาติ ร้อยล ะ 31 ทั้งนี้ น้ำมันสำเร็จรูป มีการปล่อยก๊าซ CO_2 ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 5.9ก๊าซธรรมชาติมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ลดลงเล็กน้อย ร้อยละ 0.3 ในขณะที่ถ่านหิน/ลิกไนต์ มีการปล่อยมีการปล่อยก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.8 ดังแสดงในภาพที่ 2-31 และภาพที่ 2-32

การปล่อยก๊าซ CO_2 รายภาคเศรษฐกิจ

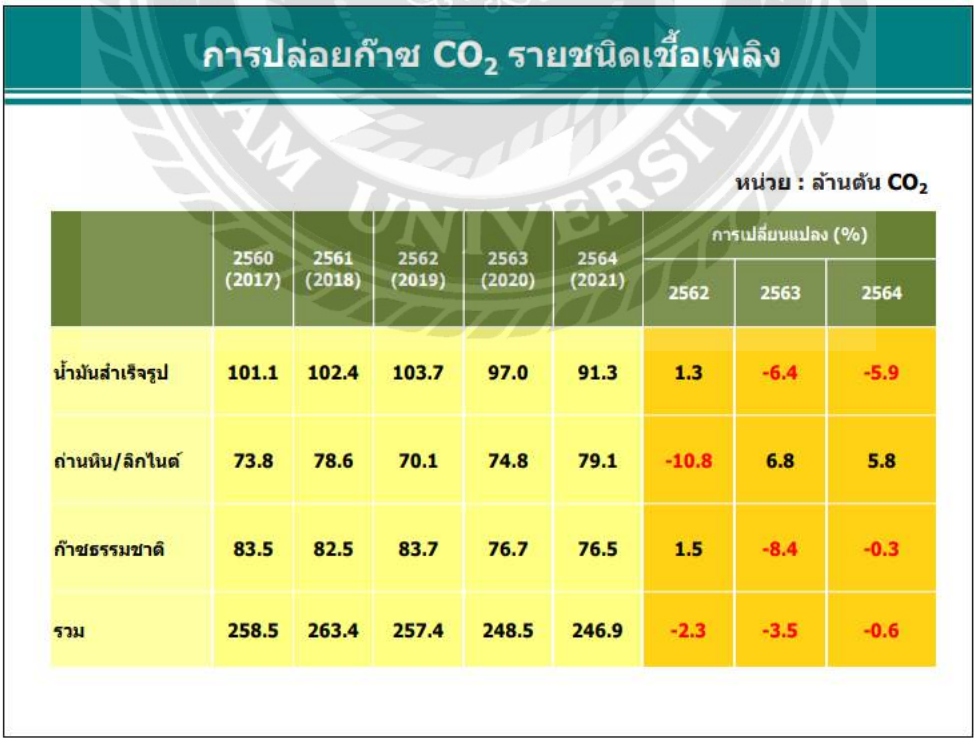
หน่วย : ล้านตัน CO_2

	2560 (2017)	2561 (2018)	2562 (2019)	2563 (2020)	2564 (2021)	การเปลี่ยนแปลง (%) 2562	2563	2564
ภาคการผลิตไฟฟ้า	94.7	93.9	94.4	90.9	88.3	0.5	-3.7	-2.9
ภาคการขนส่ง	73.6	75.2	76.7	74.6	69.1	2.0	-2.7	-7.4
ภาคอุตสาหกรรม	75.2	78.4	70.4	69.6	76.5	-10.2	-1.2	9.9
ภาคเศรษฐกิจอื่นๆ	15.0	15.9	16.0	13.5	13.1	0.5	-15.8	-2.5
รวม	258.5	263.4	257.4	248.5	246.9	-2.3	-3.5	-0.6

ภาพที่ 2-29 การปล่อยก๊าซ CO_2 รายภาคเศรษฐกิจ

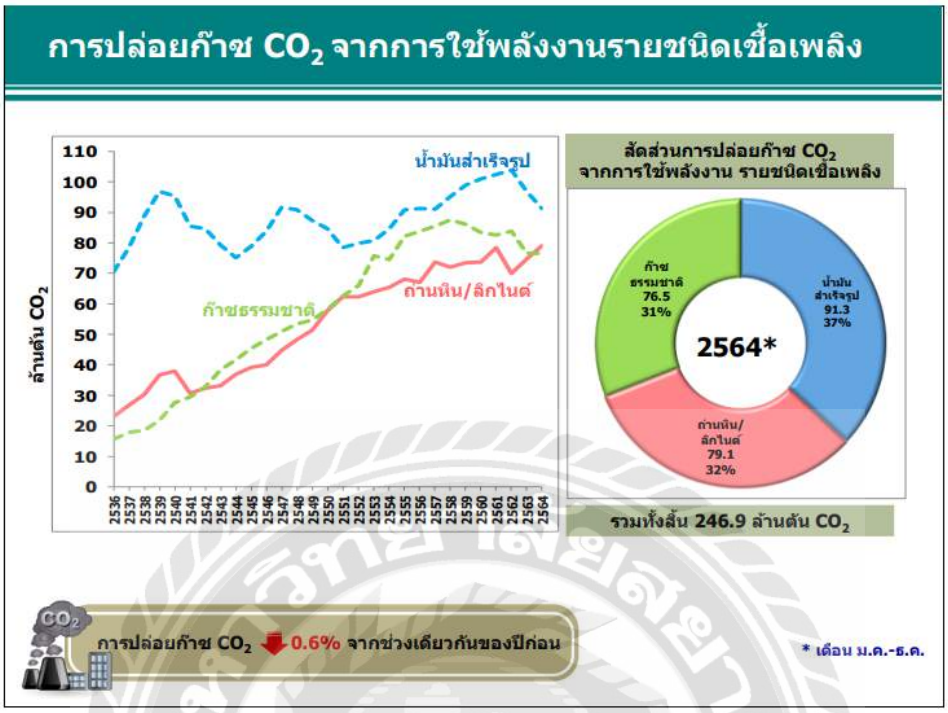


ภาพที่ 2-30 การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานรายภาคเศรษฐกิจ



	2560 (2017)	2561 (2018)	2562 (2019)	2563 (2020)	2564 (2021)	การเปลี่ยนแปลง (%) 2562	2563	2564
น้ำมันสำเร็จรูป	101.1	102.4	103.7	97.0	91.3	1.3	-6.4	-5.9
ถ่านหิน/ลิกไนต์	73.8	78.6	70.1	74.8	79.1	-10.8	6.8	5.8
ก๊าซธรรมชาติ	83.5	82.5	83.7	76.7	76.5	1.5	-8.4	-0.3
รวม	258.5	263.4	257.4	248.5	246.9	-2.3	-3.5	-0.6

ภาพที่ 2-31 การปล่อยก๊าซ CO_2 รายชนิดเชื้อเพลิง



ภาพที่ 2-32 การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานแยกรายชนิดเชื้อเพลิง

ภาคการผลิตไฟฟ้าการปล่อยก๊าซ CO_2 ในปี 2564 ลดลงร้อยละ 2.9 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ถ่านหิน/ลิกไนต์อยู่ที่ระดับ 32.9 ล้านตัน CO_2 ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 7.2 การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีสัดส่วนสูงสุด ร้อยละ 63 มีการปล่อย CO_2 อยู่ที่ระดับ 55.3 ล้านตัน CO_2 ลดลงเล็กน้อยจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 0.1 ในขณะที่การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูปในการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณเพียงเล็กน้อยที่ระดับ 0.1 ล้านตัน CO_2 มีการปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.3 ดังแสดงในภาพที่ 2-33 และภาพที่ 2-34

ภาคการขนส่ง การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคการขนส่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2541 ก่อนจะลดลงในปี 2551 จากภาวะวิกฤติเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาซึ่งส่งผลกระทบต่อประเทศไทย และปัจจุบันเริ่มกลับมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคขนส่งจะสอดคล้องกับการใช้น้ำมันซึ่งมีทิศทางเดียวกับราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากเชื้อเพลิงหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคการขนส่งเกิดจากการใช้น้ำมันสำเร็จรูป ได้แก่ น้ำมันเบนซิน ดีเซล LPG น้ำมันเตาและน้ำมันเครื่องบิน (เฉพาะใช้ในประเทศซึ่งมีปริมาณไม่มากนัก) ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 97 ของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคการขนส่งทั้งหมด

ในปี 2564 ภาคการขนส่งมีการปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ที่ระดับ 69.1 ล้านตัน CO_2 ลดลงร้อยละ 7.4เนื่องจากการเดินทางที่ลดลงในช่วงของการแพร่ระบาดของโรคโควิด -19 ทั้งนี้ การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูป อยู่ที่ระดับ 66.7 ล้านตัน CO_2 ลดลงร้อยละ 6.9 ในขณะที่การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง (NGV) ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3 มีการปล่อยก๊าซ CO_2 ที่ระดับ 2.4 ล้านตัน CO_2ลดลงร้อยละ 19.3 ตามปริมาณการใช้ NGV ที่ลดลง โดยเป็นผลจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด – 19 ประกอบกับจำนวนสถานีบริการและจำนวนรถ NGV ที่ลดลง งแสดงในภาพที่ 2-35 และภาพที่ 2-36

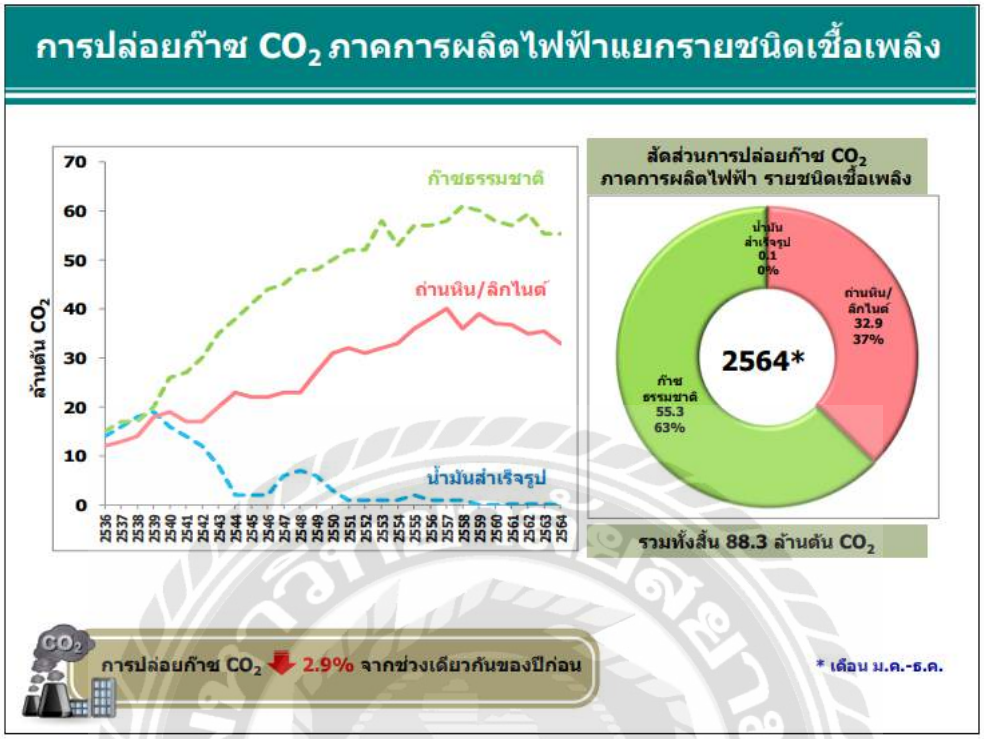
ภาคอุตสาหกรรม เชื้อเพลิงหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคเศรษฐกิจนี้ ได้แก่ ถ่านหิน/ลิกไนต์ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันสำเร็จรูป คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 60 25 และ 15ตามลำดับ ในปี 2564 มีการปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคอุตสาหกรรมรวมทั้งสิ้น 76.5 ล้านตัน CO_2 เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 9.9 สอดคล้องกับการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมปี2564 ที่ขยายตัวโดยเฉพาะการผลิตของอุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ อุตสาหกรรมยานยนต์อุตสาหกรรมเหล็ก การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ถ่านหิน/ลิกไนต์ อยู่ที่ระดับ 46.2 ล้านตัน CO_2 เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 17.5 การใช้ก๊าซธรรมชาติอยู่ที่ระดับ 18.8ล้านตัน CO_2 เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 2.2 ในขณะที่การใช้น้ำมันสำเร็จรูป (น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันก๊าด และ LPG) อยู่ที่ระดับ 11.5 ล้านตัน CO_2 ลดลงร้อยละ 3.4 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน แสดงในภาพที่ 2-37 และภาพที่ 2-38

การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคการผลิตไฟฟ้า

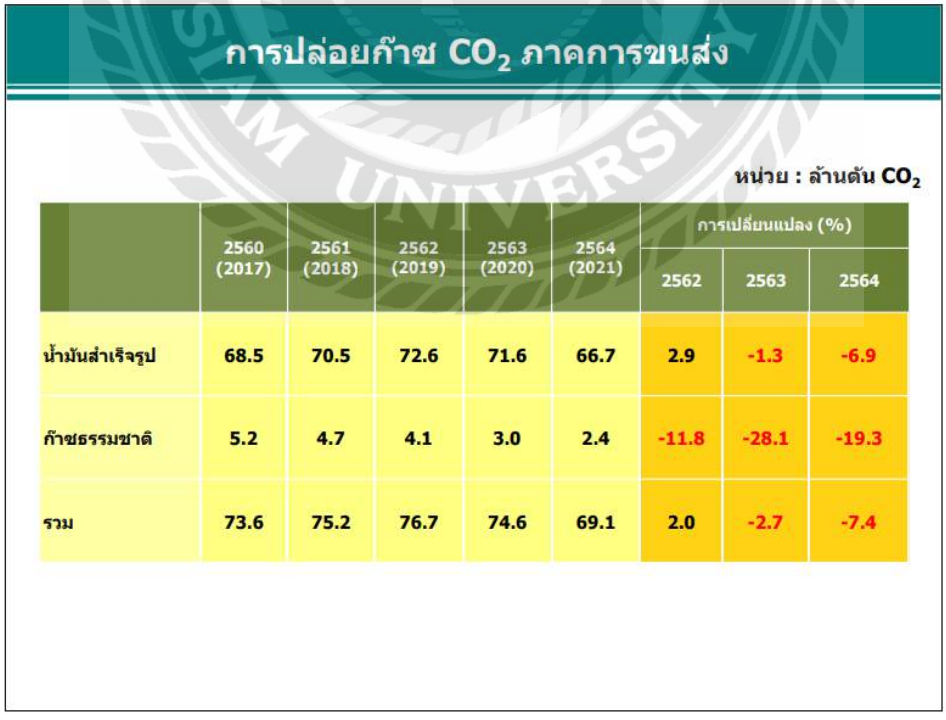
หน่วย : ล้านตัน CO_2

	2560 (2017)	2561 (2018)	2562 (2019)	2563 (2020)	2564 (2021)	การเปลี่ยนแปลง (%) 2562	2563	2564
น้ำมันสำเร็จรูป	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	-95.3	610.6	15.3
ถ่านหิน/ลิกไนต์	36.7	36.8	35.0	35.4	32.9	-4.9	1.4	-7.2
ก๊าซธรรมชาติ	57.8	57.0	59.4	55.4	55.3	4.2	-6.7	-0.1
รวม	94.7	93.9	94.4	90.9	88.3	0.5	-3.7	-2.9

ภาพที่ 2-33 การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคการผลิตไฟฟ้า

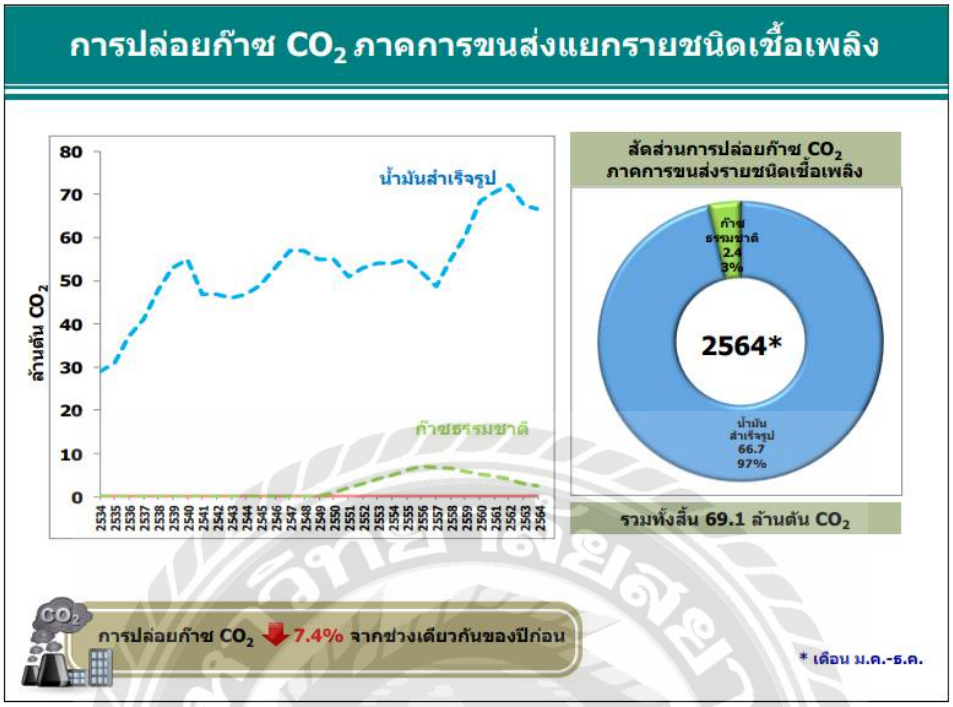


ภาพที่ 2-34 การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคการผลิตไฟฟ้าแยกรายชนิดเชื้อเพลิง

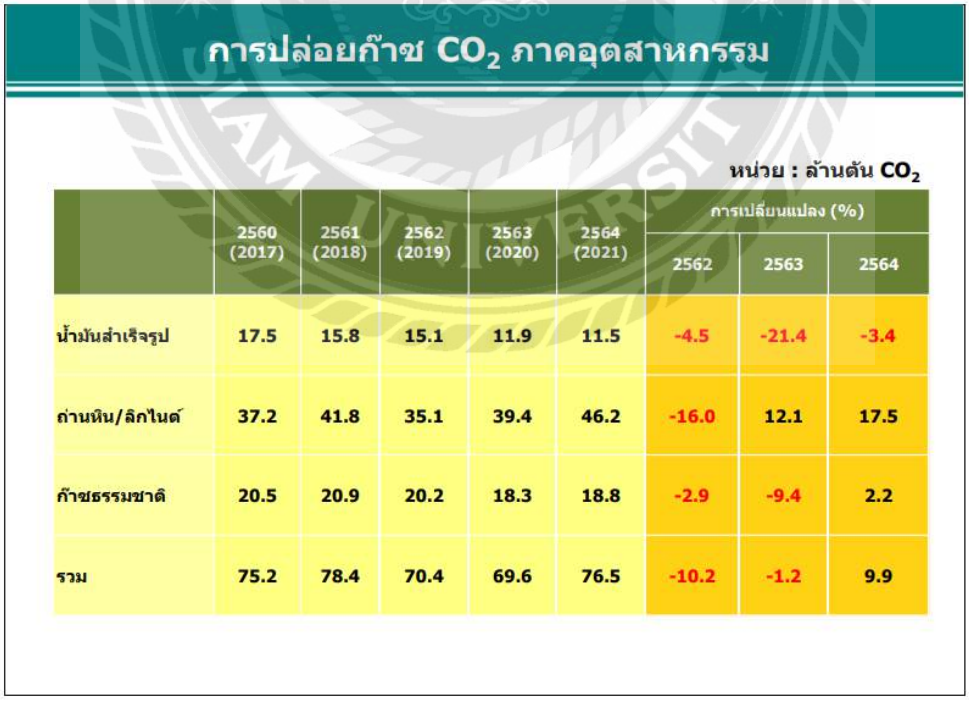


	2560 (2017)	2561 (2018)	2562 (2019)	2563 (2020)	2564 (2021)	การเปลี่ยนแปลง (%) 2562	2563	2564
น้ำมันสำเร็จรูป	68.5	70.5	72.6	71.6	66.7	2.9	-1.3	-6.9
ก๊าซธรรมชาติ	5.2	4.7	4.1	3.0	2.4	-11.8	-28.1	-19.3
รวม	73.6	75.2	76.7	74.6	69.1	2.0	-2.7	-7.4

ภาพที่ 2-35 การปล่อยก๊าซ CO_2ภาคการขนส่ง

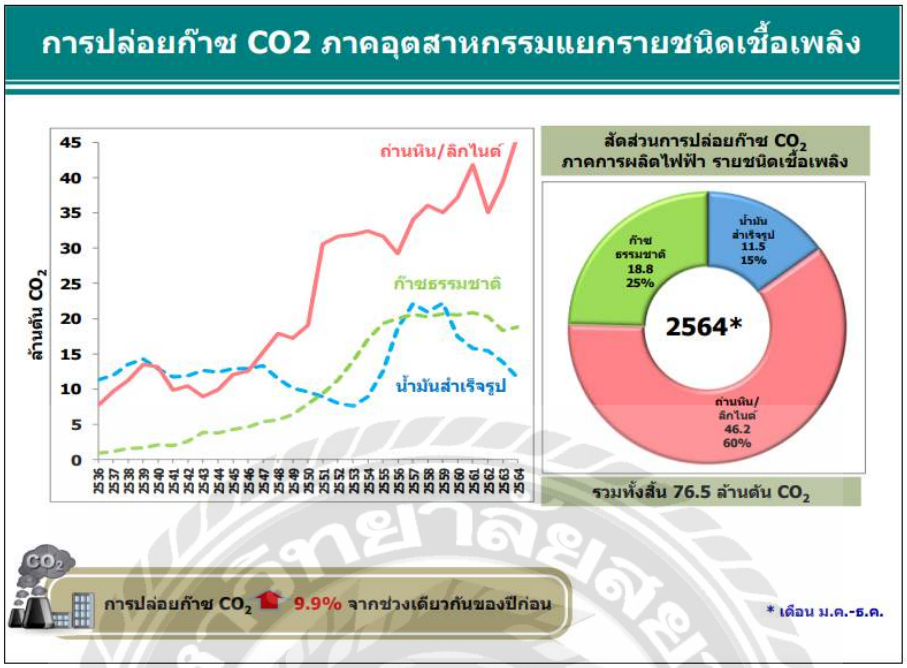


ภาพที่ 2-36 การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคการขนส่งแยกรายชนิดเชื้อเพลิง



	2560 (2017)	2561 (2018)	2562 (2019)	2563 (2020)	2564 (2021)	การเปลี่ยนแปลง (%)		
						2562	2563	2564
น้ำมันสำเร็จรูป	17.5	15.8	15.1	11.9	11.5	-4.5	-21.4	-3.4
ถ่านหิน/ลิกไนต์	37.2	41.8	35.1	39.4	46.2	-16.0	12.1	17.5
ก๊าซธรรมชาติ	20.5	20.9	20.2	18.3	18.8	-2.9	-9.4	2.2
รวม	75.2	78.4	70.4	69.6	76.5	-10.2	-1.2	9.9

ภาพที่ 2-37 การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคอุตสาหกรรม



ภาพที่ 2-38 การปล่อยก๊าซ CO_2ภาคอุตสาหกรรมแยกรายเชนิดเชื้อเพลิง

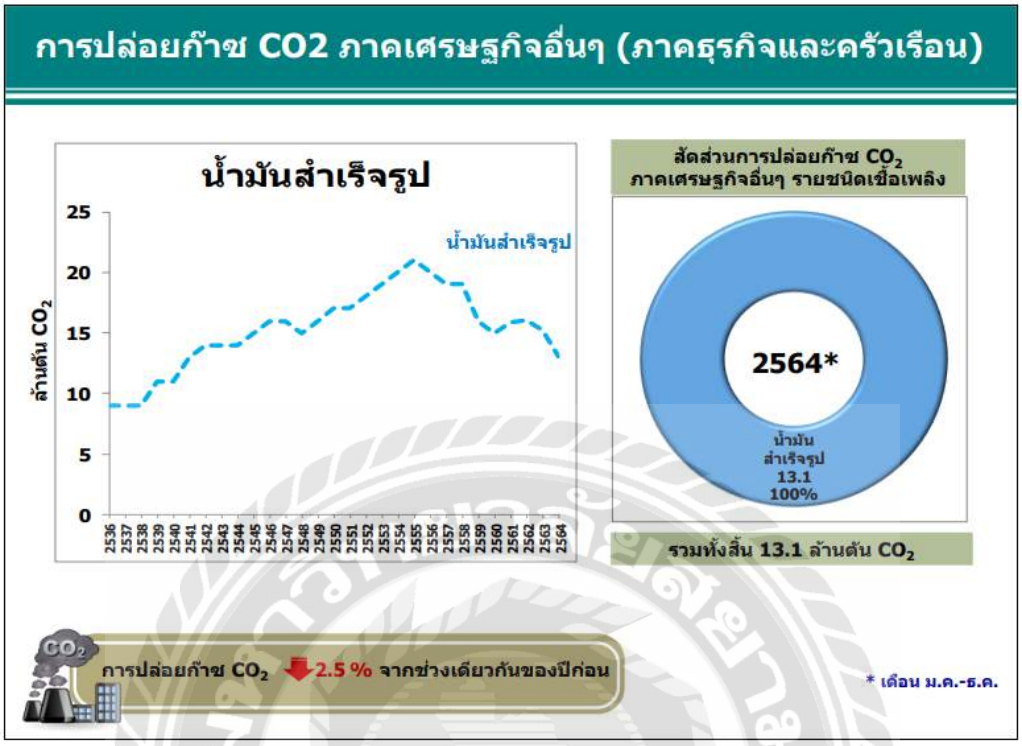
ภาคเศรษฐกิจอื่นๆ การปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคเศรษฐกิจอื่นๆ (ภาคธุรกิจและครัวเรือน) เกิดจากการใช้น้ำมันสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว (ส่วนใหญ่เป็น LPG) ในปี 2564 มีการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูปรวม 13.1 ล้านตัน CO_2 ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 2.5

