การศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงน้ำแข็งในประเทศไทย

น.ส.สุจิตรา จำนงบุตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Study on Energy Efficiency of Ice Factories in Thailand

Miss Suchitra Jamnongbutr

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงน้ำแข็งในประเทศไทย
โดย	น.ส.สุจิตรา จำนงบุตร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุจิตรา จำนงบุตร : การศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงน้ำแข็งในประเทศไทย. (A Study on Energy Efficiency of Ice Factories in Thailand) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกลุ่มโรงงานน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม โดยศึกษาข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงานของโรงงานน้ำแข็งจำนวน 80 แห่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2561 ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมมากกว่า 500 ล้านหน่วย (GWh) ต่อปี เฉลี่ยต่อแห่ง 6.25 ล้านหน่วยต่อปี และคัดเลือกกลุ่มโรงงานตัวอย่างจำนวน 20 แห่ง มาวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) โดยละเอียด พบว่าค่า SEC หรือประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานน้ำแข็งมีค่าตั้งแต่ 59 -133 kWh/ตัน และมีค่าเฉลี่ยที่ 98 kWh/ตัน เมื่อวิเคราะห์รายประเภทโรงงานน้ำแข็งพบว่า โรงงานผลิตน้ำแข็งหลอดและโรงงานผลิตน้ำแข็งซองมีค่า SEC เฉลี่ยเท่ากันที่ 94 kWh/ตัน ในขณะที่โรงงานที่ผลิตทั้งน้ำแข็งซองและน้ำแข็งหลอดมีค่า SEC เฉลี่ยที่ 104 kWh/ตัน การศึกษายังพบว่าโรงงานน้ำแข็งที่ผลิตน้ำแข็งประเภทเดียวกัน มีปริมาณการผลิตใกล้เคียงกัน แต่มีค่า SEC ต่างกันมากถึง 31% โดยข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงานแสดงให้เห็นว่า โรงงานที่มีค่า SEC สูงกว่ามีชั่วโมงการทำงานต่อปีมากกว่าถึง 65% ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าในขณะที่ผลิตน้ำแข็งได้ปริมาณใกล้เคียงกัน สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตที่ต่ำกว่าและศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานที่สูงกว่า โรงงานน้ำแข็งมีค่า SEC เฉลี่ยต่ำที่สุด 59 kWh/ตัน เมื่อวิเคราะห์สมการถดถอย การใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการผลิตและเป็นไปตามความสัมพันธ์เชิงเส้น ส่วนค่า SEC ลดลงเมื่อการผลิตน้ำแข็งมากขึ้น โดยพลังงานที่ใช้สามารถแยกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่คงที่ไม่ขึ้นกับปริมาณการผลิตและส่วนที่แปรผันตามปริมาณการผลิต โดยส่วนแรกคิดเป็น 11.86% ของพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งในแต่ละเดือน การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงและการบำรุงรักษาทำความสะอาด เป็นมาตรการที่นิยมใช้ในโรงงานน้ำแข็ง ทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6187558020 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORD: Energy Efficiency, Specific Energy Consumption, Ice Factory

Suchitra Jamnongbutr : A Study on Energy Efficiency of Ice Factories in Thailand. Advisor: Assoc. Prof. SOMPONG PUTIVISUTISAK, Ph.D.

This research is an analysis of energy efficiency in ice making factories which are among the designate factories according to Energy Conservation and Promotion Act B.E.2535, with the total energy consumption of more than 500 GWh/year (80 factories). Complete energy consumption and production data of 20 factories during the year 2015 – 2018 was analyzed. The specific energy consumptions (SEC) of the ice production process is between 59 -133 kWh/ton, with the average of 98 kWh/ton. Analysis shows that tube ice and block ice factory have the same average SEC (94 kWh/ton), while factory that made both has average SEC of 104 kWh/ton. Additionally, factories which produced the same type of ice and had similar level of production, see a difference in the SEC by up to 31%. That with higher SEC operates 65% longer, resulting in higher electricity consumption, reflecting lower efficiency in production. Factory with the lowest SEC is at 59 kWh/ton. Linear regression analysis was conducted, with electricity consumption increasing and SEC decreasing with higher level of production. The electricity consumption comes from 2 parts – constant consumption and varied consumption. The former accounted for 11.86% of average monthly consumption. Equipment replacement and maintenance are among energy saving measures resulting in the reduction of SEC.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลักที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแนวทางในการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้องค์ความรู้ ทฤษฎี ถ่ายทอดแนวคิดและประสบการณ์ตรงจากการทำงาน พร้อมทั้งให้คำปรึกษา คำแนะนำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบวิชาชีพได้

ขอขอบพระคุณ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่สนับสนุนข้อมูลประกอบการศึกษาวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา เจ้าหน้าที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และบุคคลท่านอื่นๆ ที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ สนับสนุนและช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า สารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สุจิตรา จำนงบุตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 โรงงานควบคุม 4

2.2 ระบบการจัดการพลังงาน 4

2.3 การบริหารจัดการพลังงาน 5

2.4 ประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency) 6

2.5 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน 6

2.5.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิต 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2 กราฟการกระจายตัวของข้อมูล (Scatter Plot) 7
2.5.3 การวิเคราะห์สมการถดถอย 8
2.6 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 12
3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงงานน้ำแข็ง 12
3.2 รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของกลุ่มตัวอย่างโรงงานน้ำแข็ง 12
3.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานน้ำแข็งตัวอย่าง 13
3.3.1 การวิเคราะห์กระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control; SPC) 13
3.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลา 14
3.3.3 การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ของกลุ่มโรงงานน้ำแข็ง 14
บทที่ 4 ผลการวิจัย 16
4.1 สถานการณ์การใช้พลังงาน 16
4.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงงานน้ำแข็ง 16
4.3 กระบวนการผลิตน้ำแข็ง 19
4.4 รูปแบบของระบบทำความเย็นของโรงงานน้ำแข็งหลอดและโรงงานน้ำแข็งซอง 22
4.5 ผลการรวบรวมข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานน้ำแข็ง (ปี 2558-2561) 27
4.6 การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC : Specific Energy Consumption) 28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 41
บรรณานุกรม 42
ภาคผนวก ก. การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำแข็ง ปี 2557-2561 43
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงการคำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) 46
ภาคผนวก ค. ตารางแสดงกลุ่มมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ของโรงงานน้ำแข็ง ปี 2558-2561 68
ภาคผนวก ง. ตารางแสดงผลดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 8 ปี 2561 73
ประวัติผู้เขียน 75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4-1 แสดงจำนวนโรงน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุมแยกตามรายภูมิภาค 19

ตารางที่ 4-2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 ปี พ.ศ. 2558 - 2561 31

ตารางที่ 4-3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 ปี พ.ศ. 2558 – 2561 32

ตารางที่ 4-4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการผลิตเฉลี่ยรายปี และชั่วโมงการทำงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 และ 10 33

ตารางที่ 4-5 แสดงการใช้พลังงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15 ในปี 2560 กับ ปี 2561 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 ตัวอย่างกราฟอนุกรมเวลาแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิตในช่วง 48 เดือน 7

รูปที่ 2-2 แสดงตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ (Scatter Plot) 8

รูปที่ 4-1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายแยกตามสาขาเศรษฐกิจ ปี 2562 16

รูปที่ 4-2 แสดงจำนวนโรงงานผลิตน้ำแข็งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 18

รูปที่ 4-3 แสดงลักษณะของน้ำแข็งซอง 20

รูปที่ 4-4 แสดงลักษณะของน้ำแข็งหลอด 20

รูปที่ 4-5 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งซอง 21

รูปที่ 4-6 การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นเหลว และไอสารทำความเย็นทางด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ 23

รูปที่ 4-7 การระบายความร้อนแบบ Evaporative condenser ของโรงงานน้ำแข็งหลอด 24

รูปที่ 4-8 การระบายความร้อนแบบ Evaporative condenser โรงงานน้ำแข็งซอง 25

รูปที่ 4-9 การระบายความร้อนแบบ Cooling tower โรงงานน้ำแข็งหลอด 26

รูปที่ 4-10 การระบายความร้อนแบบ Cooling tower ของโรงงานน้ำแข็งซอง 27

รูปที่ 4-11 กราฟแท่งแสดงค่า SEC เฉลี่ยและผลผลิตเฉลี่ยของโรงงานผลิตน้ำแข็ง 20 แห่ง ในช่วงเวลา 48 เดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2561 29

รูปที่ 4-12 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) เฉลี่ยกับผลผลิตเฉลี่ย ของกลุ่มโรงงานน้ำแข็งตัวอย่าง (น้ำแข็งหลอด น้ำแข็งซอง น้ำแข็งซองและหลอด) 30

รูปที่ 4-13 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากับผลผลิตของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 และลำดับที่ 10 ที่มีปริมาณการผลิตใกล้เคียงกัน 31

รูปที่ 4-14 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากับผลผลิต ของโรงงานน้ำแข็งซองลำดับที่ 8 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-15 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) กับผลผลิต ของโรงงานน้ำแข็งซอง ลำดับที่ 8 35

รูปที่ 4-16 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและผลผลิตของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15 ปี 2561 และ 2562 38

รูปที่ 4-17 กราฟอนุกรมเวลาแสดงค่า SEC ในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การกำกับดูแลและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้เป็นไปตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 (Energy Efficiency Plan: EEP 2015) ที่มีเป้าหมายลดความเข้มข้นการใช้พลังงานลงร้อยละ 30 ใน พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับ พ.ศ. 2553 หรือเทียบเท่ากับการลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายลงประมาณ 51,700 ktoe ประกอบด้วย 10 มาตรการหลักตามแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยมาตรการหลักที่มีเป้าหมายในการลดการใช้พลังงาน คือ มาตรการการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมและมาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง [1]

ภาคการผลิตโดยเฉพาะสาขาอุตสาหกรรมอาหารเป็นสาขาที่มีการใช้พลังงานสูง โดยเฉพาะในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการใช้น้ำแข็งเพื่อการอุปโภคและบริโภค ตลอดจนในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเพื่อการรักษาความเย็นและถนอมอาหารให้สดต่อเนื่องในภาคการเกษตรและการประมง ซึ่งจำนวนโรงน้ำแข็งทั้งที่เป็นโรงงานควบคุมและนอกข่ายควบคุมมีมากกว่า 1,500 แห่ง กระจายตัวอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ มีการใช้พลังงานประมาณ 1-2 % ของการใช้พลังงานรวมของประเทศ [2] น้ำแข็งสำหรับงานอุตสาหกรรม มี 4 ประเภทคือ (1) น้ำแข็งหลอด (Tube Ice) ลักษณะน้ำแข็งเป็นทรงกระบอกมีรูตรงกลาง นิยมนำไปบริโภคเป็นส่วนใหญ่ตามร้านค้า ร้านอาหาร ภัตตาคาร โรงแรม เพราะ มีความใส สะอาด หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ที่ต้องการความสะอาดค่อนข้างสูง (2) น้ำแข็งเกล็ดบาง (Scale Ice) ลักษณะน้ำแข็งเป็นเกล็ดแบน บาง มีสีขาวขุ่น เปราะ แตกหักง่าย ความหนาประมาณ 0.5 มม.จนถึง 2.5 มม. เนื่องจากเป็นน้ำแข็งอุณหภูมิต่ำจึงให้ความเย็นเร็วแก่ผลิตภัณฑ์ที่แช่หรือสัมผัสกับตัวน้ำแข็งซึ่งเหมาะกับอุตสาหกรรม supermarket และประมง นำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตไส้กรอกเพื่อรักษาอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ให้มีความสดอยู่ตลอดเวลาและเนื่องจากน้ำแข็งเกล็ดบาง จึงคลุกเค้าได้ดี ไม่ทำให้เครื่องผสมรับภาระหนักขณะทำงาน (3) น้ำแข็งซอง (Block Ice) น้ำแข็งมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งมีขนาดเล็ก-ใหญ่ต่างกันออกไปตามขนาดของซองที่ใช้ทำน้ำแข็งมีขนาดตั้งแต่ 25,50,150,170 กก./ซอง ส่วนใหญ่นำไปตัดแบ่งออกเป็นก้อนๆ ให้ง่ายในการขนส่งหรือนำไปย่อยด้วยเครื่องโม่ เพื่อให้น้ำแข็งมีขนาดเล็กและละเอียด ใช้งานง่าย สามารถนำไปใช้ได้กว้างขวางในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น ประมง แช่อาหารสดต่างๆ ก่อนนำไปเข้ากระบวนการอื่นๆ (4) น้ำแข็งแผ่น (Plate Ice) ลักษณะ

น้ำแข็งเป็นแผ่นๆ เล็กใหญ่ขนาดต่างกันไป มีความใสสะอาดและสามารถเลือกความหนาในการใช้งานได้ตั้งแต่ 3-12 มม. ซึ่งลักษณะน้ำแข็งที่แบนจึงมีพื้นถ่ายเทความเย็นในแก่ผลิตภัณฑ์สูง นิยมนำไปใช้ในหลายอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ขบวนการผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง โรงงานแปรรูปสัตว์ปีก การกักเก็บพลังงานในรูปน้ำแข็งหรือนำไปบดเพื่อการบริโภค

กลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็งเป็นกลุ่มโรงงานที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง โดยมาตรการอนุรักษ์พลังงานส่วนใหญ่ที่ดำเนินการนั้น เป็นเพียงมาตรการเกี่ยวกับด้านการบำรุงรักษาเบื้องต้น (House Keeping) ผลการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก โรงงานผลิตน้ำแข็งส่วนใหญ่ยังคงใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์เก่าๆ ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 15-20 ปี ซึ่งมีประสิทธิภาพในการผลิตต่ำทั้งในด้านของปริมาณการผลิตและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งต้นทุนในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำแข็งนั้น ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นต้นทุนหลักในการผลิต ผู้ประกอบการโรงงานผลิตน้ำแข็งยังขาดแรงจูงใจและข้อมูลในการประเมินความคุ้มค่าในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการใช้พลังงาน ทำให้ไม่สามารถแข่งขันกันในด้านการลดต้นทุนการผลิตได้ [3] หากมีแนวทางในการดำเนินมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการใช้พลังงานที่ชัดเจน จะสามารถผลักดันให้ผู้ประกอบการตัดสินใจดำเนินการปรับปรุง ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานในกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็งได้อย่างเป็นรูปธรรม

การศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงน้ำแข็ง จะแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้พลังงาน แนวโน้มการใช้พลังงานในอนาคตและแนวทางการในจัดการพลังงานทั้งของโรงงานน้ำแข็งเองและการกำกับ สนับสนุนส่งเสริมจากภาครัฐ เพื่อให้ระบบการจัดการพลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป ตามวัตถุประสงค์ของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) ที่มุ่งให้เกิดการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิต การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และทำให้การอนุรักษ์พลังงานเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม [4]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อรวบรวมข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบันของอุตสาหกรรมโรงงานผลิตน้ำแข็ง

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและแนวโน้มการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง

1.2.3 เพื่อให้ได้ข้อมูลเสริมประกอบการวางแผนการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็งในอนาคต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 สำรวจและรวบรวมข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง

1.3.2 ศึกษาการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง

1.3.3 หาค่าพลังงานจำเพาะ (SEC : Specific Energy Consumption) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาขั้นตอนการผลิตและการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

1.4.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

1.4.3 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.4 สำรวจและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง

1.4.5 วิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานย้อนหลัง 3 ปี และหาแนวโน้มการใช้พลังงาน

1.4.5.1 รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานจากกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม

1.4.5.2 วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Microsoft Excel

1.4.6 วิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC : Specific Energy Consumption) ของกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง

1.4.7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบพฤติกรรมการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงาน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5.2 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรงงานควบคุม

โรงงานอุตสาหกรรมที่ถูกจัดเป็นโรงงานควบคุมของกระทรวงพลังงานตามพระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540 ซึ่งมีผลบังคับใช้กับโรงงานควบคุมที่มีขนาด 10,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป ตั้งแต่วันที่ 17 กรกฎาคม 2540 โดยเจ้าของอาคารและโรงงานควบคุมมีหน้าที่ที่จะต้องปฏิบัติตามที่กฎหมายกำหนด [5] และต่อมาได้มีการปรับปรุงรูปแบบการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมจากดำเนินการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานและการกำหนดเป้าหมายและแผนด้านการอนุรักษ์พลังงานเป็นการให้ดำเนินการจัดการพลังงาน ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550)

พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540 ได้กำหนดให้โรงงานที่มีลักษณะเป็นโรงงานเดียวหรือหลายโรงงานภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 2,000 กิโลวัตต์ หรือตั้งแต่ 1,175 กิโลโวลท์แอมแปร์ แต่ไม่ถึง 2,350 กิโลโวลท์แอมแปร์ หรือโรงงานที่มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลแต่ไม่ถึง 40 ล้านเมกะจูล [6]

2.2 ระบบการจัดการพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) คือการประยุกต์ใช้ระบบการจัดการข้อมูลที่ทันสมัยโดยจะรวบรวมข้อมูลต่างๆ ซึ่งจะช่วยในการบริหารการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงาน ระบบการจัดการพลังงานประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ การวัด การจัดการข้อมูล และการควบคุม

การใช้งานระบบการจัดการพลังงาน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับทุกส่วนที่มีการใช้พลังงาน เช่น ภาคอุตสาหกรรมและภาคอาคารธุรกิจ โดยปัจจัยที่ทำให้ระบบการจัดการพลังงานสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิผล คือ ระบบการตรวจติดตามและการตั้งเป้าหมายที่จะต้องจัดเตรียมข้อมูลให้สัมพันธ์กับผู้ใช้ เพื่อให้เกิดความพร้อมของผู้ใช้ และทำให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจได้ง่าย เพื่อรักษาสมดุลระหว่างการผลิต การใช้พลังงาน และข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน

ระบบการจัดการพลังงานมีประโยชน์กับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- เจ้าของกิจการ โดยการใช้ระบบการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิผล ซึ่งจะสามารถทำกำไรให้กับธุรกิจได้เป็นอย่างมาก ซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 25 %

- ผู้บริหาร สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทันทีสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานของทั้งโรงงาน ซึ่งระบบการจัดการพลังงานจะเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันเตา อากาศอัด และน้ำทั้งหมดของโรงงาน

- ผู้ควบคุม ระบบการจัดการพลังงานจะแสดงแนวโน้มและรายงานต่างๆ ซึ่งออกแบบสำหรับการตรวจติดตามและวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง

- ผู้ปฏิบัติงาน ระบบการจัดการพลังงานจะลดเวลาในการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ช่วยแก้ปัญหาได้ทันที [7]

2.3 การบริหารจัดการพลังงาน

การบริหารจัดการพลังงาน หมายถึง การจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความต้องการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น หรือ ลดความสูญเสียด้านพลังงาน โดยการจัดการบริหารที่ดีนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน หรือต้นทุน รวมถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีแนวทางเบื้องต้น ดังนี้

(1) การลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น (Good Housekeeping) เช่น การตั้งอุณหภูมิควบคุมของห้องปรับอากาศให้เหมาะสม การปิดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งาน หรือการลดเวลาการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

(2) การลดความสูญเสีย (Losses) เช่น ความสูญเสียที่เกิดจากการจัดการไม่ดี การออกแบบไม่ดี หรือกรรมวิธีผลิตที่ไม่ดี มีขั้นตอนมากเกินไป ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

(3) การนำความสูญเสีย (Losses) กลับมาใช้งาน เช่น การนำก๊าซร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตกลับมาใช้ในการผลิตเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร

(4) การจัดการความต้องการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับภาระการทำงาน เช่น ในกรณีระบบพลังงานนั้นๆ ประกอบด้วยเครื่องจักรหลายๆ เครื่องจักร จะต้องเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องจักรให้ใกล้เคียงกับพิกัดติดตั้งเพื่อให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงสุด และลดการใช้เครื่องจักรที่ไม่มีภาระการบำรุงรักษาที่ดี ซึ่งจะมีผลทำให้เครื่องจักรมีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

การบริหารจัดการพลังงานเป็นวิธีการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพและผลการตอบแทนสูง และมีการลงทุนน้อยหรือไม่มีการลงทุน โดยเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมวิธีการคิด และวิธีการทำงานให้เหมาะสม รวมถึงการปลูกจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดขึ้นภายในองค์กร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.4 ประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency)

ประสิทธิภาพพลังงาน หมายถึง ความสามารถเชิงพลังงานในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ ออกมา วิเคราะห์ได้จากการประเมินโดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานแบบต่างๆ ซึ่งตัวชี้วัดส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสัดส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตในกระบวนการกับพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตก็ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการด้านพลังงาน ถ้าโรงงานมีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จะส่งผลให้โรงงานมีต้นทุนการผลิตต่ำลง

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในรายงานฉบับนี้ ได้แก่ ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC)

สำหรับในภาคอุตสาหกรรมนั้นค่าการใช้พลังงานจำเพาะเป็นดัชนีที่นิยมใช้เพื่อแสดงค่าประสิทธิภาพพลังงานเนื่องจากสามารถใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอดีตกับปัจจุบันได้ ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิต เช่น พลังงานไฟฟ้า (kWh) หรือพลังงานความร้อน (MJ) หารด้วยปริมาณผลผลิต เช่น ตันของผลิตภัณฑ์หรือจำนวนชิ้น เพื่อแสดงถึงปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อ 1 หน่วยผลผลิต สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$SEC = E/C$$

โดยที่ SEC คือ ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ

E คือ ปริมาณพลังงานที่โรงงานอุตสาหกรรมใช้ในช่วงเวลานั้นๆ

C คือ ปริมาณผลผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

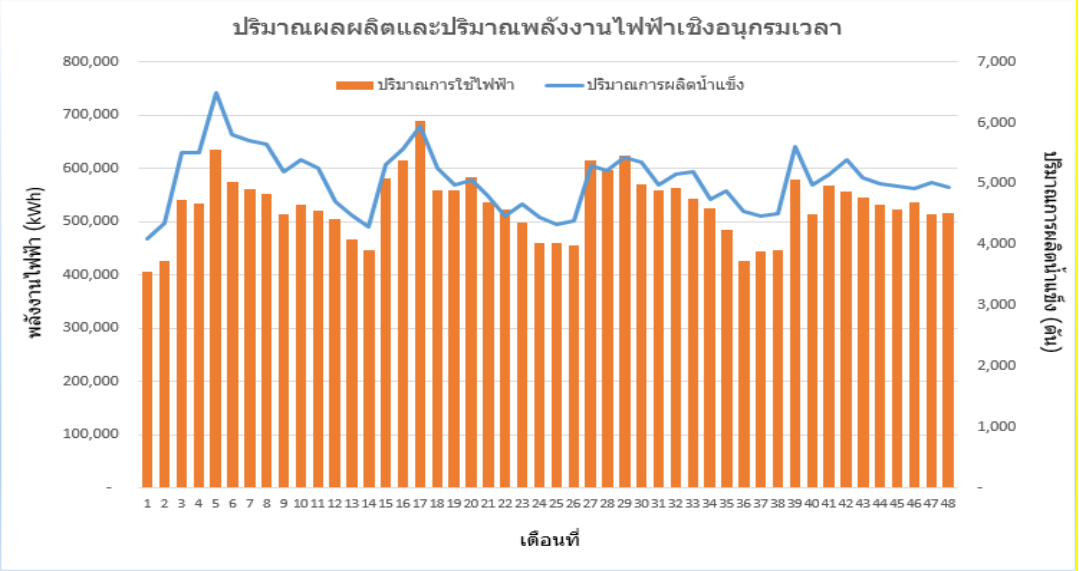
ค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะมีประโยชน์อย่างมากในการตรวจติดตามและควบคุมการใช้พลังงาน เพราะนอกจากค่าที่ได้นี้จะสามารถนำมาใช้ในการควบคุม และติดตามการใช้พลังงานแล้วยังสามารถสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากอดีตจนถึงปัจจุบันว่ามีการพัฒนาดีขึ้นหรือลดลง ข้อดีที่สำคัญของตัวชี้วัดรูปแบบนี้คือสามารถชี้วัดในประเด็นที่ต้องการศึกษาโดยเฉพาะได้ นอกจากนี้ตัวชี้วัดดังกล่าวยังสามารถสื่อให้เห็นถึงแนวโน้มและความเป็นไปได้ในระยะยาวเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำนโยบายการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

2.5 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงาน

การใช้กราฟรูปแบบต่างๆ ในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลจะเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วในการประเมินผลจากข้อมูลวิธีการต่างๆ สามารถใช้ในการให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพพลังงานต่อเวลา และสามารถใช้ในการคาดการณ์แนวโน้มของการใช้พลังงานในอนาคตได้ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการนำเสนอข้อมูลแก่ทั้งผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานในหลายบริษัท

ข้อมูลแนวโน้มของการใช้พลังงานมักถูกนำเสนอในรูปแบบของกราฟเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทั้งหมดได้เห็นภาพอย่างชัดเจน ซึ่งจะกระตุ้นความสนใจและส่งผลถึงการประหยัดพลังงานได้

2.5.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิต



รูปที่ 2-1 ตัวอย่างกราฟอนุกรมเวลาแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิตในช่วง 48 เดือน

จากรูปที่ 2-1 ตัวอย่างกราฟแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับปริมาณผลผลิตเป็นกราฟแสดงข้อมูลเชิงอนุกรมเวลา โดยทั่วไปนั้นข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานที่ได้ทำการรวบรวมมานั้นจะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบตารางซึ่งทำให้ยากแก่การทำความเข้าใจ ดังนั้น จึงต้องแปลงข้อมูลแบบตารางเป็นกราฟเชิงอนุกรมเวลา เพื่อให้เห็นข้อมูลได้ชัดเจนขึ้น กราฟเชิงอนุกรมเวลาแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาแต่กราฟเชิงอนุกรมเวลาไม่สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสองได้และยังไม่สามารถบอกถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานตัวอย่างว่าเป็นอย่างไรได้อีกด้วย จึงไม่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานได้

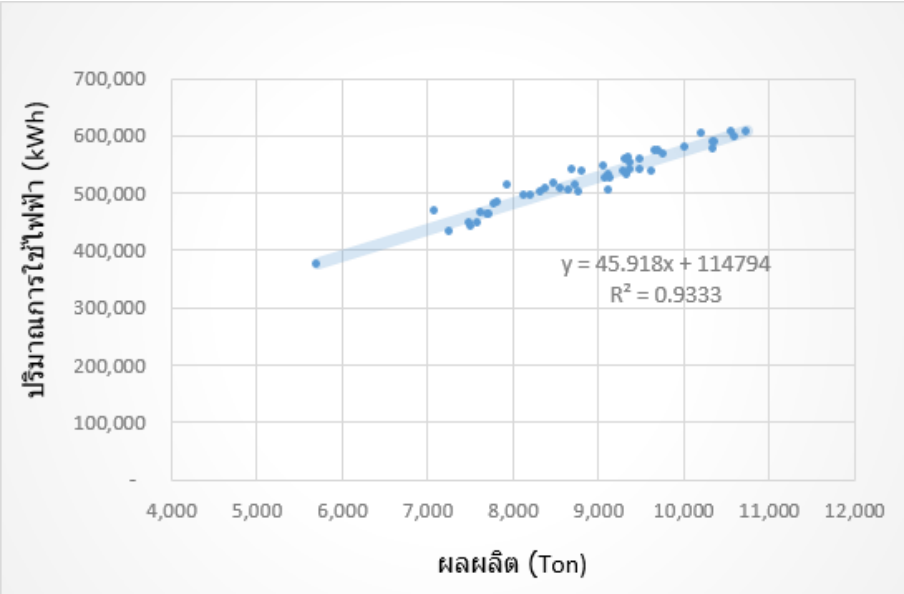
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.2 กราฟการกระจายตัวของข้อมูล (Scatter Plot)

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานต่างๆ สามารถทำได้โดยใช้กราฟที่เรียกว่ากราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูล (X-Y Scatter Diagram) โดยทั่วไปแล้วในกราฟการกระจายตัวนี้ตัวแปรหนึ่งจะแสดงอยู่บนแกน X และอีกตัวแปรหนึ่งจะแสดงอยู่บนแกน Y เราสามารถหาแนวโน้ม

การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้โดยลากเส้นตรงที่เป็นตัวแทนจุดต่างๆ บนกราฟ หรือใช้วิธีการทางสถิติที่เรียกว่าการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ได้

ข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้ไฟฟ้าสามารถนำมาพลอตลงบนกราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลเพื่อแสดงแนวโน้มของปริมาณการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณผลผลิต



รูปที่ 2-2 แสดงตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ (Scatter Plot)

2.5.3 การวิเคราะห์สมการถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ถ้าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมากแสดงว่าเมื่อตัวแปรอิสระ (X) มีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลกระทบต่อตัวแปรตาม (Y) เป็นอย่างมากเช่นกัน จากนั้นใช้ความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้มาพยากรณ์ค่าระหว่างค่าตัวแปรอิสระ (K) และตัวแปรตาม (Y) โดยเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ (Scatter Diagram) และวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลว่าจะมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณผลผลิตและการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตส่วนใหญ่ความสัมพันธ์จะเป็นลักษณะเส้นตรงซึ่งการถดถอยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย (Simple Linear Regression Analysis)
- การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุ (Multiple Regression Analysis)

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะจำกัดขอบเขตเฉพาะการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายเท่านั้นโดยกำหนดปริมาณการใช้พลังงานเป็นตัวแปร Y และปริมาณผลผลิตในแต่ละเดือนเป็นตัวแปรอิสระ X และสร้างกราฟความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

เมื่อได้ข้อมูลของตัวแปรทั้งสองแล้วจึงนำมาสร้างกราฟการกระจายตัว (XY Scatter) ของชุดข้อมูลแต่ละจุดเวลาโดยกำหนดให้แกน X เป็นปริมาณผลผลิตและแกน Y เป็นปริมาณพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลานั้นๆ จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปรในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์เชิงเส้น (Linear Regression) $Y = mX + C$ ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถนำมาวิเคราะห์และตีความได้ง่ายไม่ซับซ้อนโดยถ้าหากสมการมีความแม่นยำ (R^2) สูงก็สามารถนำไปใช้เป็นสมการตัวแทนเพื่อหาค่าพลังงานที่ต้องใช้ได้โดยที่ m เป็นค่าพลังงานในส่วนที่แปรผันตามปริมาณผลผลิต (Variable Energy) ส่วน C เป็นค่าพลังงานคงที่ (Fixed Energy) หรือค่าพลังงานที่ต้องใช้แม้ว่าจะไม่มีผลผลิตเกิดขึ้นก็ตาม และ R^2 เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแม่นยำและน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ในสมการ XY ว่าอยู่ในระดับใด โดยปกติจะมีค่า R^2 ระหว่าง 0-1 หาก R^2 ยิ่งมีค่ามากแสดงว่าข้อมูลด้านการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตมีความสัมพันธ์กันโดยค่า R^2 ที่ยอมรับได้สำหรับการใช้ประเมินผลเกี่ยวกับการวิเคราะห์พลังงานอยู่ที่ 0.75 ขึ้นไป

จากรูปที่ 2-2 ซึ่งเป็นกราฟการกระจายตัวระหว่างปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยมีสมการเส้นฐานคือ $Y = 45.918X + 114,794$ จากสมการนี้แสดงว่ามีค่าพลังงานที่แปรผันตามปริมาณผลผลิต (m) เท่ากับ 45.918 kWh มีค่าพลังงานคงที่ (C) เท่ากับ 114,794 kWh และมีค่า $R^2 = 0.9333$ แสดงว่าข้อมูลด้านการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด

2.6 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2559) [1] แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 ได้กำหนดเป้าหมายการลดความความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy Intensity ลง 30% ภายในปี 2579 โดยมีเป้าหมายในกลุ่ม 4 กลุ่มเศรษฐกิจหลัก คือ (1) ภาคอุตสาหกรรม (2) อาคารขนาดใหญ่ (3) อาคารขนาดเล็กและบ้าน (4) ภาคขนส่ง โดยในภาคอุตสาหกรรม มีมาตรการการจัดการพลังงานโรงงานและอาคารควบคุม กำกับดูแลให้ระบบจัดการพลังงานเป็นไปตามมาตรฐาน พัฒนาระบบติดตามมีฐานข้อมูลและดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (SEC benchmarks)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2556) [2] ผลการศึกษาจากรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสาธิตการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมประเภทอาหาร กลุ่มโรงน้ำแข็ง พบว่าโรงน้ำแข็งเป็นโรงงานควบคุมที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูงเนื่องจากใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์เก่าๆ ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทน

และอนุรักษ์พลังงานจึงมีแนวคิดในการส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมโรงน้ำแข็งเพื่อลดการใช้พลังงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต และการเปลี่ยนเครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง

ภูวนาถ กาบคำ (2547) [8] ได้ศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตน้ำแข็งหลอด โดยทำการศึกษาภาระความเย็นและอัตราการผลิตน้ำแข็งเมื่อเทียบกับเวลาของกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอด พบว่าโดยทั่วไปแล้วภาระความเย็นจะส่งผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานของระบบทำความเย็น ดังนั้นวิธีการพ่นแต่งผิวด้วยลูกปรายที่บริเวณผิวท่อด้านนอกของเครื่องระเหยในกระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอดจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

ดำรงวิทย์ ทองดีนอก (2547) [9] การปรับปรุงการทำงานของโรงงานน้ำแข็งมีผลต่อประสิทธิภาพของโรงน้ำแข็งโดยรวมทั้งต้นทุนการผลิตและต้นทุนพลังงาน มีแนวทางคือ (1) ปรับปรุงการทำความสะอาดเครื่องควบแน่นที่มีอายุการใช้งานนาน (2) ปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นเครื่องควบแน่นโดยการกั้นบ่อน้ำให้แยกออกจากทางระบายน้ำตามธรรมชาติและเติมสารป้องกันการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กลงไป (3) พิจารณาการใช้เครื่องควบแน่นแบบระเหย (Evaporative Condenser) ที่เป็นระบบปิดซึ่งมีขนาดเล็ก ประหยัดเนื้อที่และการควบคุมการทำงานที่ง่าย

ธิติมา เลิศปิยะ (2548) [10] ได้วิเคราะห์สมรรถนะของระบบในกรณีที่ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาแบบ TOD เปรียบเทียบกับกรณีที่ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาแบบ TOU เมื่อใช้สมรรถนะการผลิตและลักษณะความต้องการน้ำแข็งเดียวกัน ทั้งสองวิธีใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำแข็งใกล้เคียงกัน แต่ต้นทุนค่าไฟฟ้าระบบควบคุมการเดินเครื่องคอมเพรสเซอร์สำหรับโรงงานน้ำแข็งที่ใช้อัตราไฟฟ้าแบบ TOU มากกว่า เนื่องจากการคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU มีอัตราการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตราคือในช่วง On-Peak และช่วงเวลา Off-Peak แต่สำหรับโรงงานที่ใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOD จะทำการปิดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงเวลา On-Peak ซึ่งเป็นการลดต้นค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วงค่าไฟแพง ทำให้ต้นทุนในการผลิตน้ำแข็งมีค่าน้อยกว่า

จิราพร อัตตะสาระ (2558) [11] รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตยางรถยนต์และพฤติกรรมการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละกระบวนการ โดยใช้สมการเชิงเส้นแบบง่ายในการวิเคราะห์ ในส่วนของการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) พบว่าช่วงค่า SEC ของแต่ละกระบวนการต่างกันและตรวจติดตามพลังงานโดยใช้กราฟ CUSUM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทำให้สามารถบอกได้ว่าขั้นตอนต่างๆ ในการผลิต เกิดการสูญเสียหรือประหยัดพลังงาน ทำให้โรงงานสามารถกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน และจัดทำแผนประหยัดพลังงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากรายงานการจัดการพลังงานของโรงงานน้ำแข็ง เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงน้ำแข็งในประเทศไทย ปี 2558 – 2561 รวมทั้งสิ้น 48 เดือน จากกลุ่มตัวอย่างโรงงานควบคุม 20 แห่ง ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงงานน้ำแข็ง

3.1.1 ข้อมูลโรงงานน้ำแข็งจากฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ณ ปี 2562 ประเภทโรงงานหลัก 01400 ลำดับที่ 14 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ การทำน้ำแข็ง หรือ ตัด ซอย บด หรือย่อยน้ำแข็ง เป็นโรงงานที่ต้องขึ้นทะเบียนตาม พระราชบัญญัติโรงงาน มีจำนวน 1,848 แห่ง [12]

3.1.2 ข้อมูลโรงงานน้ำแข็งจากฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ปี 2558-2561 เป็นโรงงานควบคุม TSIC ID 10795 การผลิตน้ำแข็งเพื่อการบริโภค มีจำนวนโรงน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม จำนวนประมาณ 160 แห่ง

โรงงานที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุม ตาม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550 นั้นคือ โรงงานที่มีการติดตั้งหม้อแปลงที่มีขนาด 1,175 kVA หรือ มีการใช้พลังงานรวมมากกว่า 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป ซึ่งโดยทั่วไปคือโรงงานขนาดใหญ่และมีการใช้พลังงานสูงนั่นเอง จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าจำนวนโรงงานน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม คิดเป็นร้อยละ 8.5 ของโรงงานผลิตน้ำแข็งทั้งหมดทั่วประเทศ (เมื่อเทียบกับจำนวนโรงงานน้ำแข็งทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม)

3.1.3 ข้อมูลกระบวนการผลิต รูปแบบของระบบทำความเย็น การใช้เครื่องจักรผลิตน้ำแข็ง และกระบวนการเก็บรักษา

3.2 รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของกลุ่มตัวอย่างโรงงานน้ำแข็ง

ข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ เป็นข้อมูลผลผลิตน้ำแข็ง หน่วยเป็นตัน ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็นหน่วยไฟฟ้า หรือ kWh จากฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงาน ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้จากการส่งรายงานการจัดการพลังงานของโรงงาน โดยมีข้อมูลจากโรงงานน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุมจำนวน 80 แห่ง ซึ่งมีการส่งรายงานการจัดการพลังงานมาในระหว่าง

ปี 2558 – 2561 และคัดเลือกมาจำนวน 20 แห่ง เป็นกลุ่มตัวอย่างของโรงงานน้ำแข็งซองและโรงงานน้ำแข็งหลอด ที่มีข้อมูลครบถ้วน เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมและประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตรายเดือน

3.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานน้ำแข็งตัวอย่าง

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้ข้อมูลการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานน้ำแข็งตัวอย่างจำนวน 20 แห่ง เพื่อเป็นตัวแทนการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมในช่วง ปี 2558-2561 รวม 48 เดือน โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น

3.3.1 การวิเคราะห์กระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control; SPC)

เป็นเทคนิคที่โรงงานอุตสาหกรรมนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายโดยใช้แนวคิดการเปลี่ยนข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพลังงาน เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ รายเดือน ตลอดจนปริมาณผลผลิตรายเดือน จากข้อมูลเชิงตัวเลขที่อยู่ในรูปแบบตารางข้อมูลต่างๆ ให้เป็นข้อมูลเชิงรูปภาพ เช่น เป็นกราฟในรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการมองเห็นข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบ (Relative) ได้ง่ายและชัดเจน เครื่องมือเบื่องต้นด้าน SPC ประกอบด้วย [13]

3.3.1.1 กราฟการกระจายตัวของข้อมูล (Scatter plot)

3.3.1.2 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis)

3.3.1.3 กราฟ DIFF และ CUSUM (DIFF and CUSUM Chart)

[12] การวิเคราะห์การใช้พลังงานสามารถนำการวิเคราะห์กระบวนการเชิงสถิติมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษารูปแบบการใช้พลังงานภายในโรงงาน ซึ่งการวิเคราะห์จะต้องมีการจัดทำข้อมูลอ้างอิงด้านพลังงาน (Energy Baseline) เป็นหลักอ้างอิง เพื่อใช้เปรียบเทียบสมรรถนะด้านพลังงานระหว่างช่วงเวลาอดีต ปัจจุบันและอนาคต เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ช่วยให้โรงงานประเมินได้ว่าการใช้พลังงานของโรงงานจะมีแนวโน้มไปในทิศทางใด และยังสามารถบอกถึงศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตได้