การปล่อยก๊าซ CO_2ภาคเศรษฐกิจอื่นๆ (ภาคธุรกิจและครัวเรือน)

หน่วย : ล้านตัน CO_2

	2560 (2017)	2561 (2018)	2562 (2019)	2563 (2020)	2564 (2021)	การเปลี่ยนแปลง (%)		
						2562	2563	2564
น้ำมันสำเร็จรูป	15.0	15.9	16.0	13.5	13.1	0.5	-15.8	-2.5
รวม	15.0	15.9	16.0	13.5	13.1	0.5	-15.8	-2.5

ภาพที่ 2-39 การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคภาคเศรษฐกิจอื่นๆ (ภาคธุรกิจและครัวเรือน)

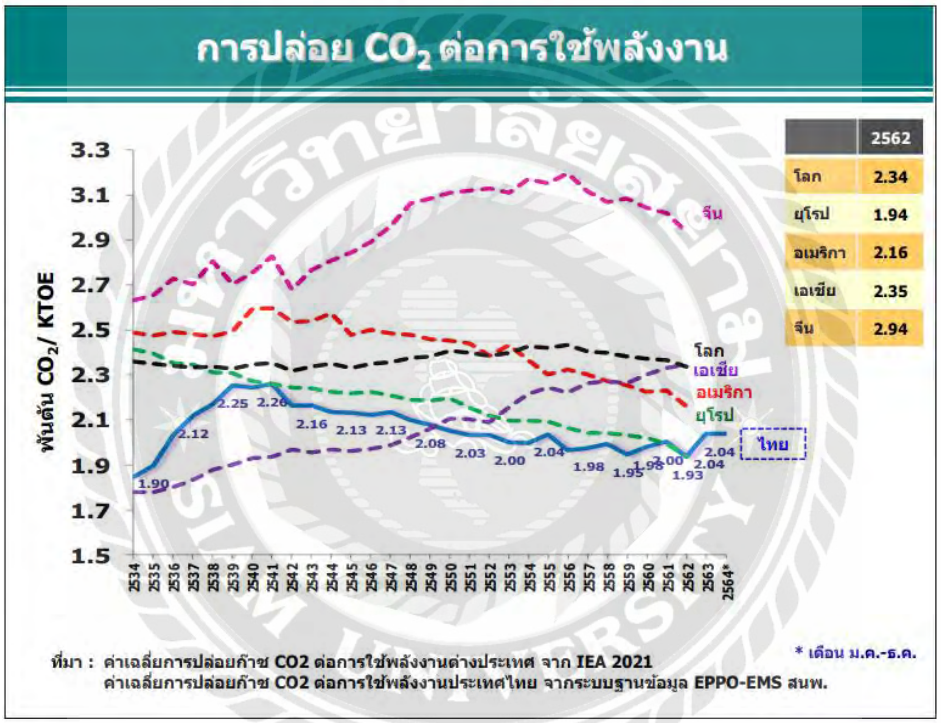


ภาพที่ 2-40 การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคเศรษฐกิจอื่นๆ (ภาคธุรกิจและครัวเรือน)

2.5.4 ดัชนีการปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคพลังงานของไทย

การปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อการใช้พลังงาน ในปี 2564 มีการปล่อยก๊าซ CO_2 เฉลี่ย 2.04 พันตัน CO_2ต่อการใช้พลังงาน 1 KTOE ซึ่งลดลงร้อยละ 0.04 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยสาเหตุหลักมาจากปัญหาการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่ส่งผลให้เกิดการชะลอตัวของเศรษฐกิจในประเทศ และเศรษฐกิจโลกเมื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อการใช้พลังงานของประเทศไทยกับต่างประเทศ พบว่า ประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 ในปี 2564 ที่ระดับเฉลี่ย 2.04 พันตัน CO_2 ต่อการใช้พลังงาน 1 KTOEนับเป็นอัตราที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของประเทศในภูมิภาคเอเชีย (ไม่รวมประเทศจีน) ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศจีน รวมทั้งค่าเฉลี่ยของโลก การที่ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อการใช้พลังงานค่อนข้างต่ำเป็นผลสืบเนื่องมาจากนโยบายของกระทรวงพลังงาน อาทิ แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP) และแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP) ซึ่งแผนดังกล่าวมีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกมากขึ้น เช่น การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพมาผสมเพื่อทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลและเบนซิน และการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้า รวมทั้งการสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในรูปแบบต่างๆ ที่เป็นพลังงานสะอาดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศตามหลักเกณฑ์ของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) นอกจากนี้แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP) ได้มีการสนับสนุนการผลิตและการใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ท าให้ภาพรวมการปล่อยก๊าซ CO_2 ของประเทศไทยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ในส่วนของประเทศจีนมีการปล่อยก๊าซ CO_2 สูงสุดที่ระดับ 2.94 พันตัน CO_2 ต่อการใช้พลังงาน 1 KTOE เนื่องจากจีนใช้พลังงานจากถ่านหินสูงถึงร้อยละ 62 ส่งผลให้ประเทศจีนเป็นประเทศที่มีการปล่อยก๊าซ CO_2สูงอยู่ในอันดับต้นๆ ของโลก

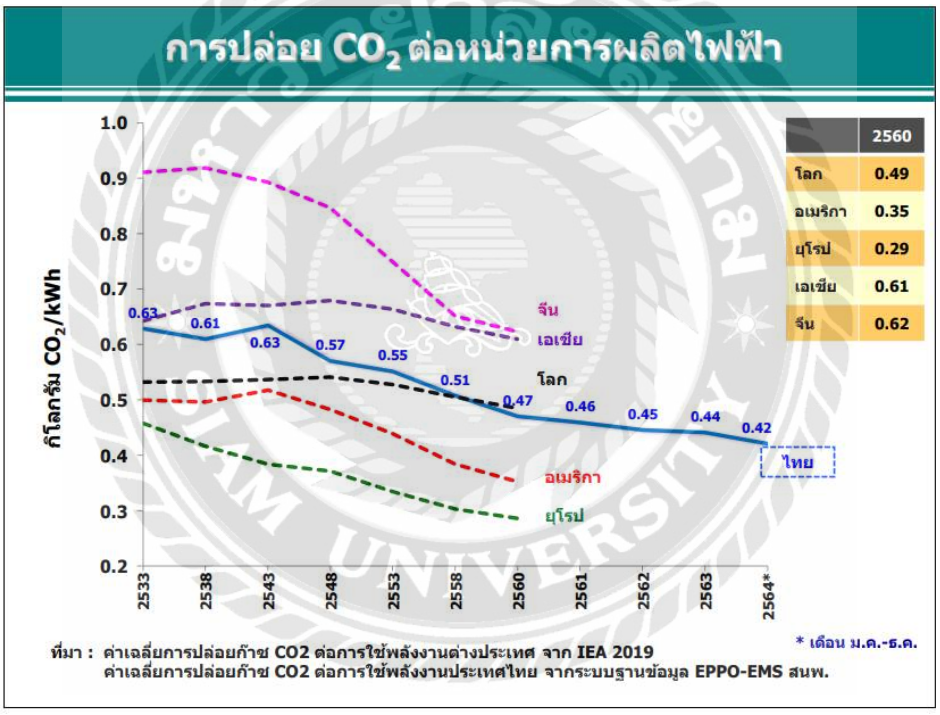


ภาพที่ 2-41 การปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อการใช้พลังงาน

การปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า (kWh) ในปี 2564 มีการปล่อยก๊าซ CO2 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยที่ระดับ 0.42กิโลกรัม CO_2ต่อ 1 kWh ลดลงร้อยละ 4.6 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน

เมื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อ kWh ของประเทศไทยกับต่างประเทศ ในปี2560ซึ่งเป็นข้อมูลล่าสุดของสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency : IEA) พบว่าประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า อยู่ที่ระดับ 0.42 กิโลกรัม CO_2 ต่อ 1 kWh ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศในภูมิภาคเอเชีย (ไม่รวมประเทศจีน) และประเทศจีน ซึ่งมีการปล่อยก๊าซ CO_2 เฉลี่ยที่ระดับ 0.61 และ 0.62 กิโลกรัม CO_2 ต่อ 1 kWh ตามลำดับ และต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก

เล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามยังสูงกว่า ประเทศสหรัฐอเมริกา และกลุ่มสหภาพยุโรป ที่มีการปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ที่ระดับ 0.35 และ 0.29 กิโลกรัม CO_2 ต่อ 1 kWh ตามลำดับ เนื่องจากปัจจัยด้านเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของประเทศพัฒนาแล้วที่มีการใช้นิวเคลียร์ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซ CO_2 ซึ่งประเทศสหรัฐอเมริกา และกลุ่มสหภาพยุโรป มีการใช้นิวเคลียร์ในการผลิตไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 20 และ 22 ตามลำดับ รวมถึงการผลักดัน และสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดผลกระทบจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงขึ้น ทำให้หลายประเทศรวมทั้งประเทศไทย มีการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้การปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อ kWh มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2-42 การปล่อยก๊าซ CO_2 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรินทร์ อินทมาส และคณะ (2565) ได้นำเสนอการวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน กรณีศึกษา: ครัวเรือนในเขตพื้นที่ อ.สามพราน จ.นครปฐม โดยแบ่งกรอบหัวข้อการวิจัยเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วยศักยภาพเชิงกายภาพ ศักยภาพเชิงเทคนิค และศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยทำการคัดเลือกกรณีประเภทที่อยู่อาศัยที่มีศักยภาพเชิงภูมิศาสตร์ จำนวน 3 หลังคาเรือน เพื่อเป็นแนวทาง

ในการตัดสินใจลงทุนติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อลดค่าใช้จ่าย ในส่วนของค่าไฟฟ้าในอนาคตได้ ในการศึกษานี้ใช้สมมุติฐานทางการเงินที่อัตราคิดลด 6.5% ตลอดอายุการใช้งาน ระยะเวลาโครงการการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ 25 ปี และการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ทุก 10 ปี ผลการวิเคราะห์พบว่าหากติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังจะสามารถลดค่าไฟฟ้าของทั้ง 3 หลังคาเรือน รวมได้ 302 kWh/month คิดเป็น 20.606 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 4.85 ปี ผลการวิเคราะห์การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน พบว่าสามารถลด ค่าไฟฟ้าได้จริง