การทดสอบสมการฐานด้านพลังงาน (Energy Baseline Equation) สมการที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) จะต้องผ่านการทดสอบความเหมาะสมทางสถิติมาตรฐานสากล Internal Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) ที่กำหนดให้สมการที่เหมาะสมที่จะถูกใช้เป็นสมการ Baseline ต้องมีค่าความสัมพันธ์ R^2 ไม่ต่ำกว่า 0.75 เพื่อทำการพยากรณ์การผลิตและการใช้พลังงานจากสมการ Baseline ได้

0.85-1.00 มีความสัมพันธ์มากที่สุด

0.76-0.84 มีความสัมพันธ์มาก

0.51-0.75 มีความสัมพันธ์น้อย

0.00-0.50 มีความสัมพันธ์น้อยมาก

โดยค่าความสัมพันธ์ (R^2) สูง ไม่ได้หมายถึงความสามารถในการประหยัดพลังงานที่มาก แต่หมายถึงการใช้พลังงานมีความสัมพันธ์กับการผลิต

3.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลา

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอนุกรมเวลานั้นจะช่วยวิเคราะห์ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปของพลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตที่มีพฤติกรรมเปลี่ยนไปตามเวลา เช่น สามารถบอกได้ถึงปริมาณการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ซึ่งมีปัจจัยภายนอกเช่น อุณหภูมิ เป็นต้น การวิเคราะห์ในเชิงอนุกรมเวลายังสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ลดลงเมื่อเครื่องจักรมีอายุมากขึ้น หรือประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้น เมื่อมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต หรือการเปลี่ยนเครื่องจักร อุปกรณ์ ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

3.3.3 การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ของกลุ่มโรงงานน้ำแข็ง

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) เป็นค่าที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และยังสามารถแสดงถึงต้นทุนทางด้านพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมได้ โดยทั่วไปค่า SEC สามารถคำนวณได้จากปริมาณพลังงานที่โรงงานใช้ในช่วงเวลานั้น ต่อปริมาณผลผลิตทั้งหมดในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งการใช้ค่า SEC สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้นมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์อยู่บ้าง กล่าวคือในกรณีที่โรงงานมีผลผลิตหลายชนิดวิธีที่ให้ได้ค่า SEC ที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากที่สุด คือ การวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลที่แท้จริงจากการตรวจวัดโรงงาน เนื่องจากจะสามารถแยกแยะการใช้พลังงานแต่ละชนิดตามประเภทของผลผลิตนั้นๆ ได้จริง หากนำข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมไว้ อาจทำให้การจำแนกการใช้พลังงานพลังงานทำได้ค่อนข้างยาก

ค่า SEC จะขึ้นกับปัจจัย 3 ตัวด้วยกัน คือ ชนิดของผลผลิต ชนิดของกระบวนการผลิต ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตและชนิดของผลผลิต และประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต อาจจะเป็นไปได้ที่จะแยก SEC ตามกระบวนการผลิตที่ใช้และประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆ โดยทั่วไปการพิจารณาค่า SEC อาจทำได้ 2 แบบ คือ เปรียบเทียบกับค่า SEC ปัจจุบันของกระบวนการผลิตหรือเปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุด การเปรียบเทียบค่า SEC สามารถกระทำได้ทั้งในเชิงเดี่ยว (โรงงานแต่ละแห่ง) เพื่อติดตามพฤติกรรม

การใช้พลังงานของโรงงานนั้นๆ ในแต่ละช่วงเวลา หรือในเชิงกลุ่มสำหรับแต่ละโรงงานในกลุ่มซึ่งมีกิจกรรมการใช้พลังงานและผลผลิตคล้ายกัน

สำหรับการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ ในกลุ่มโรงงานน้ำแข็งหลอดและโรงงานน้ำแข็งซอง วิธีการคำนวณ SEC จะนำข้อมูล 2 ส่วนมาคำนวณ ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์ในระบบทำความเย็นใช้ต่อชั่วโมง หน่วย (kWh) และข้อมูลผลผลิต โดยโรงงานน้ำแข็งหลอด และน้ำแข็งซองจะเป็นน้ำหนักของน้ำแข็งที่ผลิตได้ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลต่อรอบการทำงานหรือต่อชั่วโมงหรือต่อเดือน ดังนั้นหน่วยของค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ของโรงงานน้ำแข็ง จะมีหน่วยเป็นหน่วยไฟฟ้า/ตัน (kWh/ton)

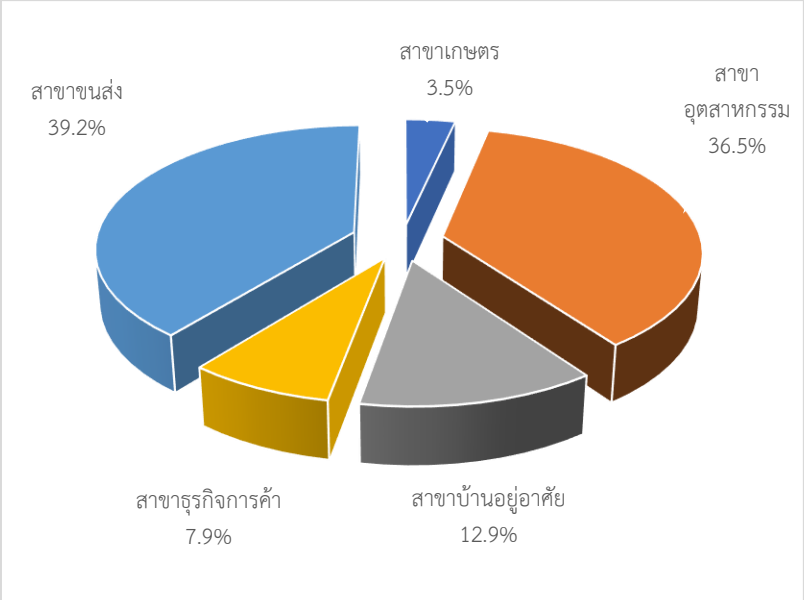
โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh) ปริมาณผลผลิต (ตัน) และค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (kWh/ตัน) สามารถนำมาสร้างความสัมพันธ์ได้หลายรูปแบบ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้ากับปริมาณผลผลิต หรือค่า SEC กับปริมาณผลผลิตเป็นต้น ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำมาหาสมการความสัมพันธ์ของปริมาณผลผลิตและการใช้พลังงาน หรือสามารถ base line ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 สถานการณ์การใช้พลังงาน

ในอดีตที่ผ่านมาประเทศไทยมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจอยู่หลายครั้ง เริ่มจาก “ประเทศไทย 1.0” ที่เน้นภาคการเกษตรไปสู่ “ประเทศไทย 2.0” ที่เน้นอุตสาหกรรมเบา และก้าวสู่ “ประเทศไทย 3.0” ที่เน้นอุตสาหกรรมหนัก และปัจจุบันเข้าสู่ยุค “ประเทศไทย 4.0” ซึ่งเป็นโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายแยกตามสาขาเศรษฐกิจ ในปี 2562 พบว่าปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการใช้พลังงานสูง คิดเป็นสัดส่วน 36.5% ของใช้พลังงานทั้งหมดทุกสาขาเศรษฐกิจ ดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายแยกตามสาขาเศรษฐกิจ ปี 2562

4.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงงานน้ำแข็ง

น้ำแข็งเข้ามามีบทบาทในประเทศไทยสมัยรัชกาลที่ 5 ซึ่งในขณะนั้นบุคคลชั้นสูงในราชสำนักและข่าวต่างประเทศที่มาอยู่ในประเทศไทย ซึ่งมีอากาศร้อนได้สั่งซื้อน้ำแข็งมาจากสิงคโปร์ ซึ่งเป็นอาณานิคมของอังกฤษที่ทำกิจการการค้าขายและผลิตที่ก้าวหน้าที่สุดในตอนนั้น น้ำแข็งก้อนได้นำเข้า

มาในประเทศไทยโดยการขนส่งทางเรือกลไฟ ซึ่งเดินทางระหว่างสิงคโปร์กับกรุงเทพฯ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเดินทางหลายวันจึงเก็บรักษาน้ำแข็งไว้ในขี้เลื่อย เป็นเหตุให้น้ำแข็งละลายไปมากจึงทำให้ต้องขายในราคาแพง จนเกินความสามารถของประชาชนในกรุงเทพมหานครจะซื้อมาบริโภคได้ นายเลิศเป็นคนแรกที่ก่อตั้งโรงงานผลิตน้ำแข็งขึ้นเป็นแห่งแรกในประเทศไทย ที่ริมคลองโอ่งอ่างเชิงสะพานเหล็กล่าง ตำบลสี่พระยา โดยใช้น้ำในคลองมาทำน้ำแข็ง หลังจากนั้นเศรษฐกิจของประเทศเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ ความต้องการน้ำแข็งทั้งเพื่อการอุปโภคและบริโภคจึงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง [14]

อุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็งเป็นส่วนหนึ่งของสาขาการผลิตในภาคอุตสาหกรรม โดยธุรกิจผู้ผลิตน้ำแข็งในประเทศไทย แบ่งได้ 2 ประเภท คือ ผลิตน้ำแข็งเพื่อการบริโภค และผลิตน้ำแข็งชนิดที่ไม่ใช้เพื่อการบริโภค และที่เกี่ยวกับการทำความเย็นยังมีอุตสาหกรรมห้องเย็นด้วย โดยธุรกิจน้ำแข็งมีผู้ประกอบการใหม่ๆ เข้ามาในธุรกิจอย่างต่อเนื่อง หลายโรงงานมีการเปิดดำเนินการมาเป็นระยะเวลานานหลายสิบปี

ผลิตภัณฑ์น้ำแข็งตามข้อมูล สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ISD 974-224-055-7 สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์น้ำแข็งในประเทศไทยออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ [15]

(1) น้ำแข็งหลอด เป็นน้ำแข็งที่มีลักษณะรูปทรงเป็นก้อนกระบอก มีรูบริเวณส่วนตรง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-5 เซนติเมตร ใช้เพื่อการบริโภค

(2) น้ำแข็งซอง (Block ice) เป็นก้อนทรงสี่เหลี่ยม ที่นิยมผลิตในประเทศไทยมีน้ำหนักประมาณ 150 กิโลกรัม มีความกว้าง 10 นิ้ว ความหนา 20 นิ้ว และสูง 50-60 นิ้ว ซึ่งความสูงขึ้นอยู่กับการเติมน้ำลงในซอง ใช้สำหรับการบริโภค อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ประมง รักษาความสดของอาหารก่อนกระบวนการแปรรูปและสามารถแปรรูปใช้งานเป็นน้ำแข็งป่นได้

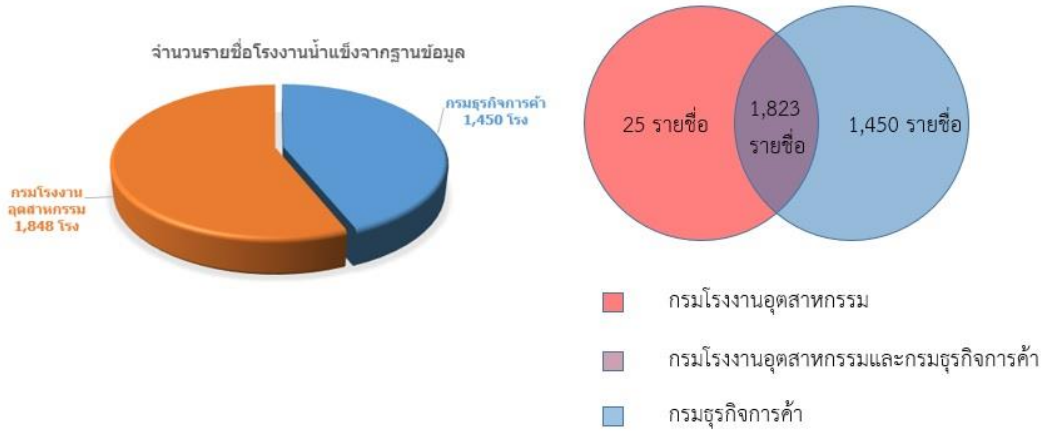
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความต้องการน้ำแข็งในปัจจุบันเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง น้ำแข็งที่ผลิต 2 ประเภทหลักมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ใช้บริโภคโดยการผสมในอาหารและเครื่องดื่ม

2. ใช้ลดอุณหภูมิวัตถุดิบและรักษาความสดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตอาหารหรือใช้ในระหว่างการผลิต

3. ใช้แช่อาหารสำเร็จและใช้หล่อเย็นเครื่องจักร



รูปที่ 4-2 แสดงจำนวนโรงงานผลิตน้ำแข็งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม [12]

ข้อมูลโรงงานน้ำแข็งจากฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 4-2 ณ ปี 2562 ประเภทโรงงานหลัก 01400 ลำดับที่ 14 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการทำน้ำแข็ง หรือ ตัด ซอย บด หรือย่อยน้ำแข็ง มีจำนวน 1,848 แห่ง ในขณะที่ข้อมูลโรงงานน้ำแข็งจากฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ปี 2558-2561 เป็นโรงงานควบคุม TSIC ID 10795 การผลิตน้ำแข็งเพื่อการบริโภค มีจำนวนโรงน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม จำนวนประมาณ 160 แห่ง

โรงงานที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550 นั้นคือ โรงงานที่มีการติดตั้งหม้อแปลงที่มีขนาด 1,175 kVA หรือ มีการใช้พลังงานรวมมากกว่า 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป ซึ่งโดยทั่วไปคือโรงงานขนาดใหญ่และมีการใช้พลังงานสูงนั่นเอง จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าจำนวนโรงงานน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม คิดเป็นร้อยละ 8.5 ของโรงงานผลิตน้ำแข็งทั้งหมดทั่วประเทศ (เมื่อเทียบกับจำนวนโรงงานน้ำแข็งทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม)

ข้อมูลโรงงานน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุมมีกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยสามารถแบ่งตามรายภาคได้ดังนี้

ตารางที่ 4-1 แสดงจำนวนโรงน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุมแยกตามรายภูมิภาค

ภาค	จำนวน (แห่ง)
กรุงเทพและปริมณฑล	31
ภาคเหนือ	8
ภาคใต้	40
ภาคกลาง	45
ภาคตะวันตก	6
ภาคตะวันออก	9
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	21
รวม	160

4.3 กระบวนการผลิตน้ำแข็ง

กระบวนการผลิตน้ำแข็ง เป็นกระบวนการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง สำหรับการผลิต น้ำแข็ง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

(1) น้ำแข็งซอง เป็นกระบวนการผลิตน้ำให้แข็งตัวเป็นก้อน ภายในบ่อน้ำเกลือ ซึ่งสารทำความเย็นจะทำการหล่อน้ำเกลือให้เย็นและกระจายความเย็นไปยังซองน้ำแข็ง ทำให้น้ำในซองแข็งตัวจนเต็มทั้งซอง จากนั้นจึงยกขึ้นถอดซองน้ำแข็งออก โดยการผลิตส่วนใหญ่จะเริ่มทำงานตั้งแต่ 02.00 น. จนถึง 18.00 น.

(2) น้ำแข็งหลอดหรือน้ำแข็งยูนิต เป็นกระบวนการผลิตน้ำแข็ง ภายในเครื่องผลิตน้ำแข็งหลอด ซึ่งเป็นระบบปิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-3 แสดงลักษณะของน้ำแข็งซอง

รูปที่ 4-4 แสดงลักษณะของน้ำแข็งหลอด

ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

(1) กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นการปรับปรุงน้ำดิบให้มีคุณภาพเทียบเท่าน้ำบริโภคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

(2) กระบวนการแช่น้ำแข็ง มี 2 ลักษณะ คือ

- น้ำแข็งซอง เป็นกระบวนการแช่น้ำให้แข็งในบ่อน้ำเกลือ ซึ่งมีสารทำความเย็นหล่อน้ำเกลือให้เย็นและกระจายความเย็นไปยังซองน้ำแข็ง ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ทำให้น้ำในซองแข็งตัวจนเต็มทั้งซองจึงยกขึ้นถอดซองน้ำแข็งออก โดยขนาดของน้ำแข็งจะมีน้ำหนักประมาณ 150 กิโลกรัม
- น้ำแข็งหลอด เป็นกระบวนการทำให้น้ำเป็นน้ำแข็งภายในเครื่องผลิตน้ำแข็งหลอดระบบปิด

(3) กระบวนการบรรจุและขนส่ง

- น้ำแข็งซอง ไม่มีการบรรจุ เพียงฉีดน้ำล้างทำความสะอาดภายนอก ตัดเป็นก้อนแล้วนำขึ้นรถขนส่ง บางครั้งจะมีการบด บรรจุกระสอบแล้วนำขึ้นรถขนส่ง

- น้ำแข็งหลอด มีการบรรจุในถุงพลาสติก ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม และบรรจุในกระสอบขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม หลังจากนั้นจัดเก็บแล้วนำขึ้นรถขนส่งเพื่อจำหน่ายต่อไป

การเก็บข้อมูลผลผลิต โดยโรงงานน้ำแข็งหลอด และน้ำแข็งซอง จะเป็นน้ำหนักของน้ำแข็งที่ผลิตได้ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลต่อรอบการทำงาน หรือต่อชั่วโมง หรือต่อวัน หรือต่อเดือน ซึ่งการคำนวณค่าพลังงานจำเพาะเทียบกับบิลค่าไฟฟ้า จะต้องใช้ข้อมูลการผลิตน้ำแข็งต่อเดือนมาทำการคำนวณ และกรณีที่เก็บข้อมูลจาก Sensor ซึ่งติดที่มิเตอร์น้ำป้อนเข้าถัง จะสามารถเห็นข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดได้

ก) เครื่องอัดน้ำยาซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแบบสกรู นิยมใช้เครื่องอัดน้ำยาแบบสกรูเนื่องจากราคาถูกกว่าแบบอื่นๆ

ข) ชุดระบายความร้อนเพื่อควบแน่นน้ำยานิยมใช้หอผึ่งน้ำที่ใช้น้ำกับอากาศระบายความร้อน ส่วนน้ำแข็งหลอดนิยมใช้ชุดระบายความร้อนแบบใช้น้ำระบายความร้อน

ค) น้ำยาทำความเย็นนิยมใช้แอมโมเนีย

ง) บ่อน้ำเกลือและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนระหว่างแอมโมเนียและน้ำเกลือ

รูปที่ 4-5 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งซอง [16]

4.4 รูปแบบของระบบทำความเย็นของโรงงานน้ำแข็งหลอดและโรงงานน้ำแข็งซอง

ระบบทำความเย็นส่วนใหญ่ที่ใช้งานในประเทศไทย แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้ [12]

(1) การทำความเย็นในกระบวนการผลิต

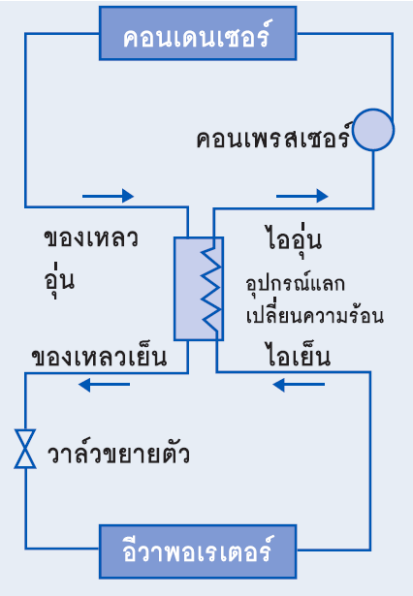
(2) การเก็บรักษาและการจำหน่ายอาหาร

(3) ระบบปรับอากาศ

แม้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้งานข้างต้นจะมีหลายรูปแบบแต่มีการทำงานภายใต้วัฏจักรทำความเย็นพื้นฐานเดียวกัน ระบบทำความเย็นส่วนใหญ่ได้รับการขับเคลื่อนโดยเครื่องจักรกลซึ่งจะทำการดูดและอัดไอสารทำความเย็นไปตามวงจรซึ่งได้รับการซีลไว้ ความร้อนถูกส่งถ่ายและปล่อยทิ้งโดยอาศัยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ระบบเหล่านี้ทำงานด้วยวัฏจักรที่เรียกว่า วัฏจักรอัดไอ (vapor-compression cycle)

โดยธรรมชาติแล้วความร้อนจะต้องถ่ายเทจากที่อุณหภูมิสูง ไปสู่ที่อุณหภูมิต่ำ ในระบบทำความเย็นนั้น จะต้องทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในทางตรงกันข้าม การจะทำให้บรรลุความต้องการดังกล่าวจะต้องใช้ตัวกลางที่เรียกว่าสารทำความเย็น ซึ่งจะทำการดูดกลืนความร้อนแล้วเกิดการเดือดหรือระเหยที่ความดันต่ำ ทำให้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอขึ้น ต่อจากนั้นไอดังกล่าวจะถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้น ซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย และจะถ่ายเทความร้อนที่ได้รับมาให้แก่อากาศรอบข้าง พร้อมกับการควบแน่นกลับคืนไปเป็นของเหลว เป็นผลให้เกิดการดูดกลืนหรือดึงความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำและถ่ายเทความร้อนไปสู่แหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า เพื่อช่วยให้ไอสารทำความเย็นสามารถควบแน่นได้ สารทำความเย็นจะต้องถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อน เครื่องจักรกลเพื่อทำงานนี้ เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ และโดยทั่วไปจะถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า[18] องค์ประกอบของระบบทำความเย็น โดยทั่วไปประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 4-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-6 การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นเหลว และไอสารทำความเย็นทางด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ [12]

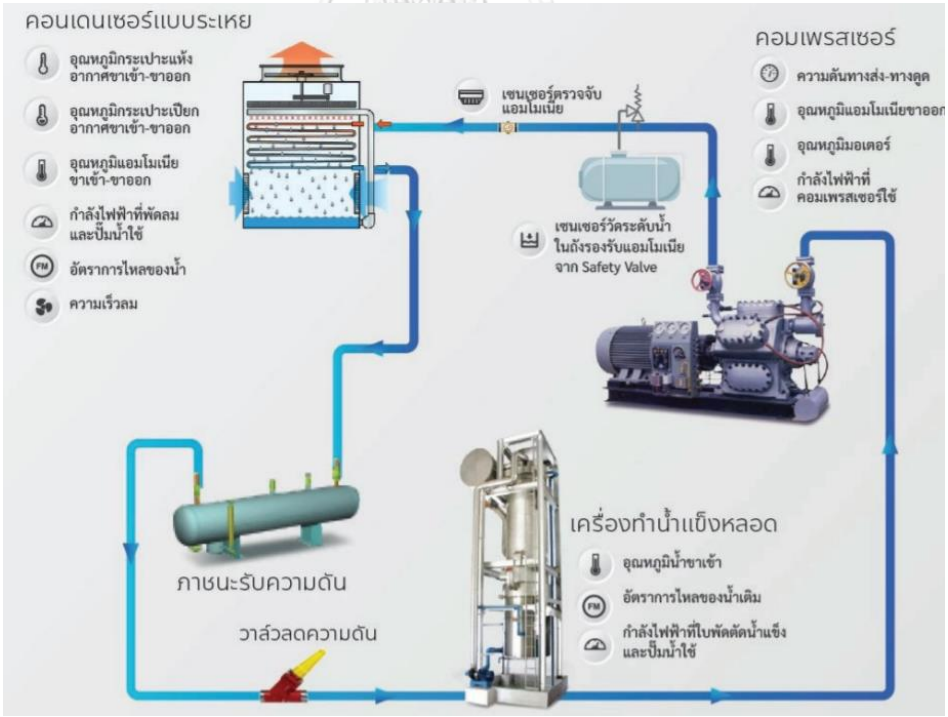
ส่วนประกอบหลักของวัฏจักรอัดไอ

- อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งได้รับการออกแบบให้ทำการดึงความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ หรือพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น การดึงความร้อนออกโดยตรงระหว่างผลิตภัณฑ์กับอีวาพอเรเตอร์ โดยปกติไม่สามารถจะกระทำได้ จึงมักจะต้องมีของไหลอื่นๆ ที่เหมาะสม เช่น อากาศ หรือสารทำความเย็นทุติยภูมิ เป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน
- คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นอุปกรณ์กลักที่ใช้ไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ระบบทำความเย็น ดังนั้นการเลือกใช้คอมเพลสเซอร์อย่างถูกต้องจึงมีผลกระทบสูงต่อการประหยัดพลังงานของระบบ สิ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นอยู่ที่ การเลือกให้ถูกต้องเหมาะสมกับภาระทำความเย็น
- คอนเดนเซอร์ (Condenser) คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งปกติจะมีโครงสร้างคล้ายอีวาพอเรเตอร์ การระบายความร้อนจากสารทำความเย็นจะใช้อากาศหรือน้ำที่ใช้กันแพร่หลายมีอยู่ 3 ชนิด ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ และชนิดระบายความร้อนโดยการระเหย

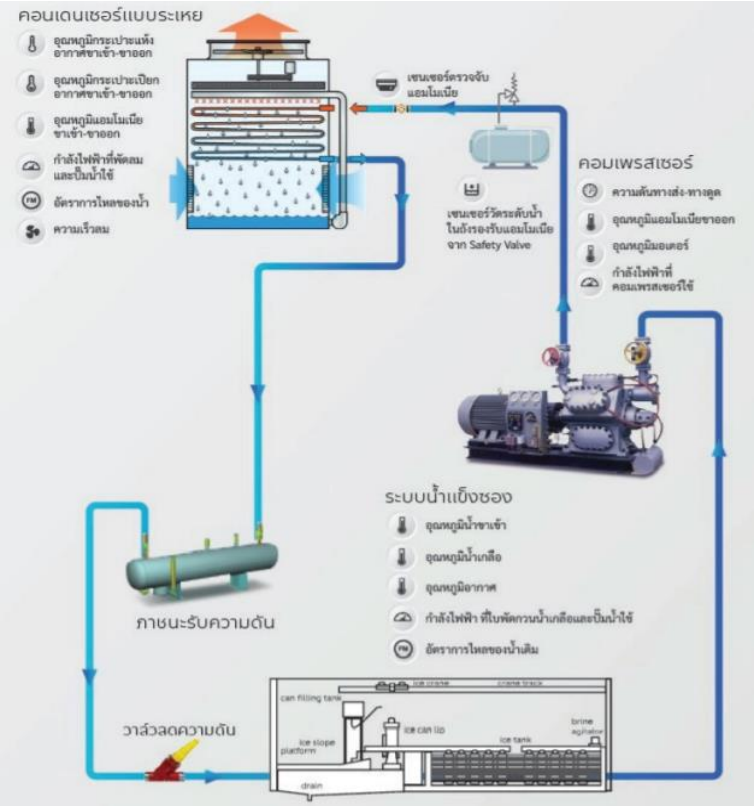
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- อุปกรณ์ขยายตัว (Expansion Device) มีหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจากคอนเดนเซอร์ไปเป็นความดันระเหย และควบคุมการไหลของสารทำความเย็นเหลวเข้าสู่อีวาพอเรเตอร์ เพื่อรักษาระดับสารทำความเย็นในเครื่องระเหยให้เพียงพอ
- สารทำความเย็น (Refrigerants) การเลือกสารทำความเย็นจะถูกกำหนดโดยความต้องการของอุณหภูมิของกระบวนการผลิตหรืออุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ สารทำความเย็นมีหลายชนิด แต่ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็งมีการนำแอมโมเนียไปใช้เป็นสารทำความเย็นอย่างกว้างขวาง เพราะเป็นสารทำความเย็นที่เชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพ แต่ด้วยความเป็นสารมีพิษและความสามารถติดไฟได้ ทำให้สารทำความเย็นตัวนี้มีการใช้งานที่ถูกจำกัดเฉพาะพื้นที่ที่มีการเข้าถึงเท่านั้น
- ฉนวน การหุ้มฉนวนที่มีของระบบท่อและอุปกรณ์ มีความสำคัญต่อการประหยัดพลังงานและความน่าเชื่อถือของระบบทำความเย็น

โดยทั่วไปรูปแบบของระบบทำความเย็นของโรงงานน้ำแข็งหลอดและโรงงานน้ำแข็งซองมี 2 รูปแบบหลักๆ คือ ระบายความร้อนแบบ Evaporative condenser และระบายความร้อนแบบ Cooling tower [19]

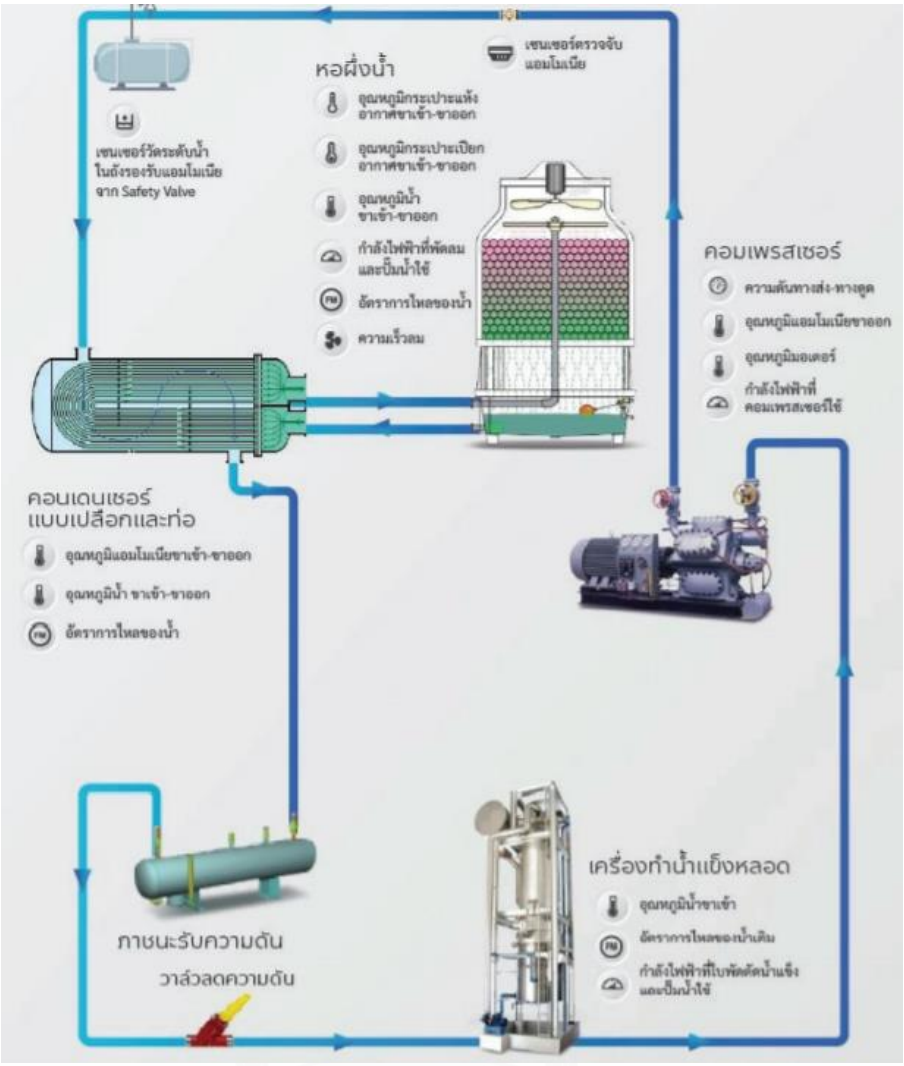


รูปที่ 4-7 การระบายความร้อนแบบ Evaporative condenser ของโรงงานน้ำแข็งหลอด [12]



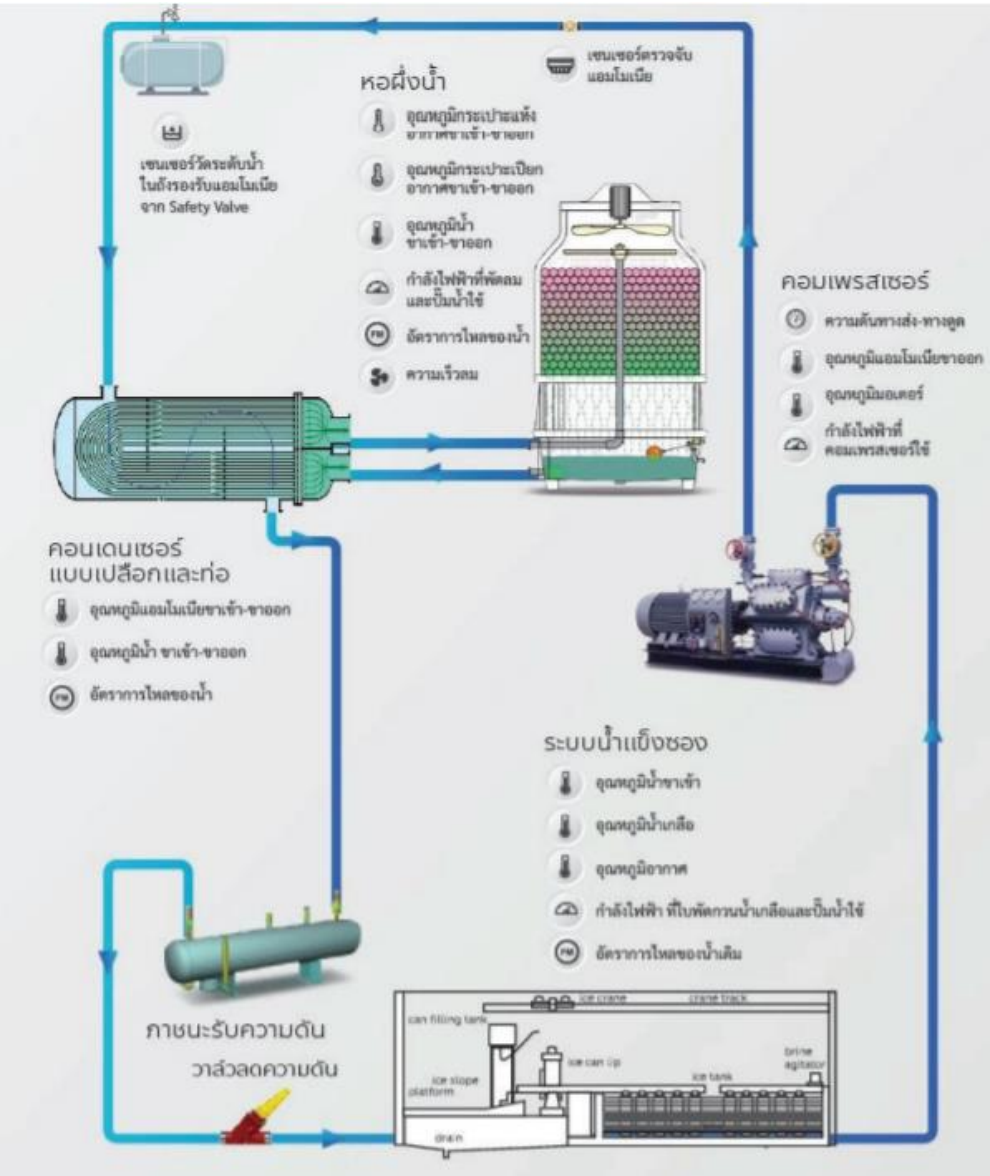
รูปที่ 4-8 การระบายความร้อนแบบ Evaporative condenser โรงงานน้ำแข็งซอง [12]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-9 การระบายความร้อนแบบ Cooling tower โรงงานน้ำแข็งหลอด [12]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-10 การระบายความร้อนแบบ Cooling tower ของโรงงานน้ำแข็งซอง [12]

4.5 ผลการรวบรวมข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานของกลุ่มโรงงานน้ำแข็ง (ปี 2558-2561)

จากการศึกษาข้อมูลจากฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน มีโรงงานน้ำแข็งที่ขึ้นทะเบียนในฐานข้อมูลทั้งหมดจำนวน 160 แห่ง ซึ่งตามกฎหมายต้องดำเนินการจัดการพลังงานและส่งรายงานการจัดการพลังงานให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานภายในสิ้นเดือนมีนาคมของทุกปี ในจำนวนนี้มีโรงน้ำแข็งประมาณ 80 แห่ง ที่ส่งรายงานการจัดการพลังงานเป็นบางปี เนื่องจากปัจจุบันบทกำหนดโทษยังไม่มีการบังคับใช้อย่างจริงจัง ทำให้ข้อมูลการใช้พลังงานและการผลิตของโรงงานน้ำแข็งไม่ต่อเนื่อง โดยในการศึกษาชิ้นนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกโรงงานน้ำแข็งจำนวน 20 แห่ง ที่มีการส่งรายงานการจัดการพลังงานครบถ้วนทุกปี ระหว่างปี

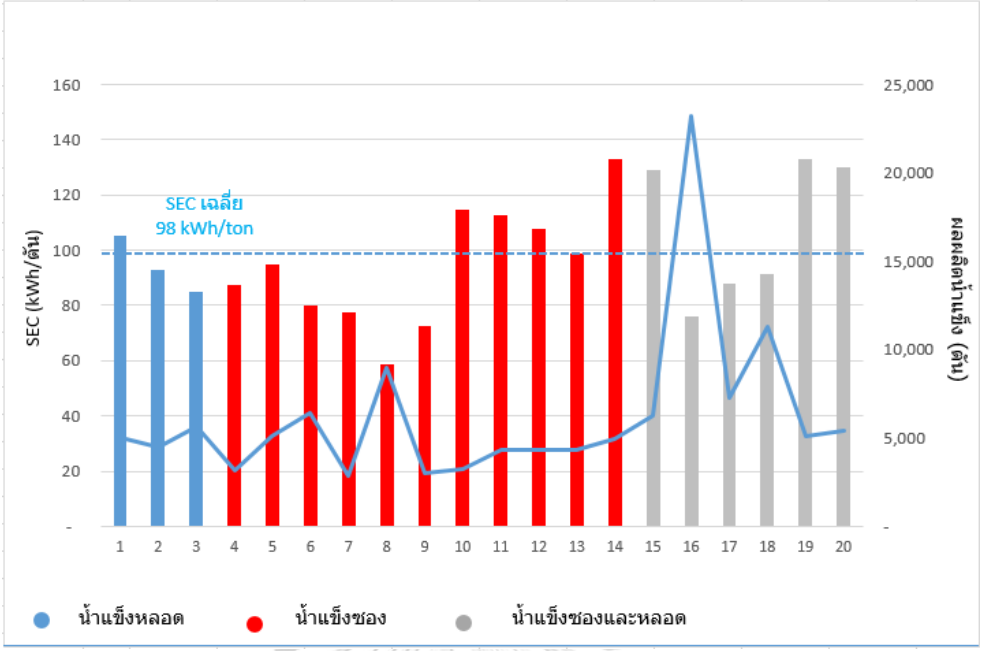
2558 – 2561 มาเป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมและประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตน้ำแข็ง

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานในภาพรวมของกลุ่มโรงงานน้ำแข็งแล้วพบว่าในแต่ละปีกลุ่มโรงงานน้ำแข็งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยมากกว่า 500 ล้านหน่วยต่อปี คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 2,000 ล้านบาท (สมมติฐานค่าไฟฟ้า หน่วยละ 4 บาท) โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อแห่งประมาณ 6.25 ล้านหน่วยต่อปี (GWh/ปี) คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ 25 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 2 ล้านบาทต่อเดือน สำหรับการผลิตนั้นโรงงานน้ำแข็งมีการผลิตตั้งแต่ 2,000 ถึง 20,000 ตันต่อเดือน

4.6 การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC : Specific Energy Consumption)