ยอดธง เม่นสิน และคณะ (2565) ได้ศึกษาเทคโนโลยีสมาร์ทกริดกับการเปลี่ยนผ่านพลังงานไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน พบว่าประเทศไทยมีส่วนร่วมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเป็นประเทศที่มีความเปราะบางและมีความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น จึงต้องมีการดำเนินการตามมาตรการระหว่างประเทศที่มุ่งสู่การเติบโตด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และการบูรณาการกับแนวทางการพัฒนาประเทศในระยะยาว การเตรียมความพร้อมด้านข้อมูล องค์ความรู้และความตระหนักรู้ของประชาชน เทคโนโลยีสมาร์ทกริดมีส่วนสำคัญในการเปลี่ยนผ่านพลังงานไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน เนื่องจากภาคพลังงานและขนส่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่สูง ระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่มีความชาญฉลาดยิ่งขึ้นจากการเชื่อมโยงเทคโนโลยีที่ทันสมัยจากหลายด้านเข้าด้วยกัน อาทิ เทคโนโลยีด้านสารสนเทศและการสื่อสาร เทคโนโลยีทางด้านการตรวจวัด เทคโนโลยีการด้านการควบคุมและสั่งการ เทคโนโลยีด้านการผลิตไฟฟ้าและการส่งจ่ายไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านการบริหารจัดการพลังงาน ตลอดจนเทคโนโลยีด้านการพยากรณ์และคาดการณ์ เป็นต้น เมื่อองค์ประกอบเหล่านี้ถูกจัดสรรให้สามารถทางานร่วมกันได้อย่างมีระบบ ก็ย่อมส่งผลให้เกิดการพัฒนาความเชื่อถือได้และคุณภาพของไฟฟ้า ความยั่งยืนและประสิทธิภาพของการผลิตและการใช้พลังงาน การพัฒนาการทางานและการให้บริการของหน่วยงานการไฟฟ้า การกำหนดมาตรฐานความเข้ากันได้ของอุปกรณ์ การพัฒนาศักยภาพการแข่งขันทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม เทคโนโลยีสมาร์ทกริดช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้า เพื่อให้สามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของพลังงานหมุนเวียน รวมถึงการบูรณาการเชื่อมต่อและใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานแบบกระจายศูนย์ (Distributed Energy Resources) ประเภทต่าง ๆ ที่จะเติบโตตามแนวโน้มของโลกร่วมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อช่วยสนับสนุนให้ประเทศไทยสามารถมุ่งไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ตามกรอบแผนพลังงานชาติ

วิรัตณ์ พิชิตกุญชร และกีรติ ชยะกุลคีรี (2561) ได้ศึกษาการออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก พบว่าการออกแบบและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยประมวลผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาอาคารจากพิกัดของสถานที่ติดตั้งจริงและข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ สำหรับเป็นแนวทางการศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งและพัฒนาออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามนโยบายของกองทัพบก ซึ่งต้องการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหน่วยทหารลง 10% รวมทั้งศึกษาระยะเวลาคืนทุนและอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยผลจากการจำลองการติดตั้งพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคาร ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 5% โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 34,809 หน่วยต่อเดือน ซึ่งถ้าคิดเป็นมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปีจะลดลงได้ประมาณ 1,670,832 บาทต่อปี ทำให้ระบบดังกล่าวจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 ปี สามารถลดพลังงานไฟฟ้าจากเดิมได้ถึง 18% ทั้งยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ 225.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

สุรกิจ ทองสุก และอรรถพล เง่าพิทักษ์กุล (2561) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบนหลังคาของอาคารตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกำลังการผลิตจริงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม PVSYST เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบ รวมถึงมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบดังกล่าว มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะพิจารณาสองปัจจัยหลักคือ ต้นทุนในการติดตั้งและปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ สำหรับการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และอัตราผลตอบแทน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบที่มีการติดตั้งจริงนั้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณ และปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถปรับปรุงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม

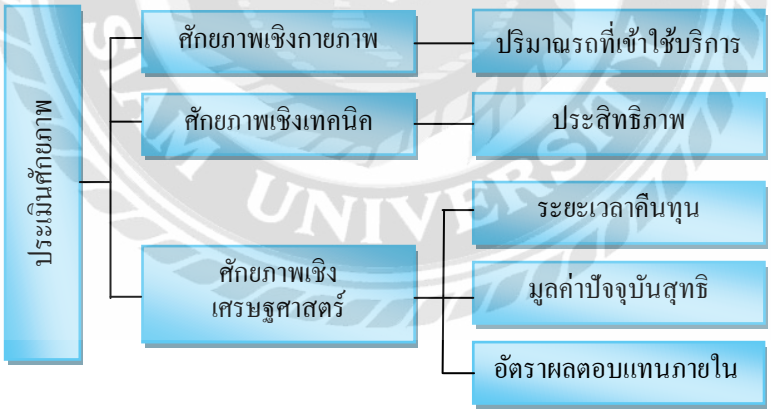
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมให้มีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์ และเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินในการผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ โดยผู้วิจัยทำการแบ่งกรอบหัวข้อการวิเคราะห์ศักยภาพออกเป็น 3 ด้าน ดังแสดงรายละเอียดการประเมินศักยภาพ ในภาพที่ 3-1 และมีรายละเอียดในขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การประเมินศักยภาพทางกายภาพ

3.2 การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค

3.3 การประเมินศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์

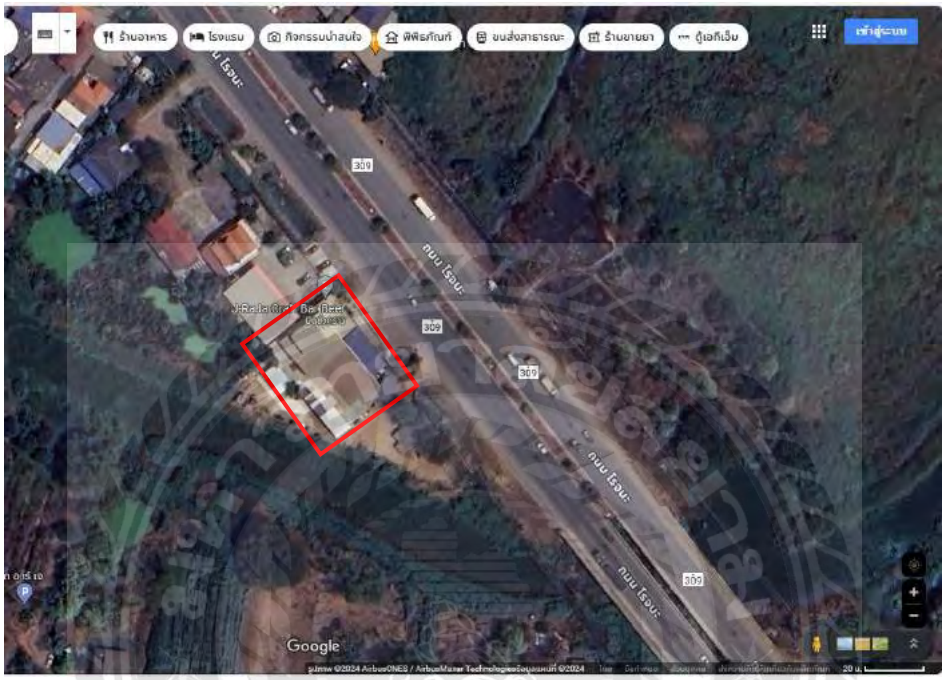


ภาพที่ 3-1 แสดงรายละเอียดการประเมินศักยภาพ

3.1 การประเมินศักยภาพทางกายภาพ

กิจการร้านคาร์แคร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สถานที่เป็นอาคารโครงเหล็กชั้นเดียว โดยมีรายละเอียดดังนี้ สถานที่ตั้งของกิจการ อยู่เลขที่ 31/2 หมู่ที่ 5 ตำบลลำตาเสา อำเภอวังน้อย

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นลักษณะอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 294.00 ตารางเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3-2 และภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-2 พิกัดตำแหน่งอาคารกิจการร้านคาร์แคร์

ภาพที่ 3-3 สถานที่ตั้งอาคารกิจการร้านคาร์แคร์

3.2 การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค

การออกแบบผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากหนังสือเรียน วารสาร สื่อสิ่งพิมพ์ เว็บไซต์ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ขอคำแนะนำจากอาจารย์ของบัณฑิตวิทยาลัย หลักสูตรการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยาม ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบยึดหลักการของการออกแบบ คือ คงทน โครงสร้างไม่สลับซับซ้อน ใช้งานได้ดี ต้นทุนในการผลิตต่ำ และมีความปลอดภัยในการใช้งานสูง การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค ใช้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องเป่าลมเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม ในกรณีศึกษานี้เครื่องเป่าลม มีโครงสร้างตู้เครื่องเป่าลมโดยใช้เหล็กฉากและไม้อัด มีขนาดความกว้าง 0.48 เมตร ความยาว 0.38 เมตร และความสูง 0.60 เมตร ใช้ Blower ของ BOSCH GBL 82-270 ซึ่งมีระบบควบคุมเร็วปรับแรงลมได้ง่าย ความเร็ว 0 - 16,000 รอบต่อนาที กำลังไฟ 820 วัตต์ ให้ความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สายเครื่องเป่าลมมีขนาด 2 นิ้ว ความยาว 12.00 เมตร เครื่องเป่าลมที่ผลิตเสร็จมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการล้างรถ1คัน แสดงตามภาพที่ 3-4

ก) ภาพโครงสร้างตู้เครื่องเป่าลม

ข) ภาพ Blower

ค) ภาพสายเครื่องเป่าลม

ง) ภาพหัวเครื่องเป่าลม

ภาพที่ 3-4 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องเป่าลม

3.3 การประเมินศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Potential) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตเครื่องเป่าลมเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าการจัดทำโครงการนั้นคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ (พัชรินทร์ อินทมาส และคณะ, 2565) โดยทั่วไปเทคนิคที่นิยมใช้มี 3 วิธีดังนี้

3.3.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลาที่กระแสเงินรับจากโครงการสามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เทคนิคนี้เป็นวิธีที่สามารถบอกความเสี่ยงของโครงการผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้เป่าลมแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้น จะมีสภาพคล่องสูงและความเสี่ยงต่ำ สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ได้ดังสมการที่ 3-1

$$Payback = \frac{Total\ Investment}{Unit\ per\ year * FiT} \tag{3-1}$$

เมื่อ Payback คือ ระยะเวลาคืนทุน, Total Investment คือ เงินลงทุนทั้งหมดก่อนเริ่มโครงการ, Unit per year คือ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี และ FiT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง ระยะเวลาคืนทุนจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุ ของโครงการ (10 ปี)

3.3.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนเงินลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ดังสมการที่ 3-2

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ESt}{(1+i)^t} - I_0 \tag{3-2}$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(บาท), ESt คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี (บาท), n คือ อายุโครงการ (ปี), i คือ อัตราคิดลด (Discount rate),t คือ Time of cash flow

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการ มีค่ามากกว่า 0 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือ มีค่าเป็นลบก็ไม่ลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน

3.3.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราคิดลด (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุน สุทธิพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการ สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 3-3

$$I_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{ESt}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad (3\text{-}3)$$

เมื่อ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน, ESt คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), I0 คือเงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ (บาท)

สำหรับเกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณา ดังนี้

- หาก IRR > ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจลงทุน
- หาก IRR < ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

3.3.4 การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์

การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์ เพื่อประเมินผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมและนำไปวิเคราะห์หาแนวทางหรือมาตรการเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์ โดยใช้ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.48 $kgCO_2/kWh.year$ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3-4 (วิรัตณ์ พิชิตกุญชร และกีรติ ชยะกุลคีรี, 2561)

$$\text{Avoided } CO_2 \text{ Emissions} = ER*0.48\ (kgCO_2/kWh.year) \qquad (3\text{-}4)$$

โดยที่ ER คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์ ผู้วิจัยได้ทำการผลิตเครื่องเป่าลมและได้นำไปใช้งานจริงในกิจการร้านคาร์แคร์ โดยได้ทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเป่าลมและถังลมจากการล้างรถ และได้นำข้อมูลที่เก็บมาได้มาวิเคราะห์ และได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปตารางและความเรียง โดยแบ่งเป็น 4 ตอนดังต่อไปนี้

4.1 การผลิตเครื่องเป่าลม

4.2 ประสิทธิภาพของระบบ

4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

4.4 การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์

4.1 การผลิตเครื่องเป่าลม

การออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลม ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 11,980 บาท มีโครงสร้างตู้เครื่องเป่าลมโดยใช้เหล็กฉากและไม้อัด มีขนาดความกว้าง 0.48 เมตร ความยาว 0.38 เมตร และความสูง 0.60 เมตร ใช้ Blower ของ BOSCH GBL 82-270 ซึ่งมีระบบควบคุมเร็วปรับแรงลมได้ง่าย ความเร็ว 0 - 16,000 รอบต่อนาที กำลังไฟ 820 วัตต์ ให้ความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สายเครื่องเป่าลมมีขนาด 2 นิ้ว ความยาว 12.00 เมตร เครื่องเป่าลมที่ผลิตแล้วเสร็จมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการล้างรถ1คัน แสดงดังภาพที่ 4-1

4.2 ประสิทธิภาพของระบบ

เมื่อผลิตเครื่องเป่าลม และนำไปใช้ในการล้างรถ ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการล้างรถ วิเคราะห์ประสิทธิภาพ (Efficiency) และอัตราส่วนสมรรถนะ (Performance Ratio) ของระบบ โดยข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการล้างรถ1คัน และใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 กิโลวัตต์สูงสุด ส่วนการใช้ถังลมแบบเดิมนั้นมีการใช้พลังงาน