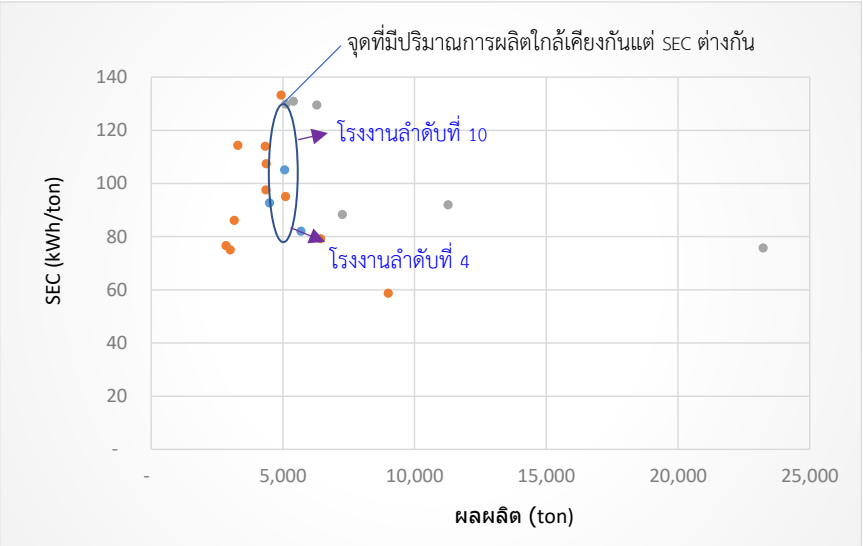
จากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโรงงานน้ำแข็ง ที่เป็นโรงงานควบคุม จำนวน 20 แห่ง ซึ่งได้แบ่งโรงงานน้ำแข็งออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะของผลผลิต คือ ผลิตน้ำแข็งหลอด 3 แห่ง (โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 -15) ผลิตน้ำแข็งซอง 11 แห่ง (โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 -15) และผลิตทั้งน้ำแข็งซองและน้ำแข็งหลอด 6 แห่ง (โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15 - 20) ที่มีการรายงานข้อมูลการใช้พลังงานและการผลิตครบถ้วน ระหว่างปี 2558 -2561 โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณผลผลิตมาวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดต่อหน่วยการผลิต ในที่นี้คือปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ต่อการผลิตน้ำแข็ง (ตัน) เพื่อแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตน้ำแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 4-11 โดยการประมวลผลข้อมูลในการศึกษานี้ได้คัดกรองข้อมูลด้วยหลักการของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยกรองข้อมูลที่มีค่าเกินกว่า 2 S.D. ซึ่งในทางสถิติข้อมูล 2 S.D. จะครอบคลุมข้อมูลอยู่ที่ 95.45% เมื่อการกระจายข้อมูลเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีประสิทธิภาพและมีความหมายมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-11 กราฟแท่งแสดงค่า SEC เฉลี่ยและผลผลิตเฉลี่ยของโรงงานผลิตน้ำแข็ง 20 แห่ง ในช่วงเวลา 48 เดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2561

จากรูปที่ 4-11 กราฟแท่งแสดงค่า SEC เฉลี่ยและผลผลิตเฉลี่ยของโรงงานน้ำแข็ง 20 แห่ง ในช่วงเวลา 48 เดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2558 – 2561 เมื่อมองภาพรวมของโรงงานน้ำแข็ง พบว่า ปริมาณการผลิตน้ำแข็งของโรงงานส่วนใหญ่ (จำนวน 17 โรงงาน) มีการผลิตน้ำแข็งอยู่ระหว่าง 3,000 – 7,000 ตันต่อเดือน และมีค่ากลาง (Median) อยู่ที่ประมาณ 5,000 ตันต่อเดือน โดยมีโรงงานจากกลุ่มตัวอย่างที่ผลิตน้ำแข็งในปริมาณสูงที่สุดอยู่ที่ประมาณ 23,000 ตันต่อเดือน ซึ่งผลิตทั้งน้ำแข็งซองและน้ำแข็งหลอด ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานเฉลี่ย หรือค่า SEC อยู่ระหว่าง 59 – 133 kWh/ตัน และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 98 kWh/ตัน เมื่อวิเคราะห์รายประเภทโรงงานน้ำแข็งพบว่า จากกลุ่มตัวอย่างโรงงานน้ำแข็งหลอดและโรงงานน้ำแข็งซองมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (SEC) เฉลี่ยเท่ากันที่ 94 kWh/ตัน ในขณะที่โรงงานที่ผลิตทั้งน้ำแข็งซองและน้ำแข็งหลอดมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 104 kWh/ตัน

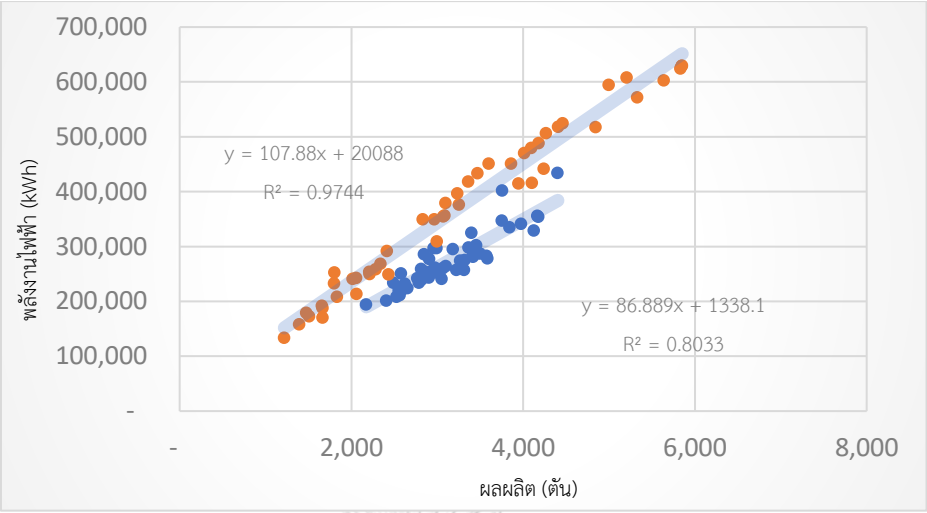


รูปที่ 4-12 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) เฉลี่ยกับผลผลิตเฉลี่ยของกลุ่มโรงงานน้ำแข็งตัวอย่าง (● น้ำแข็งหลอด ● น้ำแข็งซอง ● น้ำแข็งซองและหลอด)

เมื่อนำมาข้อมูลมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง SEC กับปริมาณการผลิตเฉลี่ยจะได้กราฟดังรูปที่ 4-12 ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์จะเห็นได้ว่า ถึงแม้โรงงานน้ำแข็งประเภทเดียวกันที่ผลิตน้ำแข็งปริมาณใกล้เคียงกัน แต่มีค่า SEC ที่แตกต่างกันมาก โดยถ้าเปรียบเทียบโรงงานน้ำแข็งที่มีการผลิตน้ำแข็งเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เช่น ในช่วงประมาณ 3,100 – 3,300 ตันต่อเดือน ค่า SEC จะอยู่ระหว่าง 87 และ 114 kWh/ตัน ตามลำดับ

จากการตรวจสอบข้อมูลพบว่าเป็น โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 และ 10 ซึ่งผลิตน้ำแข็งซองมีช่วงปริมาณการผลิตใกล้เคียงกัน คือโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 ผลิตน้ำแข็งซองปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 3,157 ตันต่อเดือน ค่า SEC เฉลี่ยเท่ากับ 87 kWh/ตัน และโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 ผลิตน้ำแข็งซองปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 3,284 ตันต่อเดือน ค่า SEC เฉลี่ยเท่ากับ 114 kWh/ตัน และพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันมาก ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 275,534 kWh และ 371,075 kWh ตามลำดับ

เมื่อนำเสนอในรูปกราฟการกระจายตัวของข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากับผลผลิตต่อเดือน ดังรูปที่ 4-13 สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 มีค่าต่ำกว่าของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 ตลอดทั้งช่วงของปริมาณการผลิต เมื่อพิจารณาในแนวตั้งที่ค่าปริมาณผลผลิตค่าเดียวกัน โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 จะใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า หรือเมื่อพิจารณาในแนวนอนที่ค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าค่าเดียวกัน โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 จะได้ปริมาณผลผลิตมากกว่า



รูปที่ 4-13 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากับผลผลิตของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 (●) และลำดับที่ 10 (●) ที่มีปริมาณการผลิตใกล้เคียงกัน

และเมื่อพิจารณาการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 และโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 ระหว่างปี พ.ศ. 2558 – 2561 จากรายงานการจัดการพลังงานพบว่าโรงงานทั้งสองมีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานดังแสดงในตารางที่ 4-2 และตารางที่ 4-3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 ปี พ.ศ. 2558 - 2561

ปี	กลุ่ม	มาตรการ	อุปกรณ์	จำนวน	ประหยัดไฟฟ้า(kWh)	ลงทุน (บาท)	จำนวนเงินที่ประหยัด (บาท)
2558	HK	ล้างแผ่นระบายความร้อน (Heat Exchanger) ของ Condenser	Condensor	2 ชุด	18,376.98	55,000.00	66,525.00
2559	HK	ล้างแผ่นระบายความร้อน (Heat Exchanger) ของ Condenser	Condensor	2 ชุด	33,682.41	36,900.00	91,256.00
2560	MC	เปลี่ยนคอมเพสเซอร์ประสิทธิภาพสูงทดแทนของเดิม	Compressor	1 ชุด	67,355.44	1,015,430.00	224,967.16
2561	HK	ล้างแผ่นระบายความร้อน (Heat Exchanger) ของ Condenser	Condensor	2 ชุด	84,799.84	133,500.00	212,347.20
		รวม			**204,214.67**	**1,240,830.00**	**595,095.36**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 ปี พ.ศ. 2558 – 2561

ปี	กลุ่ม	มาตรการ	อุปกรณ์	จำนวน	ประหยัดไฟฟ้า(kWh)	ลงทุน (บาท)	จำนวนเงินที่ประหยัด (บาท)
2558	HK	การปรับความตึงของสายพาน	มอเตอร์	6 เครื่อง	11,826.00	-	40,681.44
2560	HK	ลดการทำงานของคอมโดยการลดการใช้พลังงานก่อนน้ำแข็งใกล้ออก 1 ชั่วโมง	compressor	4 เครื่อง	157,696.00	-	521,973.76
2561	HK	การบำรุงรักษาเครื่องคอมเพรสเซอร์	compressor	4 เครื่อง	161,638.40	600,000.00	515,626.50
		รวม			**331,160.40**	**600,000.00**	**1,078,281.70**

ข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงานของโรงงานน้ำแข็งทั้ง 2 แห่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2558 – 2561 พบว่ามีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน สำหรับโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 มีการเปลี่ยนคอมเพรสเซอร์ประสิทธิภาพสูงทดแทนของเดิมจำนวน 1 ชุด ในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งทำให้โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 สามารถประหยัดไฟฟ้าได้ในภาพรวม 204,214.67 kWh ในระยะเวลา 4 ปี ใช้เงินลงทุนรวม 1,240,830 บาท และสำหรับโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 มีการเปลี่ยนมอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์สามารถประหยัดไฟฟ้าได้ในภาพรวม 331,160.40 kWh ในระยะเวลา 4 ปี โดยลงทุนรวม 600,000 บาท

เมื่อตรวจสอบรายละเอียดเพิ่มเติมจากรายงานการจัดการพลังงานของโรงงานน้ำแข็งทั้งสองแห่ง พบว่าตลอดระยะเวลา 4 ปี (พ.ศ. 2558 – 2561) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 เท่ากับ 3,306,418 kWh/ปี และผลิตน้ำแข็งได้เฉลี่ย 37,869 ตันต่อปี มีชั่วโมงการทำงาน 4,264 ชั่วโมงต่อปี ในขณะที่โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 4,452,908 kWh/ปี และผลิตน้ำแข็งได้เฉลี่ย 39,042 ตันต่อปี มีชั่วโมงการทำงาน 7,040 ชั่วโมงต่อปี รายละเอียดตามตารางที่ 4-4

เมื่อพิจารณาในกรณีที่โรงงานน้ำแข็งทั้งสองแห่งผลิตน้ำแข็งในปริมาณที่เท่ากัน (โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 ผลิตน้ำแข็งเท่ากับโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 ที่ 37,869 ตันต่อปี) โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 จะใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 ถึง 30.63% และเมื่อพิจารณาถึงชั่วโมงการทำงาน พบว่าโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 มีชั่วโมงการทำงานเพียง 4,264 ชั่วโมงต่อปี ในขณะที่โรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10 มีชั่วโมงการทำงาน 7,040 ชั่วโมงต่อปี ซึ่งมากกว่าโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 ถึง 65.10% แต่ผลิตน้ำแข็งได้ในปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีกว่าโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการผลิตเฉลี่ยรายปี และชั่วโมงการทำงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4 และ 10

	โรงงานผลิตน้ำแข็งลำดับที่ 4					โรงงานผลิตน้ำแข็งลำดับที่ 10				
ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง/ปี)	4,264					7,040				
ปี	2558	2559	2560	2561	เฉลี่ย	2558	2559	2560	2561	เฉลี่ย
ปริมาณการใช้พลังงาน (kWh)	3,350,672	3,606,000	3,252,000	3,017,000	3,306,418	5,149,342	4,823,490	3,869,260	3,969,540	4,452,908
ปริมาณการผลิตน้ำแข็ง (ตัน)	36,048	39,695	39,262	36,469	37,869	47,397	42,432	32,061	34,279	39,042
SEC (kWh/ตัน)	93	91	83	83	87	109	114	121	116	114

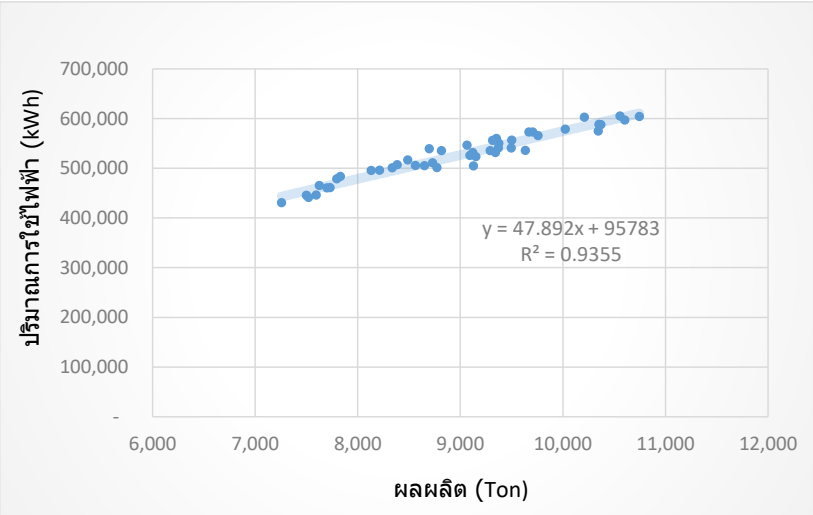
ถ้าโรงงานที่ 10 ผลิตในปริมาณที่เท่ากับโรงงานที่ 4	37,868.50	ตัน/ปี
จะใช้พลังงาน	4,319,037.62	kWh/ปี
จะใช้พลังงานสูงกว่า	30.63	%

การสรุปข้อมูลดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นจากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการผลิต รวมถึงมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีอยู่จากรายงานการจัดการพลังงานของทั้งสองโรงงาน เป็นข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานทั้งสองต่างกันถึงแม้จะมีการผลิตใกล้เคียงกัน เช่น จำนวน ขนาด กำลังผลิต และอายุการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมด เป็นต้น ทั้งนี้จำเป็นต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมจากโรงงานหรือต้องเข้าพบโรงงานเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงความแตกต่างที่ชัดเจนต่อไป

สำหรับโรงงานน้ำแข็งซองลำดับที่ 8 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงที่สุด ค่า SEC ต่ำที่สุด (ตามรูปกราฟแท่ง รูปที่ 4-11) โดยมีค่า SEC เฉลี่ยอยู่ที่ 59 kWh/ตัน เมื่อนำข้อมูลมาพล็อตกราฟการกระจายตัวของข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากับผลผลิตและกราฟการกระจายตัวของข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) กับผลผลิต และวิเคราะห์การถดถอย ดังรูปที่ 4-14 และ 4-15 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4-14 เมื่อพิจารณาจากสมการถดถอยเชิงเส้น ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้กับผลผลิตน้ำแข็งที่ผลิตได้ของโรงงานผลิตน้ำแข็งซองลำดับที่ 8 พบว่าการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตามปริมาณการผลิตและเป็นไปตามความสัมพันธ์เชิงเส้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-14 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากับผลผลิต
ของโรงงานน้ำแข็งซองลำดับที่ 8

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้นจากความสัมพันธ์

$Y = mX + C$

เมื่อ

Y = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละเดือน (kWh)

X = ปริมาณผลผลิตน้ำแข็งในแต่ละเดือน (ตัน) เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงาน (Y)

C = ค่าคงที่ (จุดตัดแกน Y เมื่อ X = 0)

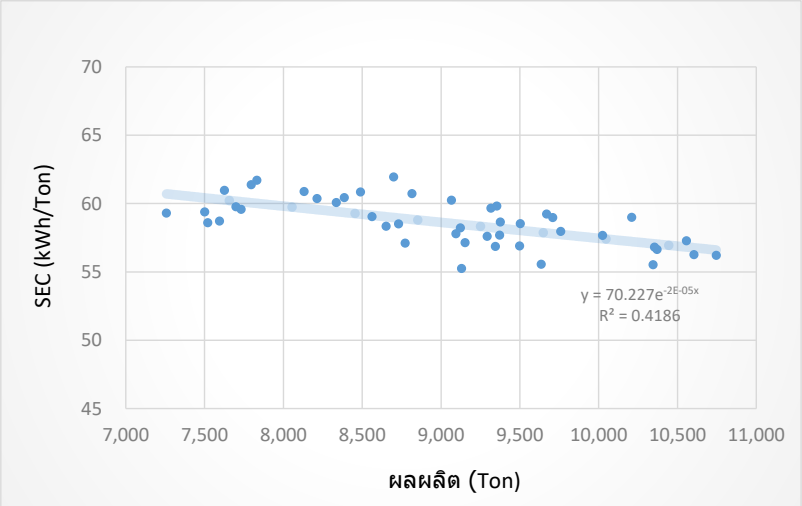
จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นดังนี้ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) = (47.892 x ปริมาณผลผลิต (ตัน)) + 95,783 โดยจะเห็นได้ชัดว่าข้อมูลมีการกระจายใกล้ๆ เส้นฐาน จึงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสูง ค่า R^2 เท่ากับ 0.9355

สมการดังกล่าวจะมีค่าคงที่ C อยู่ที่ 95,783 kWh ซึ่งค่า C คือค่าพลังงานคงที่ (Fixed Energy) หรือจุดตัดบนแกน Y เมื่อ X = 0 หรืออีกนัยหนึ่งก็คือพลังงานที่จำเป็นต้องใช้แม้ไม่มีการผลิตเกิดขึ้น เช่น การใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง ระบบใบพัดหมุนเวียนน้ำเกลือ หรือกรณีที่มีห้องเย็นเก็บน้ำแข็งที่ต้องเดินเครื่องตลอดเวลา เป็นต้น ซึ่งเป็นพลังงานฐาน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนที่ 809,917 kWh ดังรายละเอียดตามตารางแสดงผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 8 ปี 2561 ในภาคผนวก ง. คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 11.86% ในที่นี้ถือว่าค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งในแต่ละเดือน และจากความสัมพันธ์เชิงเส้นดังกล่าว ในสมการ $Y = mX + C$ ถ้าหารด้วยค่า X ทุกเทอม จะได้ค่า SEC ซึ่งคือ

ค่า Y/X หรือพลังงานที่ใช้ไปต่อหน่วยผลิตนั่นเอง ในที่นี้คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) ต่อปริมาณน้ำแข็งที่ผลิตได้ (ตัน)

ดังแสดงได้ตามสมการ $SEC = Y/X = m + C/X$

เมื่อนำค่า SEC ในแต่ละเดือนมาสร้างกราฟความสัมพันธ์เทียบกับปริมาณผลผลิตของเดือนนั้นๆ จะได้กราฟในรูปที่ 4-15 โดยเมื่ออ้างอิงจากสมการ $SEC = m + C/X$ เมื่อปริมาณการผลิต (X) เพิ่มขึ้น ค่า SEC จะลดลง ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง SEC กับผลผลิตข้างต้น ก็แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มลักษณะเดียวกันที่เมื่อมีการผลิตน้ำแข็งเพิ่มมากขึ้น ค่า SEC จะมีค่าลดลง



รูปที่ 4-15 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) กับผลผลิตของโรงงานน้ำแข็งซอง ลำดับที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การที่ค่า SEC ลดลงเมื่อการผลิตน้ำแข็งมากขึ้น ดังแสดงให้เห็นจากกราฟรูปที่ 4-15 โดยช่วงที่มีการผลิตน้ำแข็งน้อยหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ค่า SEC จะอยู่ที่ประมาณมากกว่า 60 kWh/ตัน ในขณะที่ช่วงที่มีการผลิตน้ำแข็งมากหรือสูงกว่าค่าเฉลี่ย ค่า SEC จะอยู่ต่ำกว่า 60 kWh/ตัน เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการผลิตมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่คงที่ไม่ขึ้นกับปริมาณการผลิต และส่วนที่แปรผันตามปริมาณการผลิต ดังนั้น เมื่อปริมาณการผลิตน้ำแข็งเพิ่มขึ้นทำให้การใช้พลังงานต่อตันน้ำแข็งลดลง และทำให้ SEC ลดลง อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าในบางช่วงที่มีผลผลิตใกล้เคียงกันแต่ SEC แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อกระบวนการผลิตและที่มีผลต่อการใช้พลังงาน เช่น อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิหรือคุณภาพของน้ำดิบ เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่ามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ส่งผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพ แบ่งได้ออกเป็น 3 ลักษณะ ซึ่งสามารถดำเนินการเป็นระบบ เริ่มจากเทคโนโลยีที่ง่ายที่สุดและใช้เงินลงทุนน้อยที่สุด ไปจนถึงงานที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงและเงินลงทุนจำนวนมาก โดยผลประหยัดก็จะเพิ่มขึ้นตามการลงทุน จากการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการพลังงาน มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่โรงงานผลิตน้ำแข็งดำเนินการ สามารถแยกประเภทได้ ดังนี้

1. การบำรุงรักษาและการดูแลเบื้องต้น (House Keeping: HK) ซึ่งเป็นมาตรการที่สามารถทำได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยมาก ทำให้คืนทุนเร็ว เช่น การบำรุงดูแลรักษาที่ถูกต้อง การควบคุมเวลาการปฏิบัติงาน และการบริหารจัดการโหลดให้เหมาะสม เป็นต้น

2. การปรับปรุงกระบวนการเดิมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น หรือทำให้การสูญเสียต่างๆ ลดน้อยลง (Process Improvement: PI) ซึ่งมักใช้เงินลงทุนไม่สูงนัก และให้ระยะเวลาคืนทุนไม่นาน เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ เป็นต้น

3. การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์หรือระบบเครื่องจักรหลัก (Machine Change: MC) เป็นการดำเนินการที่ต้องใช้หลักวิชาวิศวกรรม ในการออกแบบ การคำนวณหาผลประหยัดเพื่อประเมินความคุ้มค่า และความสามารถในการคืนทุน เนื่องจากเป็นมาตรการที่ใช้เงินลงทุนมากที่สุด เพราะต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ เครื่องจักรใหม่ เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากอุปกรณ์หรือระบบเดิมที่มีอายุการใช้งานยาวนาน และมีประสิทธิภาพต่ำและจะใช้ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 2 กรณีที่กล่าวมา

โดยทั่วไป การพิจารณามาตรการประหยัด มักจะให้ความสนใจกับมาตรการบำรุงรักษา เป็นลำดับแรก และมาตรการปรับปรุงกระบวนการผลิต มาตรการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอุปกรณ์ถัดมาตามลำดับ แต่ทั้งนี้จะต้องพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนประกอบด้วย ซึ่งถ้าเครื่องจักร อุปกรณ์มีการใช้งานมานาน มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานต่ำมากๆ การปรับเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์ใหม่หรือเทคโนโลยีใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ก็จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้น ระยะเวลาคืนทุนต่ำและจะทำให้ค่า SEC ต่ำลงนั่นเอง

จากการพิจารณามาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานผลิตน้ำแข็งในรายงานการจัดการพลังงาน พบว่า มาตรการที่นิยมดำเนินการในแต่ละระดับมีดังนี้

1. การบำรุงรักษาและการดูแลเบื้องต้น
   - การล้างทำความสะอาดคอนเดนเซอร์และคูลลิ่งทาวเวอร์
2. การปรับปรุงขบวนการเดิมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น
   - การปรับความเร็วรอบคอนเดนเซอร์ พัดลมในคูลลิ่งทาวเวอร์ และปั๊มลม
   - การติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์หรือระบบเครื่องจักรหลัก
    - การเปลี่ยนเครื่องทำความเย็นประสิทธิภาพสูง
    - การเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำแข็งประสิทธิภาพสูง
    - การเปลี่ยนหอผึ่งเย็นประสิทธิภาพสูง

นอกจากนั้นบุคลากรควบคุมการผลิตก็มีส่วนสำคัญ โดยในโรงงานขนาดเล็กบุคลากร ยังขาดองค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงาน ด้านความปลอดภัย ไม่เหมือนกันในโรงงานน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่มีการผลิตสูง ส่วนใหญ่จะมีผู้ควบคุมระบบทำความเย็นที่มีความชำนาญมากกว่า การเสริมความองค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงานจะช่วยให้เกิดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

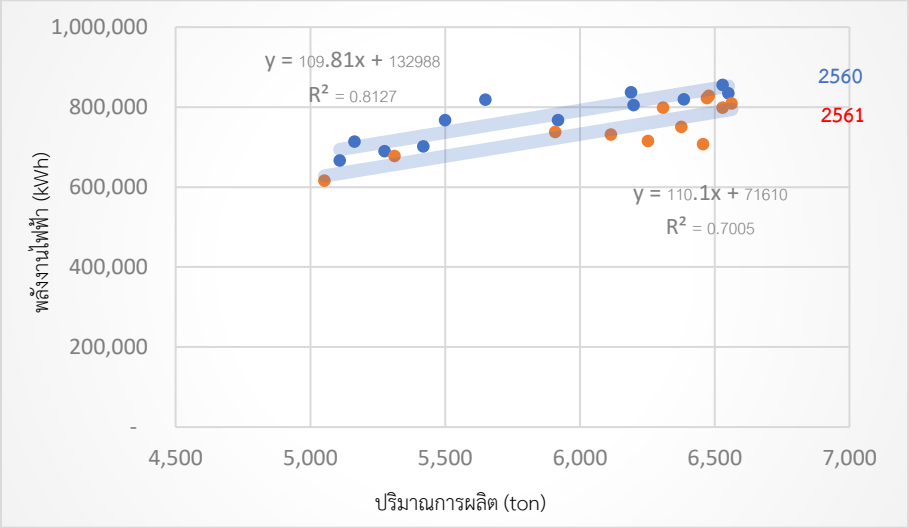
ดังนั้นเมื่อโรงงานน้ำแข็งมีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานแล้วทำให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้น ทำให้เกิดผลประหยัดทั้งในด้านกำลังไฟฟ้า (kW) และพลังงานไฟฟ้า (kWh) เมื่อลงทุนมากก็จะเกิดผลประหยัดมาก ดังตัวอย่างจากโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15 ซึ่งได้มีการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องเดิม โดยการเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำแข็งหลอดเป็นเครื่องใหม่ที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น ซึ่ง [15] แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง มีประสิทธิภาพสูงกว่า HCFC (Hydro Chlorofluorocarbons) refrigerant 15-20% โดยเริ่มดำเนินการเปลี่ยนในเดือนกุมภาพันธ์ในปี 2561 หลังจากเปลี่ยนเครื่องจักรแล้ว ทำให้การใช้พลังงานในช่วงครึ่งหลังของปี 2561 ลดลงเมื่อเทียบกับปี 2560 ดังแสดงตามตารางที่ 4-5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

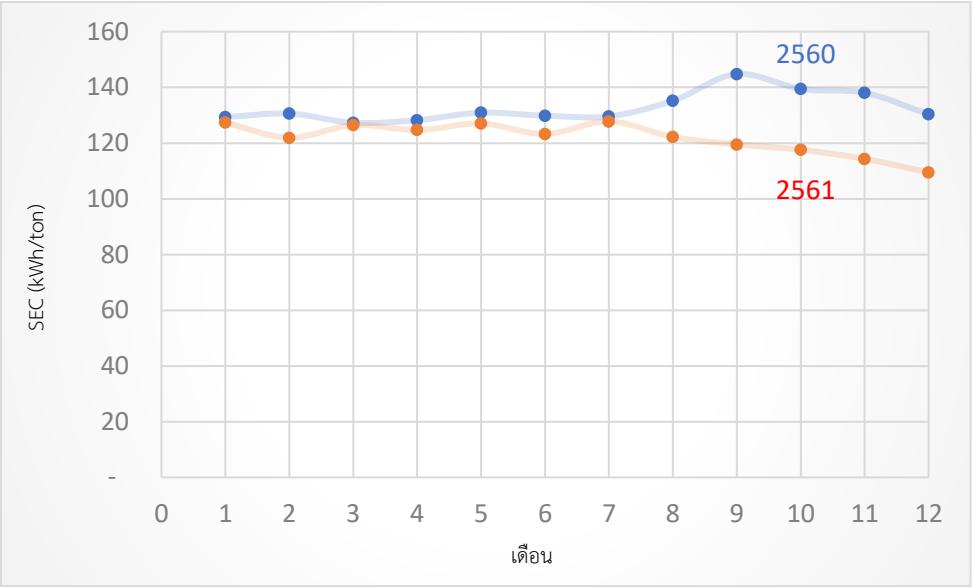
ตารางที่ 4-5 แสดงการใช้พลังงานของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15 ในปี 2560 กับ ปี 2561

	ปี 2560			ปี 2561		
เดือน	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ผลผลิต (ตัน)	SEC (kWh/ตัน)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ผลผลิต (ตัน)	SEC (kWh/ตัน)
1	701,000	5,420	129	677,000	5,313	127
2	689,000	5,276	131	616,000	5,053	122
3	834,000	6,551	127	798,000	6,309	126
4	819,000	6,386	128	737,000	5,909	125
5	855,000	6,530	131	822,000	6,471	127
6	805,000	6,200	130	809,000	6,563	123
7	767,000	5,919	130	828,000	6,478	128
8	837,000	6,191	135	798,000	6,530	122
9	818,000	5,650	145	731,000	6,116	120
10	767,000	5,501	139	750,000	6,377	118
11	713,000	5,164	138	715,000	6,253	114
12	666,000	5,109	130	707,000	6,458	109

นอกจากนี้ จะเห็นได้จากเส้นกราฟการกระจายตัวของพลังงานไฟฟ้าและปริมาณการผลิต ที่ปริมาณการผลิตเท่าๆ กัน ปี 2561 มีการใช้พลังงานที่ต่ำกว่า ดังรูปที่ 4-16 และนอกจากนั้น ยังสามารถสะท้อนให้เห็นจากค่า Sec ในช่วงครึ่งหลังของปี 2561 ที่ลดลง ดังรูปที่ 4-17



รูปที่ 4-16 กราฟการกระจายตัวของข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและผลผลิตของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15 ปี 2561 และ 2562



รูปที่ 4-17 กราฟอนุกรมเวลาแสดงค่า SEC ในแต่ละเดือนของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15 ปี 2561 และ 2562

จากกลุ่มประชากรโรงงานน้ำแข็งที่มีอยู่จำนวนมากทั้งที่เป็นโรงงานควบคุม 160 แห่ง และโรงงานนอกข่ายควบคุม 1,848 แห่ง ซึ่งถือว่าเป็นผู้ประกอบการจำนวนมาก โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักในกระบวนการผลิต ในจำนวนนี้โรงงานน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม จำนวน 20 แห่ง โดยจากการศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (SEC) เฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2558 – 2561 อยู่ที่ 97.9 99.5 98.4 และ 97.7 kWh/ตัน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่แตกต่างกันมาก ส่วนหนึ่งก็เพราะโรงงานกลุ่มตัวอย่างนี้เป็นโรงงานควบคุมและดำเนินการจัดการพลังงานอย่างต่อเนื่องตามกฎหมาย

การใช้พลังงานของโรงงานน้ำแข็งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ถ้าโรงงานและกระบวนการผลิตขาดการดูแลบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง การตั้งเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการพลังงานก็สามารถเป็นวิธีหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานของกระบวนการผลิต โดยสามารถเปรียบเทียบกับค่า SEC ซึ่งสามารถเปรียบเทียบในเชิงเดี่ยว เช่น เปรียบเทียบกับโรงงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (60 kWh/ตัน - Best practice) หรือเปรียบเทียบในเชิงกลุ่มที่มีกิจกรรมการใช้พลังงานและผลผลิตคล้ายกัน เช่น จากค่าเฉลี่ยของกลุ่ม (98 kWh/ตัน - Average) ซึ่งจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง จะเห็นได้ว่ามีหลายโรงงานมีค่า SEC สูงกว่าค่าเฉลี่ย บางโรงงานมีค่า SEC สูงถึง 146 kWh/ตัน ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรการต่างๆ ในแต่ละระดับที่เป็นที่นิยมในกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็ง ตามตารางแสดงการจัดกลุ่มมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานผลิตน้ำแข็ง

ปี 2558-2561 ดังแสดงในภาคผนวก ค. และผลของการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น ตามรูปที่ 4-17 ข้างต้น

ในขณะเดียวกันปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ เทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้น ระบบควบคุมอัตโนมัติต่างๆ เข้ามามีบทบาทสำคัญและเป็นมาตรการหนึ่งที่ช่วยให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับการให้การสนับสนุนจากภาครัฐทั้งด้านเทคนิค เช่น โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ที่เข้าไปตรวจสอบและให้คำแนะนำการดำเนินการด้านอนุรักษ์พลังงานในโรงงานนอกข่ายควบคุม และการสนับสนุนทางด้านการเงิน เช่น โครงการปรับปรุง ปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ที่ให้เงินสนับสนุนการลงทุนในการซื้ออุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงในสัดส่วน 20-30% ของการลงทุนทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

อุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็งเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีผู้ประกอบการอยู่เป็นจำนวนมากทั่วทุกพื้นที่ของประเทศไทย มีตั้งแต่ขนาดเล็ก ขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ที่เป็นโรงงานควบคุม ผลิตภัณฑ์หลักคือน้ำแข็งซอง และน้ำแข็งหลอดเพื่อการอุปโภคบริโภค โดยในกระบวนการผลิตน้ำแข็ง ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักและส่วนใหญ่ใช้ไปกับระบบทำความเย็น การนำข้อมูลจากฐานข้อมูลอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้รับจากการส่งรายงานการจัดการพลังงานย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2558 – 2561 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ข้อมูลปริมาณการผลิตและมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ดำเนินการในช่วงดังกล่าว มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานและผลผลิตเพื่อหาค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการผลิตน้ำแข็ง พร้อมทั้งผลการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตดีขึ้น

โดยค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ศึกษาคือ ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) หรือสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณน้ำแข็งที่ผลิตได้ หรือ kWh/ตัน ในช่วงเวลาหนึ่งๆ ต่อเดือนหรือต่อปี ค่า SEC ดังกล่าวสะท้อนถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานรวมถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตน้ำแข็งของโรงงานหนึ่งๆ หรือกลุ่มโรงงานนั้นๆ โดย SEC เฉลี่ยของกลุ่มโรงงานน้ำแข็งตัวอย่าง จำนวน 20 แห่ง อยู่ที่ 98 kWh/ตัน และค่อนข้างสม่ำเสมอ ในช่วง 4 ปี ที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยโรงงานผลิตน้ำแข็งซองและน้ำแข็งหลอดจะมีค่า SEC เฉลี่ยเท่ากันที่ 94 kWh/ตัน และโรงงานที่ผลิตทั้งน้ำแข็งซองและน้ำแข็งหลอดมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานอยู่ที่ 104 kWh/ตัน

การทราบถึงค่า SEC เฉลี่ยของกลุ่มโรงงานน้ำแข็ง ทำให้ผู้ประกอบการสามารถนำไปเทียบเคียงประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานตนเอง ในขณะที่โรงงานที่มีกำลังผลิตเฉลี่ยใกล้เคียงกันแต่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่างกันมาก (ค่า SEC สูง) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า โดยสามารถนำค่าประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ยนั้นมาตั้งเป็นเป้าหมายและกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน โดยในการศึกษานี้ได้นำเสมอมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีศักยภาพและเป็นที่นิยมในกลุ่มโรงงานผลิตน้ำแข็งการวิเคราะห์ค่า SEC เฉลี่ยในการศึกษานี้เป็นการประเมินระดับกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการประเมินหรือวิเคราะห์ในรายละเอียดระดับเครื่องจักรเพื่อสามารถชี้ชัดได้ว่าอุปกรณ์หรือเครื่องจักรตัวใดมีประสิทธิภาพการทำงานอย่างไร นอกจากนั้นสมการถดถอยที่สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิตที่ผ่านมาโรงงานสามารถนำมาใช้วางแผนการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ และบริหารจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มสัดส่วนของกำไรให้โรงงานน้ำแข็งนั้นต่อไป

บรรณานุกรม

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. *2558-2579*. 2559.
2. มนตรี ชูลิขิต, การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานผลิตน้ำแข็ง. 2558.
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการสาธิตการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมประเภทอาหาร กลุ่มโรงน้ำแข็ง. 2556.
4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. *2535 (*แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. *2550).* 2550.
5. การกำหนดการเป็นโรงงานควบคุม. วันที่สืบค้น 18 ก.ค.2563.
6. พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม. วันที่สืบค้น 18 ก.ค.2563.
7. โครงการส่งเสริมและเผยแพร่เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน *DISPLAY CENTER* และบ้านประหยัดพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ระบบการจัดการพลังงาน. วันที่สืบค้น 23 ส.ค. 2563.
8. ภูวนาถ กาบคำ, การศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตน้ำแข็งหลอด. 2547.
9. ดำรงวิทย์ ทองดีนอก, การศึกษาผลกระทบของเฟาลิ่งที่มีต่อสมรรถนะของระบบทำความเย็นในโรงน้ำแข็ง. 2547.
10. ธิติมา เลิศปิยะ, ระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานน้ำแข็งซองที่ใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ *TOD* และ *TOU.* 2548.
11. จิราพร อัตตะสาระ, ประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ : กรณีศึกษา. 2558.
12. กระทรวงอุตสาหกรรม, ก., โครงการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบทำความเย็น ด้วย *Smart Monitoring Refrigeration.* สิงหาคม 2563.
13. ไชยะ แช่มช้อย, การใช้เทคนิค *SPC* กับงานการจัดการพลังงาน. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554(ครั้งที่ 1).
14. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ, รายงานการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำแข็ง. 2525.
15. กระทรวงสาธารณสุข, ปัญหาและแนวทางการแก้ไขการผลิตน้ำแข็ง เพื่อให้ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (จี.เอ็ม.พี) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ *193)* พ.ศ. *2543.* 2545.
16. กระทรวงพลังงาน, คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. *2553.* 2553(กรุงเทพมหานคร).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.
การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำแข็ง ปี 2557-2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม ปี 2557-2561

จำนวน 80 แห่ง (1/2)