ไฟฟ้าอยู่ที่ 0.62 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการล้างรถ1คัน และใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 1,655.40 กิโลวัตต์สูงสุด เมื่อนำเครื่องเป่าลมไปใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถในการล้างรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์นั้น ผลคือสามารถใช้งานได้ดีและมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4-2 เมื่อนำเครื่องเป่าลมมาวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นรายเดือนและนำมาเปรียบเทียบกับการใช้ถังลม จะสามารถวิเคราะห์ศักยภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบรายเดือนได้ ดังตารางที่ 4-1

ภาพที่ 4-1 เครื่องเป่าลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์

ภาพที่ 4-2 การนำเครื่องเป่าลมไปใช้งานจริง

ตารางที่ 4-1 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเป่าลม

เดือน	จำนวนรถที่ล้าง (คัน)	ถังลม พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (KWh)	เครื่องเป่าลม พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (KWh)	สัดส่วน พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้ (KWh)	สัดส่วน พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้ (บาท)
มกราคม	240	148.80	12.00	136.80	629.28
กุมภาพันธ์	152	94.24	7.60	86.64	398.54
มีนาคม	232	143.84	11.60	132.24	608.30
เมษายน	276	171.12	13.80	157.32	723.67
พฤษภาคม	204	126.48	10.20	116.28	534.89
มิถุนายน	212	131.44	10.60	120.84	555.86
กรกฎาคม	222	137.64	11.10	126.54	582.08
สิงหาคม	224	138.88	11.20	127.68	587.33
กันยายน	186	115.32	9.30	106.20	487.69
ตุลาคม	222	137.64	11.10	126.54	582.08
พฤศจิกายน	224	138.88	11.20	127.68	587.33
ธันวาคม	276	171.12	13.80	157.32	723.67
รวม	2670	1655.40	133.50	1521.90	7000.74

จากตารางที่ 1 เครื่องเป่าลมมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการล้างรถ1คัน โดยที่มีการเก็บข้อมูลจากการล้างรถยนต์ในทุก ๆ เดือน ซึ่งพบว่าในเดือนเมษายน และเดือนธันวาคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องเป่าลมสูงสุด คือ 13.80 กิโลวัตต์ชั่วโมง และมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 กิโลวัตต์สูงสุด สามารถลดปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 1,521.90 หน่วยต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 7,000.74 บาทต่อปี

4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Potential) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตเครื่องเป่าลมเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม

จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าการจัดทำโครงการนั้นคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ การศึกษานี้จะใช้เทคนิคที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ 1.ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) 2.มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 3.อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) โดยการลงทุนเริ่มต้นที่ 11,980.00 บาท สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจของวิธีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนคือหากค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนที่คำนวณได้ของโครงการมีค่ามากกว่า 1 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น เนื่องจากโครงการจะได้รับผลตอบแทนจากกระแสเงินสดรับทั้งหมดในรูปมูลค่าปัจจุบันสูงกว่าเม็ดเงินที่ลงทุนไปนั่นเอง โดยอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับมูลค่าปัจจุบัน การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ทางการเงินข้างต้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 กิโลวัตต์สูงสุด สามารถลดปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 1,521.90 หน่วยต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 7,000.74 บาทต่อปี การวิเคราะห์การลงทุนเพื่อหาความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยใช้ผลตอบแทนการลงทุนมาช่วยวิเคราะห์โอกาสและความเป็นไปได้ของโครงการที่ดีที่สุดในระยะเวลา 10 ปี โดยคิดค่าใช้จ่ายของการใช้พลังงานไฟฟ้าหน่วยละ 4.60 บาท และใช้อัตราคิดลดที่ 5% ดังแสดงในตารางที่ 4-2 และตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงกระแสเงินสดรับ ตลอดอายุโครงการจำนวน 10 ปี

ปีที่	กระแสเงินตลอดโครงการ	กระแสเงินสด
0	กระแสเงินสดจ่าย ณ วันลงทุน	-11,980.00
1	กระแสเงินสดรับ	7,000.74
2	กระแสเงินสดรับ	7,000.74
3	กระแสเงินสดรับ	7,000.74
4	กระแสเงินสดรับ	7,000.74
5	กระแสเงินสดรับ	7,000.74
6	กระแสเงินสดรับ	7,000.74
7	กระแสเงินสดรั	7,000.74
8	กระแสเงินสดรับ	7,000.74
9	กระแสเงินสดรับ	7,000.74
10	กระแสเงินสดรับ	7,000.74

ตารางที่ 4-3 การวิเคราะห์โครงการลงทุนทางการเงินของการใช้เครื่องเป่าลม

ปีที่	กระแสเงินสดรับ (C.F)	อัตราคิดลด 5 % (D.F)	มูลค่าปัจจุบัน (PV)	กำไร-ขาดทุน
0	-11,980.00	1	-11,980.00	-11,980.00
1	7,000.74	0.95	6,667.37	-5,312.63
2	7,000.74	0.91	6,349.88	1,037.25
3	7,000.74	0.86	6,047.50	7,084.75
4	7,000.74	0.82	5,759.53	12,844.28
5	7,000.74	0.78	5,485.26	18,329.54
6	7,000.74	0.75	5,224.06	23,553.60
7	7,000.74	0.71	4,975.30	28,528.90
8	7,000.74	0.68	4,738.38	33,627.27
9	7,000.74	0.64	4,512.74	37,780.01
10	7,000.74	0.61	4,297.85	42,077.86
(PV) มูลค่าปัจจุบัน (บาท)				54,057.86
(NPV) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)				42,077.86
(PB) ระยะคืนทุน (ปี)				1.84
(IRR) อัตราผลตอบแทนภายใน (%)				50%

จากตารางที่ 4-3 เกณฑ์การตัดสินใจของวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม จากกรณีศึกษามีดังต่อไปนี้

4.3.1 การหาระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน (Discount Payback Period)

$$PB = 1 + \frac{5,312.63}{6,349.88}$$

= 1+ 0.84 จะได้เท่ากับ 1.84 ปี

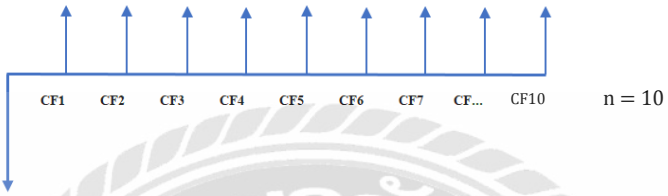
ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) การลงทุนทางการเงินของการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์ เท่ากับ 1 ปี 8 เดือน

4.3.2 การหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

เงินลงทุนเริ่มต้นในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์ = 11,980.00 บาท

I_0 = 11,980.00 บาท

CF=อัตราผลตอบแทนไม่เท่ากันทุกปี (จากตารางที่ 4.3 มูลค่าปัจจุบันแต่ละปี)



I_0 = - 11,980.00

พิจารณากำหนดให้อายุของโครงการเท่ากับ 10 ปี (n = 10)

การหาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) โดยการหาค่าอัตราคิดลดที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับ 0 จะได้ดังนี้

$$I_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{ESt}{(1+IRR)^t} = 0$$

$$0 = CF_0 + \frac{CF1}{(1+IRR)1} + \frac{CF2}{(1+IRR)2} + \frac{CF3}{(1+IRR)3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{CF10}{(1+IRR)10}$$

$$= -11{,}980.00 + \frac{6{,}667.37}{(1+IRR)1} + \frac{6{,}349.88}{(1+IRR)2} + \frac{6{,}047.50}{(1+IRR)3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{4{,}297.85}{(1+IRR)10}$$

IRR = 50.31 %

ดังนั้นสามารถสรุปค่าของ IRR ได้เท่ากับ 50 %

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่า MARR (Minimum Attractive Rate of Return) ของการลงทุนในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์ ตัวอย่างที่มีค่าเท่ากับ 5 % สามารถทำการสรุปได้ว่า IRR = 50 % > MARR = 5%

4.4 การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์

การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเป่าลมและทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าของกิจการคาร์แคร์ โดยสามารถลดอัตราปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในอนาคตได้สำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน นอกจากจะลดค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าและช่วยในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดของอาคารแล้วยังส่งผลที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม โดยสามารถลดอัตราปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต คำนวณได้ดังนี้

Avoided CO_2 Emissions = ER*0.48 ($kgCO_2/kWh.year$)

Avoided CO_2 Emissions = 1,521.90 x 0.48

= 730.51 $kgCO_2/kWh.year$

การศึกษานี้ วิเคราะห์การลงทุน 3 ประการ คือ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) โดยการลงทุนเริ่มต้นที่ 11,980.00 บาท คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน พบว่าระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 8 เดือน จากผลการวิเคราะห์ด้านการเงินข้างต้นมาวิเคราะห์มูลค่า ปัจจุบันสุทธิ โดยใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 5 พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ตลอดอายุมีค่าเท่ากับ 42,077.86 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงว่ายอมรับโครงการ ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินข้างต้นนำมาวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) พบว่าค่า IRR ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับร้อยละ 50 ซึ่งอัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าสูงกว่า Minimum Acceptable Rate of Return (MARR) จึงน่าสนใจลงทุน สำหรับการวิเคราะห์การลงทุนมีเงินลงทุนทั้งสิ้น 11,980.00 บาท พบว่าเหมาะสมต่อการลงทุน เนื่องจากอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจจะยอมรับ MARR 5 มีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวก 42,077.86 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 50 ระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 8 เดือน

ผลการศึกษานี้เป็นการออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมขึ้นมาเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม เพื่อที่จะทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน และทำการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการใช้เครื่องเป่าลม เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนในการผลิตเครื่องเป่าลม เพื่อหาค่ากำลังการใช้

ไฟฟ้าของเครื่องเป่าลมและทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าของกิจการคาร์แคร์ ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในอนาคตได้ สำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน โดยสามารถลดอัตราปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์ (CO_2) ได้ถึง 730.51 $kgCO_2$/kWh.year

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมให้มีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์ และเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินในการผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ ซึ่งในที่นี้จะสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานศึกษาวิจัยนี้เป็นการออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมขึ้นมาเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการคาร์แคร์ เพื่อที่จะทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน เป็นการศึกษาประสิทธิภาพศักยภาพเชิงเทคนิคและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการผลิตเครื่องเป่าลม เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนในการผลิตเครื่องเป่าลม เพื่อหาค่ากำลังการใช้ไฟฟ้าของเครื่องเป่าลมและทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าของกิจการคาร์แคร์ ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในอนาคตได้ ขนาดของตู้เครื่องเป่าลม คือ มีขนาดความกว้าง 0.48 เมตร ความยาว 0.38 เมตร และความสูง 0.60 เมตร ในระบบประกอบด้วย Blower ของ BOSCH GBL 82-270 ซึ่งมีระบบควบคุมเร็วปรับแรงลมได้ง่าย ความเร็ว 0 - 16,000 รอบต่อนาที กำลังไฟ 820 วัตต์ ให้ความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สายเครื่องเป่าลมมีขนาด 2 นิ้ว ความยาว 12.00 เมตร และมีหัวเครื่องเป่าลม โดยข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการล้างรถ1คัน และใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 กิโลวัตต์สูงสุด สามารถลดปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 1,521.90 หน่วยต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 7,000.74 บาทต่อปี

การศึกษาวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์การลงทุน 3 ประการ คือ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) โดยการลงทุนเริ่มต้นที่ 11,980.00 บาท คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน พบว่าระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 8 เดือน จากผลการวิเคราะห์ด้านการเงินข้างต้นมาวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

โดยใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 5 พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ตลอดอายุมีค่าเท่ากับ 42,077.86 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงว่ายอมรับโครงการ ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินข้างต้นนำมาวิเคราะห์ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) พบว่าค่า IRR ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับร้อยละ 50 ซึ่งอัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าสูงกว่า Minimum Acceptable Rate of Return (MARR) จึงน่าสนใจลงทุน สำหรับการวิเคราะห์การลงทุนมีเงินลงทุนทั้งสิ้น 11,980.00 บาท พบว่าเหมาะสมต่อการลงทุน เนื่องจากอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจจะยอมรับ MARR 5 มีค่า NPV เป็นบวก 42,077.86 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 50 ระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 8 เดือน สำหรับการมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนที่ใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ สามารถลดอัตราปล่อยก๊าซคาร์บอนออกไซด์ (CO_2) ได้ถึง 730.51 $kgCO_2$/kWh.year

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การผลิตเครื่องเป่าลมเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการคาร์แคร์ มีความคุ้มทุนในการลงทุน มีค่าข้อมูลปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราค่าผลตอบแทนภายในมีค่าบวก ระยะการคืนทุนสั้น ด้วยเหตุผลนี้ เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มต้นทุนราคาที่ได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับตลาดในประเทศไทยมีการขยายตัวและการแข่งขันที่เพิ่มขึ้น ทำให้การประกอบธุรกิจเกี่ยวกับกิจการคาร์แคร์มีแนวโน้มที่จะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าเทียบได้กับอุปกรณ์ประหยัดพลังงานในอาคาร ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดของ วิรัตณ์ พิชิตกุญชร และกีรติ ชยะกุล คีรี (2561) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคาร ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 5% โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 34,809 หน่วยต่อเดือน ซึ่งถ้าคิดเป็นมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปีจะลดลงได้ประมาณ 1,670,832 บาทต่อปี ทำให้ระบบดังกล่าวจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 ปี สามารถลดพลังงานไฟฟ้าจากเดิมได้ถึง 18% ทั้งยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ 225.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี และสอดคล้องกับแนวคิดของ สมบัติ นพจนสุภาพ (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดค่าไฟฟ้า สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี พบว่า 1) สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าประมาณ 57.6 กิโลวัตต์(หน่วย)/วัน หรือ 1,728 หน่วย/เดือน หรือ 20,736 หน่วย/ปี 2) ลดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 288 บาท/วัน หรือ 8,640 บาท/เดือน หรือ 103,680 บาท/ปี (คิดบนฐานค่า

ไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาทต่อหน่วย) 3) คืนค่าลงทุนภายในประมาณ 7.3 ปี หรือ 7 ปี 4 เดือน 4) เพิ่มกำลังประสิทธิภาพในการผลิตในช่วงเช้าและลดกำลังประสิทธิภาพในการผลิตในช่วงบ่ายเนื่องจากการสะสมความร้อนในแผงโซลาร์เซลล์ ระบบนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับอาคารอื่น ๆ ในช่วงของการใช้ไฟฟ้ากลางวันเพื่อลดค่าไฟฟ้า

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยสรุปข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

1. ผู้ประกอบการกิจการร้านคาร์แคร์ควรจะมีการพัฒนาการให้บริการให้ได้มาตรฐาน และมีคุณภาพ เร่งสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าที่มาใช้บริการ อีกทั้งสถานที่ที่ให้การบริการลูกค้าควรมีความสะอาด และมีกิจกรรมระหว่างรอ จะทำให้มีลูกค้าเข้ารับบริการมากขึ้น

2. ผู้ประกอบการกิจการร้านคาร์แคร์ควรคำนึงถึงเรื่องต้นทุนในการให้บริการ และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ใช้บริหารให้ถูกที่สุด เพื่อที่จะทำให้กิจการร้านคาร์แคร์ให้บริการกับลูกค้าในด้านราคาที่เหมาะสม และถูกลงได้ จะทำให้มีผู้ใช้บริการเพิ่มมากขึ้น

3. ผู้ประกอบการกิจการร้านคาร์แคร์ควรบริหารจัดการในปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เช่น หาทำเลที่ตั้งของตัวแทนจำหน่ายให้ไปมาสะดวก

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). *คู่มือการฝึกอบรมสื่อการเรียนการสอนหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน.*

กฤษณา ทัพวงษ์ และ ถนอมพงษ์ พานิช. (2559). ปัจจัยทางการตลาดสำหรับธุรกิจคาร์แคร์ที่มีผลต่อความจงรักภักดีของผู้บริโภค: กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. *วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มข, 9*(2), 294-317. https://www.so04.tci-thaijo.org/index.php/mbakkujournal/article/view/77644/62270

คอน เมืองศักดิ์. (2566, 9 สิงหาคม). *เครื่องเป่าลม (โบลเวอร์) คืออะไร มีการใช้งานอย่างไร และมีกี่ประเภท.* https://www.constructacon.org/เครื่องเป่าลมคืออะไร

ชนพร พลดงนอก และ ฌาน ปัทมะ พลยง. (2565). ความสัมพันธ์กับการสูญเสียการได้ยินของพนักงานในสถานประกอบกิจการล้างรถในเขตบางแค กรุงเทพมหานคร. *วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 30*(3), 98-111. https://www.he02.tci-thaijo.org/index.php/Nubuu/article/view/258567/177203

ดารณี เสสะเวช. (2562). การพัฒนาคุณภาพการให้บริการของบุคลากรธุรกิจคาร์แคร์ จังหวัดสมุทรปราการ.*วารสารการบริหารและพัฒนา วิทยาลัยพิชญบัณฑิต, 2*(1-2), 28-39. https://www.scholar.google.co.th

พรภิมล พูลสำราญ, อัฏศณี เพียรเจริญวงศ์, และ วิศิษฐ์ ฤทธิบุญไชย. (2566). ส่วนประสมทางการตลาดบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าร้านคาร์แคร์ ในจังหวัดนครปฐม. *วารสารปรัชญาดุษฎีบัณฑิตทางสังคมศาสตร์ 2*(1), 26-38. https://www.so08.tci-thaijo.org/index.php/dpssj/article/view/1569/1416

พัชรินทร์ อินทมาส, มณีรัตน์ ชัยสกุลนิยม, พเนตร์ สุขสิงห์, ธีระพงษ์ บุญรักษา, และ พรหมพักตร์ บุญรักษา. (2565). การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน. *Rattanakosin Journal of Science and Technology, 4*(3), 47-56. https://www.ph02.tcithaijo.org/index.php/RJST/article/view/247422/168184

บรรณานุกรม (ต่อ)

ยอดธง เม่นสิน, นิพนธ์ เกตุจ้อย, วิสุทธิ์ แช่มสะอาด, ธวัช สุริวงษ์, พรทิพย์ เม่นสิน, มาลินี แก้วปัญหา, พัชรินทร์ เยาวรัตน์, และ ประพิธาริ์ ธนารักษ์. (2565). เทคโนโลยีสมาร์ทกริดกับการเปลี่ยนนานพลังงานไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้และเทคโนโลยี, 2*(2), 10-26. https://www.so06.tcithaijo.org/index.php/JLIT/article/view/258857/175089

วิรัตณ์ พิชิตกุญชร และ กีรติ ชยะกุลคีรี. (2561). การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 29*(1), 25-36. https://www.ph02.tci-thaijo.org/index.php/eit-researchjournal/article/view/105854/83940

วิรัช เดชาสิริสิงห์. (2562, 22 เมษายน). *มารู้จักประเภทปั๊มลม และวิธีเลือกใช้ปั๊มลมให้เหมาะกับงาน*. https://www.thaiprint.org/2019/04/vol120/knowledge120-02/

สมบัติ นพจนสุภาพ. (2560). ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดค่าไฟฟ้าสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. *PULINET Journal, 4*(2), 194-205. https://pulinet.oas.psu.ac.th/index.php/journal/article/view/213/212

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). *การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงาน ปี2564.*

สุรกิจ ทองสุก และ อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 10*(19), 157-169. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/swujournal/article/view/140598/104218

สุริยนต์ ชมดี. (2558). *การประเมินการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านอยู่อาศัยในภาคเหนือของประเทศไทย.* (การค้นคว้าแบบอิสระหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่). ฐานข้อมูลงานวิจัย cmu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ชื่อ-สกุล	นายเศรษฐศักดิ์ รื่นเวช
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชมงคลสุวรรณภูมิ (หันตรา) หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล
สถานที่ทำงาน	31/2 หมู่ที่ 5 ตำบลลำตาเสา อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
บทความที่เผยแพร่ตีพิมพ์

The 6 th KRU National Academic Conference
"การขับเคลื่อนงานวิจัยและนวัตกรรม
สู่การพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน
ด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG"
PROCEEDING
รายงานสืบเนื่อง
การประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ครั้งที่ 6
วันที่ 8 กันยายน 2566
ณ อาคารบริการวิชาการและบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
จัดโดย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องเป่าลมทดแทนถังลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์

A Feasibility Study on the Use of a Replace Blower Instead of the Air Tank Used in the Car Care Business

เศรษฐศักดิ์ รื่นเวช*, วีระกาจ ดอกจันทร์
บัณฑิตวิทยาลัย หลักสูตรการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยาม
Sedtasak Ruenwet*, Weerakarj Dokchan
Graduate School Engineering Management Siam University
*Corresponding author e-mail: talsedtasak.1992@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้เป่าลมแทนที่การใช้ถังลม และเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ โดยแบ่งกรอบหัวข้อการวิจัยเป็น 3 ด้าน ออกแบบและผลิต ศักยภาพเชิงเทคนิค และศักยภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยผลิตเครื่องเป่าลมใช้ในการเป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถ ในการคำนวณและประเมินกำลังการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนการผลิต เพื่อลดค่าใช้จ่าย ในส่วนของค่าไฟฟ้าในอนาคตได้ ในการศึกษานี้ใช้สมมุติฐานทางการเงินที่อัตราคิดลด 5% ตลอดอายุการใช้งาน ระยะเวลาของโครงการอยู่ที่ 10 ปี ผลวิจัยพบว่าเครื่องเป่าลมมีความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเครื่องเป่าลมใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 กิโลวัตต์สูงสุด โดยระบบสามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 1,521.90 หน่วยต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 7,000.74 บาทต่อปี โดยใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 11,980.00 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 50 และมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1 ปี 8 เดือน
คำสำคัญ: เครื่องเป่าลม, การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์, ร้านคาร์แคร์

ABSTRACT

This research article aims to design and produce a blower for blowing air instead of an air tank and to obtain the analysis of an efficiency value and the profit on investment for the car care business by dividing the framework of research topics into three aspects: to design and produce the technical and economic potential by producing a blower to blow the water out of the car body parts, to calculate and estimate the electric power consumption to guide production investment decisions, and to reduce cost in terms of electricity bills in the future. In this study, a financial assumption of a 5% discounted rate throughout the project's lifespan of 10 years was used. The research findings revealed blower has an air pressure of 270 cubic meters per hour and that the wind turbine consumes a maximum of 133.50 kilowatts of electricity per year. The system can reduce electricity consumption by 1,521.90 units per year, resulting in an annual energy cost savings of 7,000.74 Baht. The total investment cost is 11,980.00 Baht. The Internal Rate of Return (IRR) is 50%, and the payback period is 1 year 8 months.
Keywords: Blower, Economic Analysis, Car Care Shop

บทนำ

ธุรกิจคาร์แคร์นับว่าเป็นธุรกิจที่มีอัตราการเติบโตเพราะเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินชีวิตของคนในสมัยนี้ที่มีเวลาส่วนตัวค่อนข้างน้อย ต่างใช้เวลาหมดไปกับการทำงานจึงไม่มีเวลาที่จะดูแลรักษาทำความสะอาดรถยนต์ของตัวเอง ประกอบกับแนวโน้มของตัวเลขปริมาณรถยนต์ในบ้านเราที่นับวันก็มีแต่จะสูงขึ้นๆ และจากวิถีชีวิตของคนไทยที่เปลี่ยนไปเข้าสู่ยุคที่มีแต่ความเร่งรีบและจากนโยบายคืนภาษีรถคันแรกของรัฐบาลที่ทำให้ใครๆ ต่างก็ทยอยออกรถคันแรกออกมา

จนเต็มถนน จึงทำให้ธุรกิจทำความสะอาดรถยนต์หรือธุรกิจคาร์แคร์ที่ให้บริการด้านการดูแลรักษารถยนต์ถือเป็นอีกหนึ่งธุรกิจที่มาแรง เกิดขึ้นเพราะวิถีชีวิตของคนเรามีการเปลี่ยนแปลงไป รถยนต์เป็นปัจจัยที่ 5 ของมนุษย์ไปแล้ว แต่ละปีจะมีแนวโน้มจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นสูงมาก แต่การจะได้มาซึ่งรถยนต์สักคันสำหรับหลายคนไม่ใช่ง่ายพอได้มาแล้วก็ไม่ใช่เรื่องแปลกที่จะต้องดูแลทะนุถนอมเป็นพิเศษประกอบกับการใช้ชีวิตของสังคมไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปเร่งรีบมากขึ้นอาจไม่มีเวลาที่จะทำความสะอาดรถเอง (กฤษณา ทัพวงษ์, และถนอมพงษ์ พานิช, 2559) ธุรกิจคาร์แคร์เป็นธุรกิจบริการที่ให้บริการเกี่ยวกับการบำรุงรักษาและการทำความสะอาดรถยนต์ เช่น ล้าง ดูดฝุ่น ขัด และเคลือบสีโดยภาพรวมของธุรกิจคาร์แคร์ในประเทศไทย มีมูลค่า รวมกว่า 10,000 ล้านบาทแบ่งเป็นธุรกิจล้างรถประมาณ 8,000 ล้านบาท และบริการอื่นๆ อาทิ การทำเคลือบแก้ว ทำสี ทำเบาะประมาณ 2,000 ล้านบาท ในแต่ละปีมีการเติบโตประมาณร้อยละ 10 จากตัวเลขดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีธุรกิจคาร์แคร์เกิดขึ้นจำนวนมาก (ดารณี เสสะเวช, 2562)