TSIC_ID	57	58	59	60	61	Sum_57_61	Count	Average_57_61	คิดเป็นค่าไฟต่อปี	ต่อเดือน
10795-0001	6,076,000	6,307,826	6,517,000	6,422,000	6,273,000	31,595,826	5	6,319,165	25,276,661	2,106,388
10795-0005	4,905,000	4,942,000	5,090,000	4,729,000	4,985,000	24,651,000	5	4,930,200	19,720,800	1,643,400
10795-0006		10,806,000	9,811,000	9,231,000	9,028,000	38,876,000	4	9,719,000	38,876,000	3,239,667
10795-0007	2,134,000	3,298,000	3,597,000			9,029,000	3	3,009,667	12,038,667	1,003,222
10795-0011	13,236,000	21,126,747	20,565,007	21,233,051	11,556,000	87,716,805	5	17,543,361	70,173,444	5,847,787
10795-0012	3,847,301		11,498,000	11,255,500		26,600,801	3	8,866,934	35,467,735	2,955,645
10795-0013	2,746,000	3,350,672	3,606,000	3,252,000	3,017,000	15,971,672	5	3,194,334	12,777,338	1,064,778
10795-0016	7,520,000	7,760,000	7,787,000			23,067,000	3	7,689,000	30,756,000	2,563,000
10795-0017	7,885,000	7,886,461	7,982,000	8,063,000	6,733,000	38,549,461	5	7,709,892	30,839,569	2,569,964
10795-0022	2,693,580	2,630,270		2,534,360		7,858,210	3	2,619,403	10,477,613	873,134
10795-0025	9,894,011	10,631,958	23,148,280	11,978,040		55,652,289	4	13,913,072	55,652,289	4,637,691
10795-0029	6,152,940	6,165,606	5,966,850	5,616,030	5,587,110	29,488,536	5	5,897,707	23,590,829	1,965,902
10795-0032	6,038,280	6,046,886	6,202,081	6,022,260	6,001,420	30,310,927	5	6,062,185	24,248,742	2,020,728
10795-0033	4,753,320	4,041,492	3,714,200	4,172,500	4,077,200	20,758,712	5	4,151,742	16,606,970	1,383,914
10795-0035	6,601,440	6,706,420	7,208,280		8,119,340	28,635,480	4	7,158,870	28,635,480	2,386,290
10795-0041	12,389,840	12,038,580	8,889,283	10,351,653		43,669,356	4	10,917,339	43,669,356	3,639,113
10795-0042	7,992,650	8,198,440	8,038,520	7,567,660	8,177,220	39,974,490	5	7,994,898	31,979,592	2,664,966
10795-0043	3,363,120		2,373,240	2,057,397	2,288,620	10,082,377	4	2,520,594	10,082,377	840,198
10795-0048	4,598,300	4,643,500	4,176,180			13,417,980	3	4,472,660	17,890,640	1,490,887
10795-0050	6,490,440	6,857,850		5,372,220		18,720,510	3	6,240,170	24,960,680	2,080,057
10795-0052	4,739,616	4,697,640	4,697,640	4,697,640	4,697,640	23,530,176	5	4,706,035	18,824,141	1,568,678
10795-0053	3,829,850	3,892,500	3,974,040			11,696,390	3	3,898,797	15,595,187	1,299,599
10795-0056	2,740,776	3,031,363			2,814,516	8,586,655	3	2,862,218	11,448,873	954,073
10795-0057	6,276,930	6,915,450		11,239,304	6,310,979	30,742,663	4	7,685,666	30,742,663	2,561,889
10795-0058	6,388,860	6,280,110	6,274,677	6,280,860	6,221,774	31,446,281	5	6,289,256	25,157,025	2,096,419
10795-0060	8,181,675	9,309,790	9,412,261	8,349,525	8,078,355	43,331,606	5	8,666,321	34,665,285	2,888,774
10795-0061	2,667,582	2,889,324	2,490,336		2,449,332	10,496,574	4	2,624,144	10,496,574	874,715
10795-0062	3,530,772	2,772,996	729,904			7,033,672	3	2,344,557	9,378,229	781,519
10795-0063	3,255,540		2,093,726	1,782,000	1,867,725	8,998,991	4	2,249,748	8,998,991	749,916
10795-0065	4,175,940	5,149,342		3,869,260	3,969,540	17,164,082	4	4,291,020	17,164,082	1,430,340
10795-0069	5,828,256	5,779,422	6,109,756	5,870,664	5,788,224	29,376,322	5	5,875,264	23,501,058	1,958,421
10795-0070	5,649,282	5,563,158	5,642,730	5,479,344	5,474,322	27,808,836	5	5,561,767	22,247,069	1,853,922
10795-0073	5,401,950	4,820,880			4,531,230	14,754,060	3	4,918,020	19,672,080	1,639,340
10795-0075	2,891,375	2,874,576	3,123,072			8,889,023	3	2,963,008	11,852,031	987,669
10795-0076	4,383,570	4,638,600		4,037,265	3,845,780	16,905,215	4	4,226,304	16,905,215	1,408,768
10795-0078	3,196,243	2,820,846		2,434,000	2,059,548	10,510,637	4	2,627,659	10,510,637	875,886
10795-0081	4,104,540	3,570,180	3,645,030	3,577,260	3,908,630	18,805,640	5	3,761,128	15,044,512	1,253,709
10795-0083	6,340,080	6,120,480	5,418,030	4,654,520	4,489,650	27,022,760	5	5,404,552	21,618,208	1,801,517
10795-0088	6,149,920	6,346,020	6,332,520	6,010,320	6,315,160	31,153,940	5	6,230,788	24,923,152	2,076,929
10795-1001	7,684,463	8,296,980		8,770,680	8,439,880	33,192,003	4	8,298,001	33,192,003	2,766,000
10795-1002	4,569,160	4,461,600	4,379,600			13,410,360	3	4,470,120	17,880,480	1,490,040
10795-1003	11,084,520	12,093,000	12,985,320			36,162,840	3	12,054,280	48,217,120	4,018,093
10795-1005	4,006,686	5,278,000	5,616,000	5,843,000	5,738,000	26,481,686	5	5,296,337	21,185,349	1,765,446
10795-1007	5,275,513		7,105,380	6,680,829	6,020,880	25,082,602	4	6,270,651	25,082,602	2,090,217
10795-1008	2,886,528		4,837,340		4,607,820	12,331,688	3	4,110,563	16,442,251	1,370,188
10795-1009	4,096,068	5,795,940	6,018,900		5,417,026	21,327,934	4	5,331,983	21,327,934	1,777,328
10795-1011	20,906,000	23,206,000	23,206,000	23,148,000	23,325,600	113,791,600	5	22,758,320	91,033,280	7,586,107
10795-1013	3,276,840	3,810,680	3,760,720			10,848,240	3	3,616,080	14,464,320	1,205,360
10795-1014	3,057,720	3,802,100	3,802,100			10,661,920	3	3,553,973	14,215,893	1,184,658
10795-1015	3,069,058	5,280,900	5,082,720			13,432,678	3	4,477,559	17,910,237	1,492,520
10795-1017	3,554,312	3,484,620	3,554,312	2,682,120	2,510,140	15,785,504	5	3,157,101	12,628,403	1,052,367
10795-1018	3,554,312	3,484,620	3,554,312	3,505,300	2,946,220	17,044,764	5	3,408,953	13,635,811	1,136,318
10795-1019	3,554,312	3,484,620	3,564,312	3,482,040	3,160,000	17,245,284	5	3,449,057	13,796,227	1,149,686
10795-1022	3,267,606	3,694,320	3,927,500			10,889,426	3	3,629,809	14,519,235	1,209,936
10795-1023	8,893,740	8,759,400		8,681,340	8,446,950	34,781,430	4	8,695,358	34,781,430	2,898,453
10795-1024	5,088,720	5,279,220	6,056,610	5,806,710	10,944,060	33,175,320	5	6,635,064	26,540,256	2,211,688
10795-1025	5,888,860			7,572,400	7,356,910	20,818,170	3	6,939,390	27,757,560	2,313,130
10795-1027	7,288,260	7,578,570	7,660,440	8,021,350	8,063,140	38,611,760	5	7,722,352	30,889,408	2,574,117
10795-1030	6,331,155	6,948,630	7,619,265			20,899,050	3	6,966,350	27,865,400	2,322,117

ตารางแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำแข็งที่เป็นโรงงานควบคุม ปี 2557-2561

aจำนวน 80 แห่ง (2/2)

TSIC_ID	57	58	59	60	61	Sum_57_61	Count	Average_57_61	คิดเป็นค่าไฟต่อปี	ต่อเดือน
10795-1031	3,748,962		12,602,000	12,553,000	12,101,000	41,004,962	4	10,251,241	41,004,962	3,417,080
10795-1034	4,513,680	5,255,190	5,427,540	4,566,660	4,629,030	24,392,100	5	4,878,420	19,513,680	1,626,140
10795-1035	3,600,310	3,775,020	4,371,360	3,636,900	4,022,078	19,405,668	5	3,881,134	15,524,534	1,293,711
10795-1036	7,621,260	7,750,780	7,885,020	6,862,700	6,583,860	36,703,620	5	7,340,724	29,362,896	2,446,908
10795-1037			2,582,660	2,503,481	2,502,881	7,589,022	3	2,529,674	10,118,696	843,225
10795-1038	12,500,720	13,958,920	13,318,760	12,683,200	12,028,720	64,490,320	5	12,898,064	51,592,256	4,299,355
10795-1040	7,509,600	8,537,500	9,445,920	10,945,920	10,954,260	47,393,200	5	9,478,640	37,914,560	3,159,547
10795-1041	3,145,600	3,039,044		3,479,560	3,013,240	12,677,444	4	3,169,361	12,677,444	1,056,454
10795-1042		10,780,290	11,730,750	10,581,180	10,581,180	43,673,400	4	10,918,350	43,673,400	3,639,450
10795-1044	3,277,476	3,502,368	34			6,779,878	3	2,259,959	9,039,837	753,320
10795-1046	9,776,000	10,618,000		10,449,000	10,129,000	40,972,000	4	10,243,000	40,972,000	3,414,333
10795-1047		3,314,222	3,267,762		2,747,320	9,329,304	3	3,109,768	12,439,072	1,036,589
10795-1048	3,662,596	3,662,596	4,601,980			11,927,172	3	3,975,724	15,902,896	1,325,241
10795-1051	11,767,680		13,521,820	11,818,500	11,728,500	48,836,500	4	12,209,125	48,836,500	4,069,708
10795-1052	5,300,400		8,257,000	8,076,000		21,633,400	3	7,211,133	28,844,533	2,403,711
10795-1053		8,105,820	7,932,510	7,514,880		23,553,210	3	7,851,070	31,404,280	2,617,023
10795-1054	6,250,200	6,389,630	6,008,610	6,419,760	6,737,100	31,805,300	5	6,361,060	25,444,240	2,120,353
10795-1055	7,709,640	8,410,256		8,662,290	8,147,820	32,930,006	4	8,232,502	32,930,006	2,744,167
10795-1056	6,250,290	3,121,260		3,014,531	2,534,520	14,920,601	4	3,730,150	14,920,601	1,243,383
10795-1059	9,808,140		10,927,870	10,801,730	11,041,860	42,579,600	4	10,644,900	42,579,600	3,548,300
10795-1060	4,671,087	5,020,000	5,303,000	5,208,000	5,408,000	25,610,087	5	5,122,017	20,488,070	1,707,339
10795-1062	3,211,680	3,366,684	3,616,504			10,194,868	3	3,398,289	13,593,158	1,132,763
							Sum	508,652,053	2,034,608,211	169,550,684
		ถ้าเฉลี่ยหน่วยละ		4	บาท		Count	81		
							Avg	6,279,655	25,118,620	2,093,218
							Median	5,404,552	21,618,208	1,801,517
								(kWh) หน่วย	บาทต่อปี	บาทต่อเดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดงการคำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

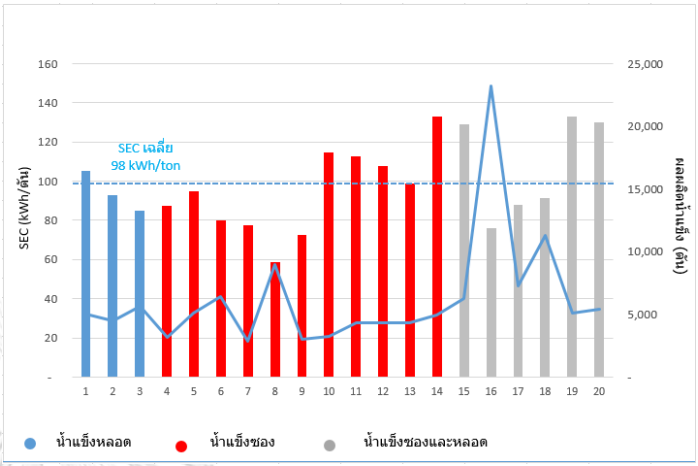
(SEC)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางแสดงค่า SEC เฉลี่ยของโรงงานน้ำแข็งตัวอย่าง ปี 2558-2561

	No.	58	59	60	61	AVG
10795-0001	1	99	110	108	105	105
10795-0005	2	93	93	93	94	93
10795-1060	3	88	89	83	79	85
10795-0013	4	93	91	83	83	87
10795-0029	5	93	93	97	96	95
10795-0032	6	84	78	79	78	80
10795-0043	7	76	82	77	75	77
10795-0058	8	58	57	59	61	59
10795-0061	9	77	67	76	71	73
10795-0065	10	109	114	121	116	115
10795-0069	11	108	115	112	114	113
10795-0070	12	108	111	109	103	108
10795-0083	13	104	102	94	94	99
10795-1027	14	122	131	143	136	133
10795-0006	15	132	130	132	122	129
10795-0011	16	73	72	78	81	76
10795-0017	17	91	89	81	90	88
10795-1031	18	92	94	90	90	91
10795-1040	19	125	146	126	135	133
10795-1055	20	131	128	128	133	130
	AVG	98	100	98	98	98
	Max	132	146	143	136	
	Min	58	57	59	61	

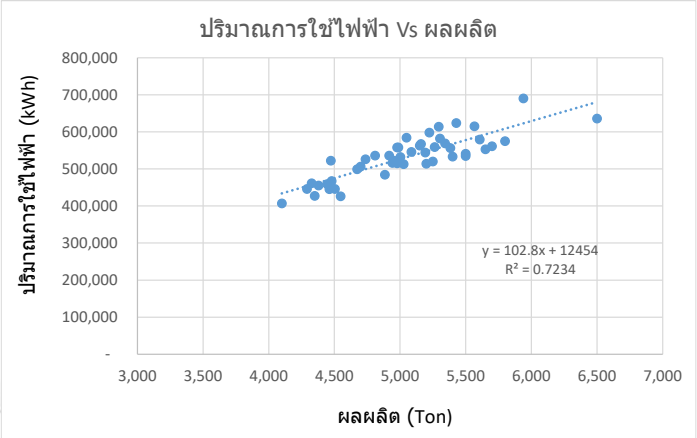
ค่า SEC เฉลี่ยรายปี (58-61) ของโรงงานน้ำแข็ง 20 แห่ง

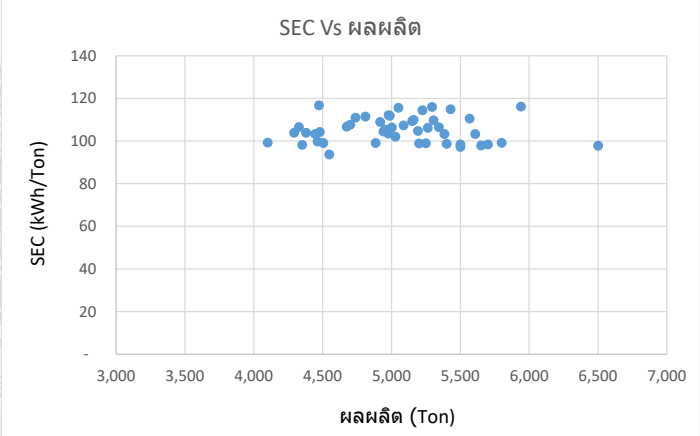


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	407,000	4,100	99
	2	427,000	4,350	98
	3	541,000	5,500	98
	4	535,000	5,500	97
	5	636,000	6,500	98
	6	575,000	5,800	99
	7	561,000	5,700	98
	8	553,000	5,650	98
	9	514,000	5,200	99
	10	533,000	5,400	99
	11	519,826	5,250	99
	12	506,000	4,700	108
59	1	467,000	4,479	104
	2	446,000	4,292	104
	3	582,000	5,304	110
	4	615,000	5,567	110
	5	690,000	5,940	116
	6	559,000	5,263	106
	7	558,000	4,978	112
	8	584,000	5,050	116
	9	536,000	4,810	111
	10	522,000	4,473	117
	11	499,000	4,674	107
	12	459,000	4,445	103
60	1	461,000	4,327	107
	2	455,000	4,379	104
	3	614,000	5,294	116
	4	598,000	5,224	114
	5	624,000	5,429	115
	6	569,000	5,343	106
	7	558,000	4,987	112
	8	563,000	5,150	109
	9	544,000	5,192	105
	10	526,000	4,738	111
	11	484,000	4,884	99
	12	426,000	4,547	94
61	1	445,000	4,463	100
	2	446,000	4,504	99
	3	579,000	5,607	103
	4	515,000	4,977	103
	5	567,000	5,160	110
	6	556,000	5,384	103
	7	546,000	5,087	107
	8	532,000	5,003	106
	9	522,000	4,954	105
	10	536,000	4,917	109
	11	513,000	5,027	102
	12	516,000	4,941	104

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 1

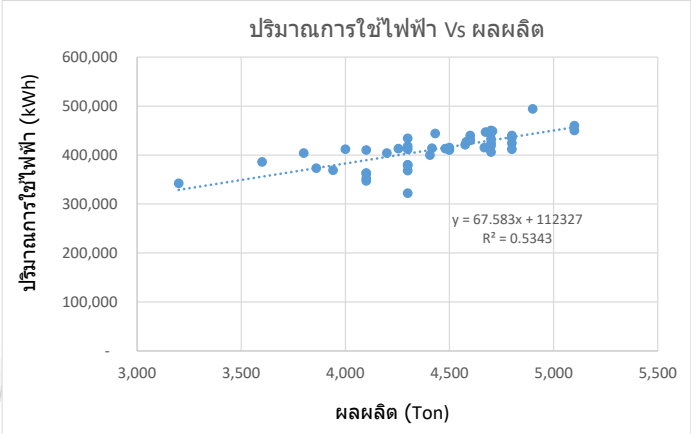


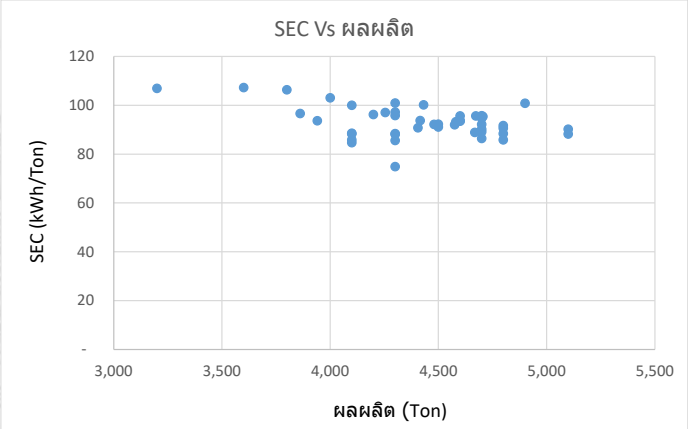


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	322,000	4,300	75
	2	347,000	4,100	85
	3	424,000	4,700	90
	4	424,000	4,800	88
	5	460,000	5,100	90
	6	440,000	4,800	92
	7	448,000	4,700	95
	8	433,000	4,700	92
	9	418,000	4,300	97
	10	410,000	4,100	100
	11	412,000	4,000	103
	12	404,000	3,800	106
59	1	379,000	4,300	88
	2	363,000	4,100	89
	3	445,000	4,700	95
	4	450,000	5,100	88
	5	494,000	4,900	101
	6	435,000	4,800	91
	7	440,000	4,600	96
	8	450,000	4,700	96
	9	430,000	4,600	93
	10	406,000	4,700	86
	11	412,000	4,800	86
	12	386,000	3,600	107
60	1	380,000	4,300	88
	2	362,000	4,100	88
	3	431,000	4,600	94
	4	419,000	4,700	89
	5	434,000	4,300	101
	6	410,000	4,500	91
	7	404,000	4,200	96
	8	412,000	4,300	96
	9	415,000	4,500	92
	10	368,000	4,300	86
	11	352,000	4,100	86
	12	342,000	3,200	107
61	1	369,000	3,941	94
	2	373,000	3,861	97
	3	449,000	4,706	95
	4	413,000	4,255	97
	5	444,000	4,432	100
	6	447,000	4,673	96
	7	427,000	4,581	93
	8	421,000	4,575	92
	9	400,000	4,406	91
	10	413,000	4,480	92
	11	415,000	4,668	89
	12	414,000	4,416	94