รถยนต์ไม่ว่าจะเป็นคันเก่าหรือคันใหม่นั้นก็ต้องการการดูแลรักษา ผู้เป็นเจ้าของต้องให้ความเอาใจใส่ดูแลเป็นพิเศษโดยเฉพาะเรื่องความสะอาด อย่างไรก็ตามเนื่องจากรูปแบบการดำเนินชีวิตที่ต้องเปลี่ยนไปตามค่านิยมทางสังคมและเศรษฐกิจกำหนดให้จำเป็นต้องออกไปทำงานนอกบ้าน การใช้ชีวิตที่เร่งรีบมากขึ้น จึงทำให้ชีวิตต้องการความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ทำให้เจ้าของรถหันไปสนใจใช้บริการทำความสะอาดจากร้านคาร์แคร์มากขึ้นประกอบกับการทำความสะอาดรถยนต์ต้องอาศัยอุปกรณ์ในการทำความสะอาดที่ดีและมีคุณภาพเพียงพอ เพราะต้องใช้อุปกรณ์เครื่องฉีดน้ำที่ให้แรงดันน้ำสูง มีหัวฉีดที่หลากหลายและต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก เพื่อให้การทำความสะอาดในแต่ละจุดมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะช่วงล่างของรถยนต์ที่จะมีความสกปรกเป็นพิเศษ (พรภิมล พูลสำราญ, และคณะ, 2566) โดยที่การล้างรถมีโอกาสสัมผัสกับสิ่งคุกคามสุขภาพจากการทำงานหลายชนิด เช่น การใช้สารเคมีในการขัดเคลือบสีรถและล้อ ท่าทางการบิดเอี้ยวตัวและยกอุปกรณ์ของผู้ปฏิบัติงาน จิตสังคมในการให้บริการลูกค้า แสงสว่างที่ไม่เพียงพอ รวมถึงการเสียงดังจากอุปกรณ์ฉีดโฟม เครื่องดูดฝุ่น เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง และปั๊มลม (ชนพร พลดงนอก, และฌานปัทมะ พลยง, 2565) ซึ่งอุปกรณ์การล้างรถที่กล่าวมานั้น ล้วนแต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น โดยที่ปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและกำลังจะหมดในเวลาอีกไม่นาน รวมทั้งผลของ ก๊าซ CO_2 จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ในปริมาณมากไปปกคลุมชั้นบรรยากาศโลกทำให้การกักเก็บอุณหภูมิภายในโลกสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของโลกที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาวะอากาศของโลกเป็นอย่างมาก รัฐบาลของประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวและให้ความสำคัญกับปัญหานี้ โดยมีนโยบายลดการใช้พลังงาน (สุริยนต์ ชมดี, 2558)

ประเทศไทยได้เสนอเป้าหมายของประเทศในการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายหลังปี ค.ศ. 2020 (Intended Nationally Determined Contribution: INDC) โดยลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 ในปี พ.ศ. 2573 การที่ประเทศไทยได้แสดงเจตจำนงในการมีส่วนร่วมซึ่งดำเนินการตามความตกลงปารีสในการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยจัดทำข้อเสนอการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภายหลัง พ.ศ. 2563 ที่มีความสอดคล้องตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการพัฒนาที่ยั่งยืน และต่อยอดการดำเนินงานในกรอบมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับชาติ (Nationally Appropriate Mitigation Actions : NAMA) และกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก ในปี 2573 โดยกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ร้อยละ 20–25 จากกรณีปกติ ซึ่งเป็นการขับเคลื่อนการดำเนินงานโดยภาครัฐ อาศัยการดำเนินการที่มีการส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน ตามศักยภาพของมาตรการจากนโยบายและแผน และภาครัฐ ในสาขาที่มีความพร้อม ได้แก่ ภาคพลังงานและขนส่ง มี 9 มาตรการ จากการผลิตไฟฟ้า การใช้พลังงานในครัวเรือน อาคาร อุตสาหกรรมการผลิต และการคมนาคมขนส่ง โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการใช้พลังงาน การพัฒนาพลังงานทดแทน และการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ภาคของเสีย มี 4 มาตรการ ครอบคลุมการจัดการขยะ น้ำเสีย อุตสาหกรรมและชุมชน และกระบวนการทางอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ มี 2 มาตรการ โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีสารทำความเย็น ซึ่งจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 115.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือร้อยละ 20.8 จากกรณีปกติ การบรรลุเป้าหมายของ Paris Agreement ในการควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโลกไม่ให้เพิ่มขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2100 นั้น IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 C (2018) กำหนดแนวทางเพื่อบรรลุเป้าหมาย 2 องศาเซลเซียส โดยทั่วโลกต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 40-70 ภายในปี ค.ศ. 2050 โดยหากมุ่งมั่นที่จะบรรลุเป้าหมาย 1.5 องศาเซลเซียส ทั่วโลกต้องลดปริมาณการปล่อยลงถึงร้อยละ 70-95 อันนำไปสู่

Global Net-Zero Emission ภายใน ค.ศ. 2050 ซึ่งหลายประเทศต่างตื่นตัวที่จะมุ่งมั่นไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์ (Carbon Neutrality) เช่น ปี ค.ศ. 2035 ประเทศฟินแลนด์ ปี ค.ศ. 2040 ออสเตรีย ไอซ์แลนด์ ปี ค.ศ. 2045 สวีเดน ปี ค.ศ. 2050 สหราชอาณาจักร ฝรั่งเศส เดนมาร์ก นิวซีแลนด์ ฮังการี ชิลี สหภาพยุโรป เกาหลีใต้ สเปน ฟิจิ ญี่ปุ่น เยอรมนี สวิตเซอร์แลนด์ นอร์เวย์ ไอร์แลนด์ แอฟริกาใต้ โปรตุเกส คอสตาริกา สโลวีเนีย หมู่เกาะมาร์แชลล์ และปี ค.ศ. 2060 ประเทศจีน

การเพิ่มขึ้นของการผลิตไฟฟ้าจากกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนในสัดส่วนสูงอย่างต่อเนื่องในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นเป็นประเด็นหลักประเด็นหนึ่งที่ภาครัฐและผู้ดูแลระบบไฟฟ้าจากทุกประเทศทั่วโลกให้ความสนใจเป็นอย่างมาก จากข้อมูลของ IRENA ปี ค.ศ. 2019 พบว่าในปี ค.ศ. 2018 ทั่วโลกมีกำลังการผลิตติดตั้งในส่วนของพลังงานหมุนเวียนอยู่ประมาณ 2,468 กิกะวัตต์ หรือคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 25 % ของกำลังการผลิต ติดตั้งจากเชื้อเพลิงทุกประเภท และยังคงมีสัญญาณของการเติบโตอย่างต่อเนื่อง (ยอดธง เม่นสิน, และคณะ, 2565)

ธุรกิจคาร์แคร์นั้นในแต่ละปีจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากถังลมเป็นจำนวนมาก ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงได้คิดค้นเครื่องเป่าลมขึ้นมาเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม เพื่อที่จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน และทำการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการใช้เครื่องเป่าลม เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนในการผลิตเครื่องเป่าลม เพื่อหาค่ากำลังการใช้ไฟฟ้าของเครื่องเป่าลมและทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าของกิจการคาร์แคร์ โดยสามารถลดอัตราปล่อย CO_2 ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ในอนาคตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมให้มีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์
2. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางการเงินในการผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้การออกแบบผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องจากหนังสือเรียน วารสาร สื่อสิ่งพิมพ์ เว็บไซต์ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ขอคำแนะนำจากอาจารย์ของบัณฑิตวิทยาลัย หลักสูตรการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยาม ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบยึดหลักการของการออกแบบคือ คงทน โครงสร้างไม่สลับซับซ้อน ใช้งานได้ดี ต้นทุนในการผลิตต่ำ และมีความปลอดภัยในการใช้งานสูง โดยทำโครงสร้างตู้เครื่องเป่าลมโดยใช้เหล็กฉากและไม้อัด ใช้ Blower ของ BOSCH GBL 82-270 ซึ่งมีระบบควบคุมเร็วปรับแรงลมได้ง่าย ความเร็ว 0 - 16,000 รอบต่อนาที กำลังไฟ 820 วัตต์ ให้ความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สายเครื่องเป่าลมมีขนาด 2 นิ้ว ความยาว 12.00 เมตร และมีหัวเครื่องเป่าลมซึ่งมีประสิทธิภาพใช้งานได้ ตามภาพที่ 1

ก) ภาพโครงสร้างตู้เครื่องเป่าลม

ข) ภาพ Blower

ค) ภาพสายเครื่องเป่าลม

ง) ภาพหัวเครื่องเป่าลม

ภาพที่ 1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องเป่าลม

การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค

การประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค ใช้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องเป่าลมเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม ในกรณีศึกษานี้เครื่องเป่าลมมีขนาด กว้าง 0.48 เมตร ยาว 0.38 เมตร สูง 0.60 เมตร ระบบควบคุมเร็วปรับแรงลมได้ง่าย ความเร็ว 0 - 16,000 รอบต่อนาที กำลังไฟ 820 วัตต์ ให้ความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สายเครื่องเป่าลมมีขนาด 2 นิ้ว ความยาว 12.00 มีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมง/รถ1คัน

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์(Economic Potential) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตเครื่องเป่าลมเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าการจัดทำโครงการนั้นคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ (พัชรินทร์ อินทมาส, และคณะ, 2565) โดยทั่วไปเทคนิคที่นิยมใช้มี 3 วิธีดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลาที่กระแสเงินรับจากโครงการสามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เทคนิคนี้เป็นวิธีที่สามารถบอกความเสี่ยงของโครงการผลิตเครื่องเป่าลมสำหรับใช้เป่าลมแทนที่การใช้ถังลม ในกิจการร้านคาร์แคร์ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้น จะมีสภาพคล่องสูงและความเสี่ยงต่ำ สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ได้ดังสมการที่ 1

$$Payback = \frac{Total\ Investment}{Unit\ per\ year * FiT} \quad (1)$$

เมื่อ Payback คือ ระยะเวลาคืนทุน, Total Investment คือ เงินลงทุนทั้งหมดก่อนเริ่มโครงการ, Unit per year คือ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี และ FiT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง ระยะเวลาคืนทุนจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุ ของโครงการ (10 ปี)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนเงินลงทุนของโครงการ สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ดังสมการที่ 2

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ESt}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(บาท), ESt คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), n คือ อายุโครงการ (ปี), i คือ อัตราคิดลด (Discount rate),t คือ Time of cash flow

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการ มีค่ามากกว่า 0 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือ มีค่าเป็นลบก็ไม่ลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราคิดลด (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$I_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{ESt}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (3)$$

เมื่อ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน, ES_t คือ กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละปี(บาท), I_0 คือเงินลงทุนตอนเริ่มโครงการ(บาท)

สำหรับเกณฑ์ตัดสินใจว่าจะลงทุนหรือไม่นั้นจะพิจารณา ดังนี้

- หาก IRR > ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจลงทุน
- หาก IRR < ต้นทุนเงินทุน (cost of capital) ของโครงการ ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

การคำนวณการลดการปล่อย CO_2

การคำนวณการปล่อย CO_2 เพื่อประเมินผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมและนำไปวิเคราะห์หาแนวทางหรือมาตรการเพื่อลดการปลดปล่อย CO_2 โดยใช้ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.48 $kgCO_2/kWh.year$ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4 (วิรัตณ์ พิชิตกุญชร และกีรติ ชยะกุลศิริ, 2561)

$$\text{Avoided } CO_2 \text{ Emissions} = ER*0.48\ (kgCO_2/kWh.year) \quad (4)$$

โดยที่ ER คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)

ผลการวิจัย

1. การผลิตเครื่องเป่าลม

การออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลม มีขนาด กว้าง 0.48 เมตร ยาว 0.38 เมตร สูง 0.60 เมตร ใช้ Blower ของ BOSCH GBL 82-270 ซึ่งมีระบบควบคุมเร็วปรับแรงลมได้ง่าย ความเร็ว 0 - 16,000 รอบต่อนาที กำลังไฟ 820 วัตต์ ให้ความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สายเครื่องเป่าลมมีขนาด 2 นิ้ว ความยาว 12.00 เมตร และมีหัวเครื่องเป่าลมรายละเอียดดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 เครื่องเป่าลมที่ใช้ในกิจการคาร์แคร์

2. ประสิทธิภาพของระบบ

การผลิตเครื่องเป่าลม เพื่อใช้ในการล้างรถและคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการล้างรถ วิเคราะห์ประสิทธิภาพ (Efficiency) และอัตราส่วนสมรรถนะ (Performance Ratio) ของระบบ โดยข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมง/รถ1คัน และใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 kWp ขนาดของตู้เครื่องเป่าลม คือ กว้าง 0.48 เมตร ยาว 0.38 เมตร สูง 0.60 เมตร ในระบบประกอบด้วย Blower ของ BOSCH GBL 82-270 ซึ่งมีระบบควบคุมเร็วปรับแรงลมได้ง่าย ความเร็ว 0 - 16,000 รอบต่อนาที กำลังไฟ 820 วัตต์ ให้ความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สายเครื่องเป่าลมมีขนาด 2 นิ้ว ความยาว 12.00 เมตร และมีหัวเครื่องเป่าลม เมื่อนำเครื่องเป่าลมไปใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถในการล้างรถแทนที่การใช้ถังลมในกิจการร้านคาร์แคร์นั้น ผลคือสามารถใช้งานได้ดีและมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อนำเครื่องเป่าลมมาวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นรายเดือนและนำมาเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องปั๊มลม ซึ่งสามารถวิเคราะห์ศักยภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบรายเดือนได้

ภาพที่ 3 การนำเครื่องเป่าลมไปใช้งานจริง

จากภาพที่ 3 ผู้วิจัยนำเครื่องเป่าลมมาวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นรายเดือนและนำมาเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องปั๊มลม ซึ่งสามารถวิเคราะห์ศักยภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบรายเดือนได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องเป่าลม

เดือน	จำนวนรถที่ล้าง (คัน)	เครื่องปั๊มลม พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (KWh)	เครื่องเป่าลม พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (KWh)	สัดส่วนพลังงาน ไฟฟ้าที่ลดลงได้ (KWh)	สัดส่วนพลังงาน ไฟฟ้าที่ลดลงได้ (บาท)
มกราคม	240	148.80	12.00	136.80	629.28
กุมภาพันธ์	152	94.24	7.60	86.64	398.54
มีนาคม	232	143.84	11.60	132.24	608.30
เมษายน	276	171.12	13.80	157.32	723.67
พฤษภาคม	204	126.48	10.20	116.28	534.89
มิถุนายน	212	131.44	10.60	120.84	555.86
กรกฎาคม	222	137.64	11.10	126.54	582.08
สิงหาคม	224	138.88	11.20	127.68	587.33
กันยายน	186	115.32	9.30	106.20	487.69
ตุลาคม	222	137.64	11.10	126.54	582.08
พฤศจิกายน	224	138.88	11.20	127.68	587.33
ธันวาคม	276	171.12	13.80	157.32	723.67
รวม	2670	1655.40	133.50	1521.90	7000.74

จากตารางที่ 1 เครื่องเป่าลมมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมง/รถ1คัน โดยที่มีการเก็บข้อมูลจากการล้างรถยนต์ในทุกๆ เดือน ซึ่งพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 kWp สามารถลดปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 1,521.90 หน่วยต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 7,000.74 บาทต่อปี

3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษานี้ วิเคราะห์การลงทุน 3 ประการ คือ ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนกำไรลงทุน โดยการลงทุนเริ่มต้นที่ 11,980.00 บาท คำนวณหาระยะเวลาคืนทุนโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่าระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 8 เดือน จากผลการวิเคราะห์ด้านการเงินข้างต้นมาวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 5 พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ตลอดอายุมีค่าเท่ากับ 42,077.86 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงว่ายอมรับโครงการ ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินข้างต้นนำมาวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนลดค่า (IRR) พบว่าค่า IRR ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับร้อยละ 50 ซึ่งอัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าสูงกว่า Minimum Acceptable Rate of Return (MARR) จึงน่าสนใจลงทุน สำหรับการวิเคราะห์การลงทุนมีเงินลงทุนทั้งสิ้น 11,980.00 บาท พบว่าเหมาะสมต่อการลงทุน เนื่องจากอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจจะยอมรับ MARR 5 มีค่า NPV เป็นบวก 42,077.86 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 50 ระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 8 เดือน

ผลการศึกษานี้เป็นการออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมขึ้นมาเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม เพื่อที่จะทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน และทำการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการใช้เครื่องเป่าลม เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนในการผลิตเครื่องเป่าลม เพื่อหาค่ากำลังการใช้ไฟฟ้าของเครื่องเป่าลมและทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสม เพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าของกิจการคาร์แคร์ โดยสามารถลดอัตราปล่อย CO_2 ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ในอนาคตได้ สำหรับใช้ในกิจการร้านคาร์แคร์ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน นอกจากจะลดค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าและช่วยในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดของอาคารแล้ว ยังส่งผลที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม โดยสามารถลดอัตราปล่อย CO_2 ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต คำนวณได้จากสมการที่ 4 สามารถลดการปล่อย CO_2 ได้ถึง 0.73 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและผลิตเครื่องเป่าลมขึ้นมาเพื่อใช้เป่าลมให้น้ำออกจากชิ้นส่วนของตัวรถแทนที่การใช้ถังลม เป็นการศึกษาประสิทธิภาพศักยภาพเชิงเทคนิคและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการผลิตเครื่องเป่าลม ขนาดของตู้เครื่องเป่าลม คือ กว้าง 0.48 เมตร ยาว 0.38 เมตร สูง 0.60 เมตร ในระบบประกอบด้วย Blower ของ BOSCH GBL 82-270 ซึ่งมีระบบควบคุมเร็วปรับแรงลมได้ง่าย ความเร็ว 0 - 16,000 รอบต่อนาที กำลังไฟ 820 วัตต์ ให้ความแรงลม 270 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สายเครื่องเป่าลมมีขนาด 2 นิ้ว ความยาว 12.00 เมตร และมีหัวเครื่องเป่าลม โดยข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมง/รถ1คัน และใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีอยู่ที่ 133.50 kWp สามารถลดปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 1,521.90 หน่วยต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 7,000.74 บาทต่อปี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ตลอดอายุมีค่าเท่ากับ 42,077.86 บาท อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน (IRR) พบว่าค่า IRR ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับร้อยละ 50 มีระยะเวลาคืนทุน (PB) 1.8 ปี และสามารถลดการปล่อย CO_2 ถึง 0.73 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

การผลิตเครื่องเป่าลม มีความคุ้มทุนในการลงทุน มีค่าข้อมูลปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราค่าผลตอบแทนภายในมีค่าบวก ระยะการคืนทุนสั้น ด้วยเหตุผลนี้ เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มต้นทุนราคาที่ได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับตลาดในประเทศไทยมีการขยายตัวและการแข่งขันที่เพิ่มขึ้น ทำให้การประกอบธุรกิจเกี่ยวกับกิจการคาร์แคร์มีแนวโน้มที่จะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าเทียบได้กับอุปกรณ์ประหยัดพลังงานในอาคาร ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดของ วิรัตณ์ พิชิตกุญชร และกีรติ ชยะกุลศีรี (2561) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคาร ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้จะมีประสิทธิภาพดีกว่าด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 5% โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 34,809 หน่วยต่อเดือน ซึ่งถ้าคิดเป็นมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปีจะลดลงได้ประมาณ 1,670,832 บาทต่อปี ทำให้ระบบดังกล่าวจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 ปี สามารถลดพลังงานไฟฟ้าจากเดิมได้ถึง 18% ทั้งยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ 225.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

ข้อเสนอแนะ

ผู้ประกอบการร้านคาร์แคร์ควรจะมีการพัฒนาการผลิตให้มีคุณภาพยิ่งขึ้นเพื่อสร้างความเชื่อถือต่อตราสินค้านั้นๆ รวมไปถึงการให้บริการของสถานที่จัดจำหน่าย ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการเพิ่มขึ้น

ผู้ประกอบการร้านคาร์แคร์ควรปรับปรุงเรื่องต้นทุนการผลิตและต้นทุนการบริหารจัดการให้ต่ำลง เพื่อที่จะทำให้สามารถตั้งราคาขายสินค้าและบริการในราคาที่ถูกได้ จะทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการเพิ่มขึ้น

ผู้ประกอบการร้านคาร์แคร์ควรบริหารจัดการในปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายเช่น หาทำเลที่ตั้งของตัวแทนจำหน่ายให้ไปมาสะดวก

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติ พี่น้อง มิตรสหาย และคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยาม ทุก ๆ ท่าน ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำให้ประโยชน์ให้ความรู้รวมไปถึงการติดตามคอยดูแลมาโดยตลอด รวมถึงผู้แต่งหนังสือหรือเอกสารทางวิชาการ ที่ข้าพเจ้าได้ใช้เป็นเอกสารอ้างอิง รวมทั้งหัวหน้างาน เพื่อนร่วมงานทุกคนที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาการต่างๆ จนช่วยให้สามารถทำการศึกษานี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา ทัพวงษ์, และถนอมพงษ์ พานิช. (2559). ปัจจัยทางการตลาดสำหรับธุรกิจคาร์แคร์ที่มีผลต่อความจงรักภักดีของผู้บริโภค:กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. **วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มข, 9(2),** 294-317 ค้นจาก https://www.so04.tci-thaijo.org/index.php/mbakkujournal/article/view/77644/62270

ชนพร พลดงนอก, และฌาน ปัทมะ พลยง. (2565). ความสัมพันธ์กับการสูญเสียการได้ยินของพนักงานในสถานประกอบกิจการล้างรถในเขตบางแค กรุงเทพมหานคร. **วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 30(3),** 98-111 ค้นจาก https://www.he02.tci-thaijo.org/index.php/Nubuu/article/view/258567/177203

ดารณี เสสะเวช. (2562). การพัฒนาคุณภาพการให้บริการของบุคลากรธุรกิจคาร์แคร์ จังหวัดสมุทรปราการ. **วารสารการบริหารและพัฒนา วิทยาลัยพิชญบัณฑิต, 2(1-2),** 98-111 ค้นจาก https://www.scholar.google.co.th

พรภิมล พูลสำราญ, อัฏฐศณี เพียรเจริญวงศ์, และวิศิษฐ์ ฤทธิบุญไชย. (2566). ส่วนประสมทางการตลาดบริการที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าร้านคาร์แคร์ ในจังหวัดนครปฐม. **วารสารปรัชญาดุษฎีบัณฑิตทางสังคมศาสตร์ 2(1),** 26-38 ค้นจาก https://www.so08.tci-thaijo.org/index.php/dpssj/article/view/1569/1416

พัชรินทร์ อินทมาส, มณีรัตน์ ชัยสกุลนิยม, พเนตร์ สุขสิงห์, ธีระพงษ์ บุญรักษา, และพรหมพักตร์ บุญรักษา. (2565). การวิเคราะห์เชิงเทคนิคและความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาระดับครัวเรือน. **Rattanakosin Journal of Science and Technology, 4(3),** 47-56. ค้นจาก https://www.ph02.tci-thaijo.org/index.php/RJST/article/view/247422/168184

ยอดธง เม่นสิน, นิพนธ์ เกตุจ้อย, วิสุทธิ์ แช่มสะอาด, ธวัช สุริวงษ์, พรทิพย์ เม่นสิน, มาลินี แก้วปัญหา, พัชรินทร์ เยาวรัตน์, และประพิธาริ์ ธนารักษ์. (2565). เทคโนโลยีสมาร์ทกริดกับการเปลี่ยนผ่านพลังงานไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน. **วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้และเทคโนโลยี, 2(2),** 10-26. ค้นจาก https://www.so06.tci-thaijo.org/index.php/JLIT/article/view/258857/175089

วิรัตณ์ พิชิตกุญชร, และกีรติ ชยะกุลศิริ. (2561). การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก. **วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 29(1),** 25-36. ค้นจาก https://www.ph02.tci-thaijo.org/index.php/eit-researchjournal/article/view/105854/83940

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). **การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) จากการใช้พลังงาน ปี2564.** ค้นจาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/download/22061_5ccc70b8d6aaf1e3d34dc98b6d138bc2

สุริยนต์ ชมดี. (2558). **การประเมินการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านอยู่อาศัยในภาคเหนือของประเทศไทย.** การค้นคว้าแบบอิสระหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.