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 2

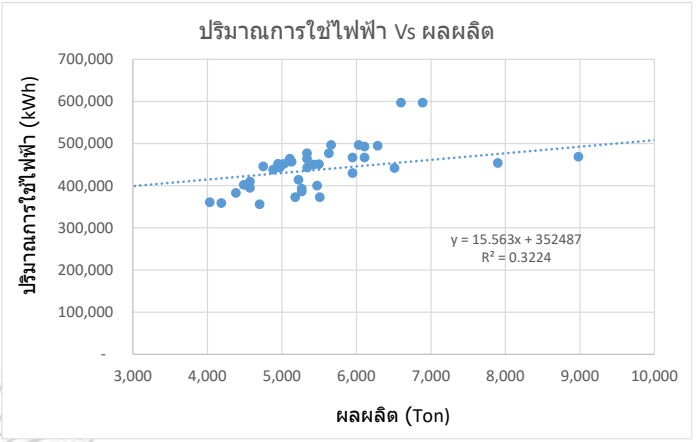


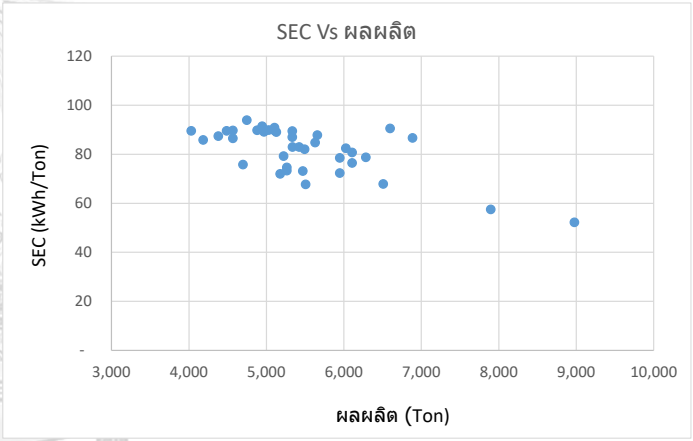


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	289,000	2,278	127
	2	338,000	2,718	124
	3	442,000	6,508	68
	4	481,000	12,285	39
	5	510,000	13,629	37
	6	469,000	8,978	52
	7	446,000	4,747	94
	8	454,000	7,897	57
	9	402,000	2,029	198
	10	382,000	2,163	177
	11	417,000	2,412	173
	12	390,000	1,570	248
59	1	395,000	4,568	86
	2	361,000	4,031	90
	3	457,000	5,129	89
	4	597,000	6,888	87
	5	597,000	6,596	91
	6	452,000	5,028	90
	7	438,000	4,879	90
	8	452,000	4,945	91
	9	402,000	4,487	90
	10	410,000	4,569	90
	11	383,000	4,380	87
	12	359,000	4,184	86
60	1	386,000	5,264	73
	2	356,000	4,699	76
	3	458,000	5,105	90
	4	497,000	5,658	88
	5	497,000	6,027	82
	6	443,000	5,338	83
	7	450,000	5,424	83
	8	464,000	5,105	91
	9	448,000	4,969	90
	10	443,000	4,969	89
	11	393,000	5,264	75
	12	373,000	5,178	72
61	1	373,000	5,507	68
	2	414,000	5,222	79
	3	400,000	5,469	73
	4	495,000	6,284	79
	5	493,000	6,107	81
	6	477,000	5,334	89
	7	467,000	5,947	79
	8	477,000	5,629	85
	9	451,000	5,494	82
	10	430,000	5,947	72
	11	464,000	5,334	87
	12	467,000	6,107	76

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 3

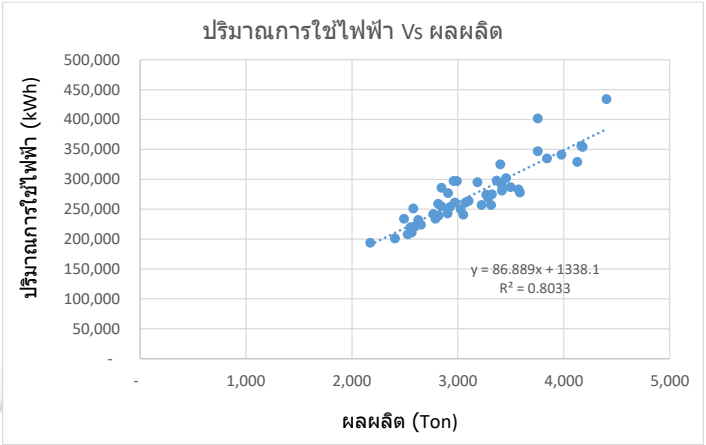


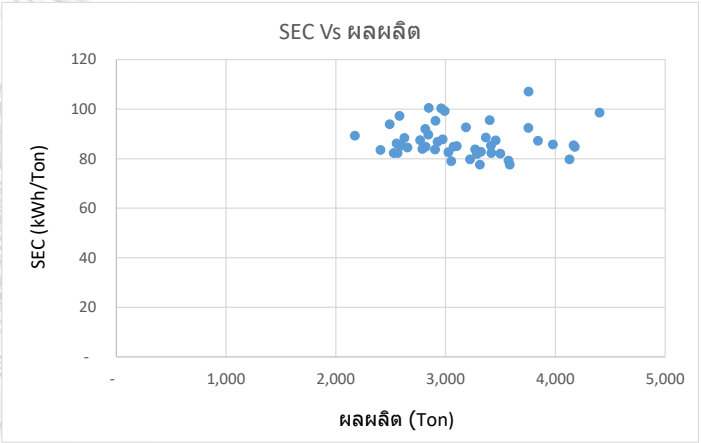


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	194,000	2,173	89
	2	232,000	2,625	88
	3	286,000	2,846	100
	4	297,000	2,992	99
	5	402,000	3,755	107
	6	325,000	3,401	96
	7	259,000	2,815	92
	8	295,000	3,185	93
	9	254,000	2,927	87
	10	260,672	3,072	85
	11	291,000	3,414	85
	12	255,000	2,843	90
59	1	234,000	2,491	94
	2	211,000	2,564	82
	3	297,000	2,960	100
	4	347,000	3,754	92
	5	434,000	4,403	99
	6	356,000	4,167	85
	7	335,000	3,842	87
	8	341,000	3,979	86
	9	302,000	3,455	87
	10	277,000	2,907	95
	11	251,000	2,579	97
	12	221,000	2,593	85
60	1	220,000	2,554	86
	2	224,000	2,652	84
	3	298,000	3,366	89
	4	264,000	3,102	85
	5	354,000	4,178	85
	6	274,000	3,270	84
	7	287,000	3,499	82
	8	283,000	3,573	79
	9	269,000	3,287	82
	10	281,000	3,416	82
	11	241,000	3,052	79
	12	257,000	3,313	78
61	1	257,000	3,224	80
	2	278,000	3,585	78
	3	329,000	4,128	80
	4	275,000	3,321	83
	5	261,000	2,973	88
	6	242,000	2,768	87
	7	239,000	2,818	85
	8	234,000	2,789	84
	9	250,000	3,026	83
	10	243,000	2,904	84
	11	201,000	2,406	84
	12	208,000	2,528	82

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 4

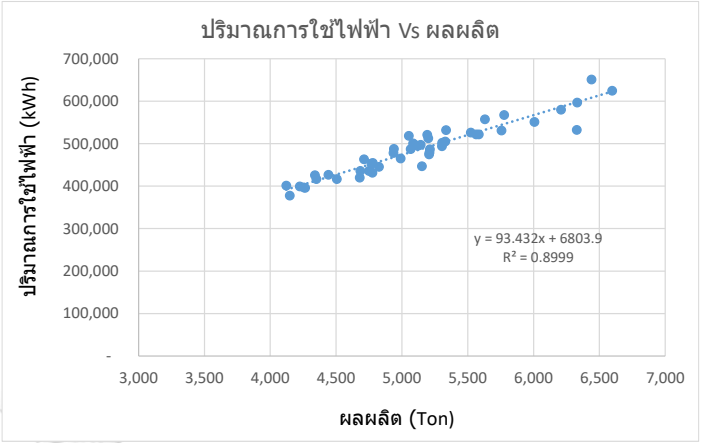


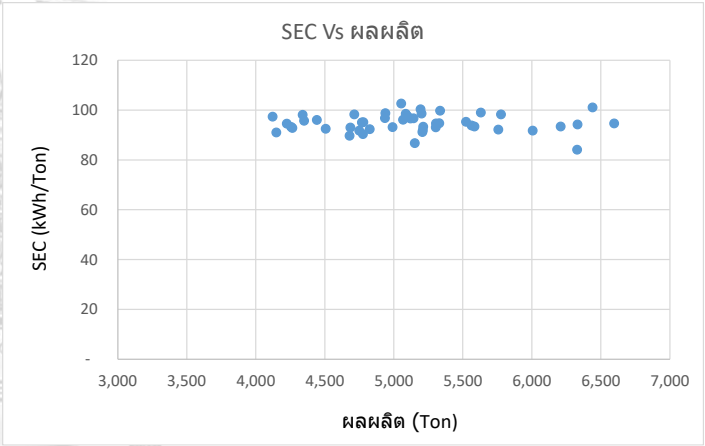


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	377,400	4,148	91
	2	426,840	4,443	96
	3	557,250	5,631	99
	4	567,570	5,776	98
	5	650,946	6,440	101
	6	532,200	6,328	84
	7	579,930	6,209	93
	8	551,040	6,007	92
	9	521,790	5,564	94
	10	446,940	5,152	87
	11	478,920	5,210	92
	12	474,780	5,207	91
59	1	431,430	4,777	90
	2	419,850	4,680	90
	3	530,760	5,757	92
	4	596,610	6,331	94
	5	624,540	6,597	95
	6	526,110	5,523	95
	7	504,900	5,330	95
	8	521,550	5,584	93
	9	493,770	5,305	93
	10	464,850	4,990	93
	11	435,780	4,750	92
	12	416,700	4,506	92
60	1	396,990	4,256	93
	2	395,910	4,265	93
	3	518,610	5,053	103
	4	521,010	5,193	100
	5	531,990	5,336	100
	6	497,220	5,144	97
	7	487,830	4,939	99
	8	500,790	5,086	98
	9	487,170	5,066	96
	10	462,930	4,713	98
	11	416,280	4,350	96
	12	399,300	4,224	95
61	1	425,700	4,339	98
	2	401,250	4,122	97
	3	497,430	5,098	98
	4	477,870	4,936	97
	5	512,550	5,201	99
	6	486,450	5,212	93
	7	501,960	5,305	95
	8	494,820	5,121	97
	9	453,240	4,769	95
	10	454,710	4,780	95
	11	435,540	4,685	93
	12	445,590	4,826	92

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 5

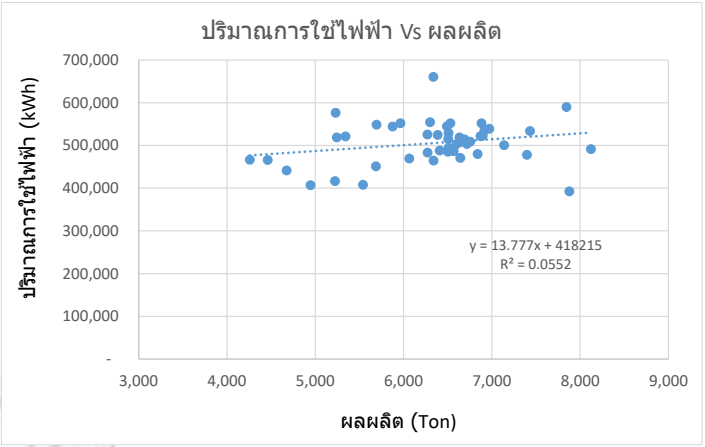


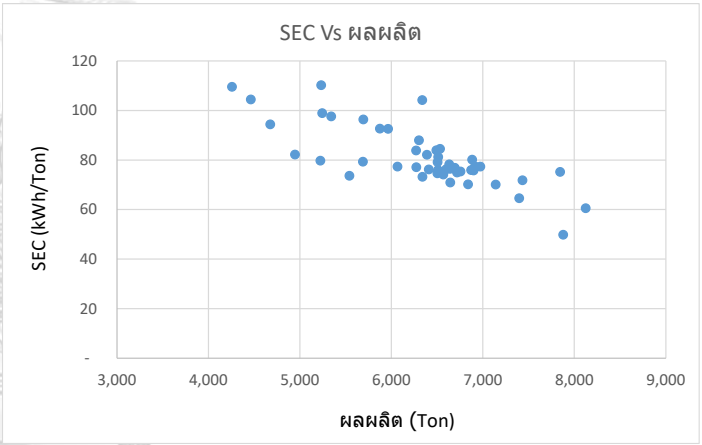


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	466,140	4,463	104
	2	441,320	4,677	94
	3	548,660	5,694	96
	4	552,060	5,964	93
	5	551,920	6,532	84
	6	451,106	5,688	79
	7	466,280	4,258	110
	8	518,740	5,245	99
	9	576,580	5,232	110
	10	589,960	7,845	75
	11	491,640	8,124	61
	12	392,480	7,879	50
59	1	660,500	6,338	104
	2	521,221	5,342	98
	3	477,900	7,399	65
	4	533,640	7,434	72
	5	500,440	7,140	70
	6	554,240	6,301	88
	7	470,880	6,643	71
	8	521,900	6,873	76
	9	514,180	6,692	77
	10	479,740	6,839	70
	11	503,100	6,600	76
	12	464,340	6,340	73
60	1	416,520	5,225	80
	2	406,760	4,947	82
	3	539,140	6,972	77
	4	544,440	5,876	93
	5	551,920	6,884	80
	6	494,480	6,511	76
	7	544,960	6,492	84
	8	508,860	6,755	75
	9	522,720	6,898	76
	10	518,940	6,633	78
	11	485,260	6,503	75
	12	488,260	6,410	76
61	1	469,300	6,066	77
	2	407,820	5,541	74
	3	513,440	6,681	77
	4	483,420	6,273	77
	5	535,420	6,915	77
	6	525,840	6,270	84
	7	524,680	6,388	82
	8	514,940	6,505	79
	9	528,780	6,511	81
	10	503,300	6,718	75
	11	486,680	6,568	74
	12	507,800	6,642	76

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 6

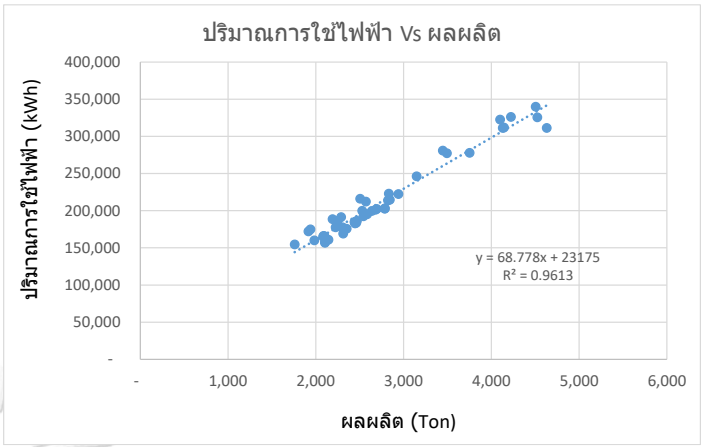


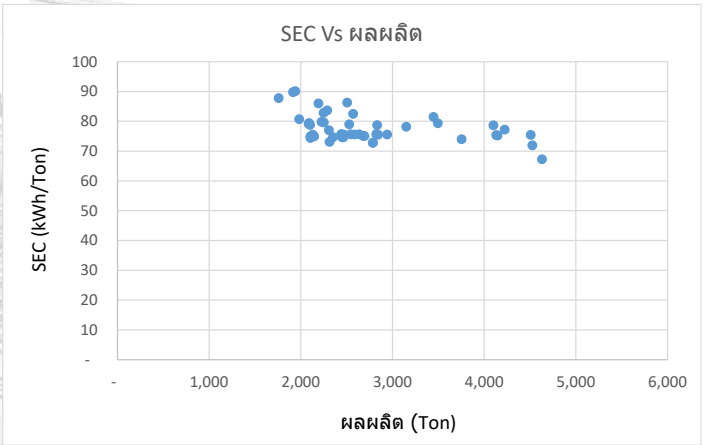


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	188,520	2,192	86
	2	213,720	2,822	76
	3	277,780	3,753	74
	4	280,880	3,447	81
	5	322,560	4,101	79
	6	311,940	4,145	75
	7	311,360	4,131	75
	8	339,840	4,506	75
	9	311,420	4,631	67
	10	325,580	4,525	72
	11	326,180	4,223	77
	12	277,260	3,493	79
59	1	212,100	2,571	82
	2	186,280	2,249	83
	3	246,240	3,150	78
	4	216,160	2,506	86
	5	222,860	2,832	79
	6	172,000	1,915	90
	7	174,760	1,940	90
	8	154,520	1,760	88
	9	179,180	2,250	80
	10	191,440	2,289	84
	11	222,420	2,943	76
	12	195,280	2,585	76
60	1	156,679	2,105	74
	2	160,795	2,130	75
	3	184,795	2,442	76
	4	160,109	1,983	81
	5	177,626	2,225	80
	6	165,397	2,100	79
	7	165,981	2,090	79
	8	182,792	2,449	75
	9	199,779	2,529	79
	10	160,843	2,146	75
	11	177,612	2,306	77
	12	164,989	2,085	79
61	1	169,060	2,312	73
	2	157,740	2,105	75
	3	202,320	2,694	75
	4	175,600	2,352	75
	5	201,280	2,680	75
	6	192,360	2,544	76
	7	186,500	2,469	76
	8	183,720	2,463	75
	9	214,800	2,844	76
	10	202,640	2,785	73
	11	199,460	2,638	76
	12	203,140	2,788	73

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 7

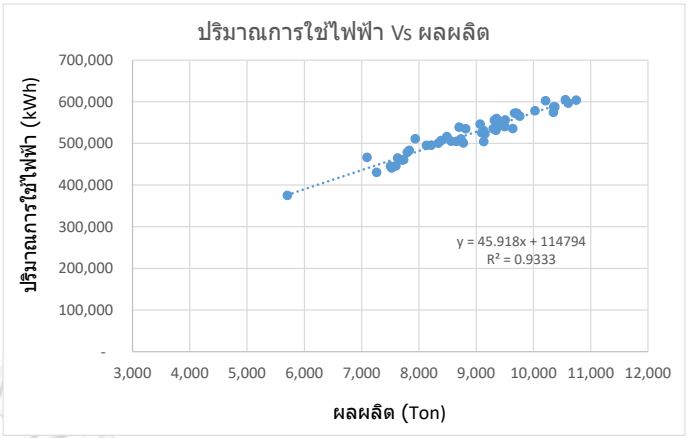


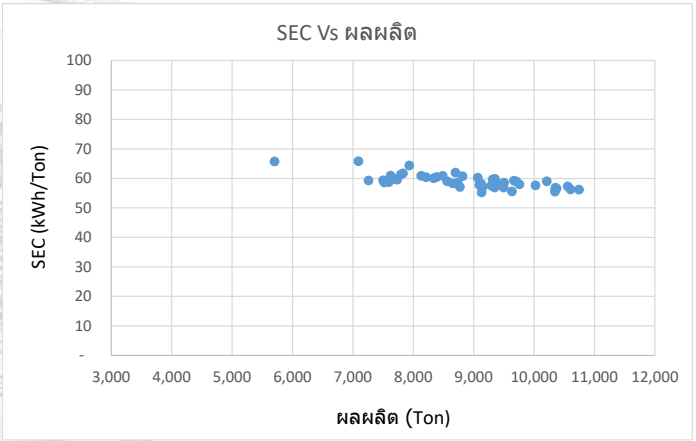


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	531,450	9,345	57
	2	504,480	9,131	55
	3	587,400	10,371	57
	4	565,680	9,759	58
	5	604,740	10,558	57
	6	540,720	9,372	58
	7	375,000	5,702	66
	8	445,950	7,595	59
	9	460,590	7,732	60
	10	505,560	8,562	59
	11	556,170	9,503	59
	12	602,370	10,211	59
59	1	574,530	10,346	56
	2	535,467	9,636	56
	3	604,020	10,746	56
	4	596,730	10,604	56
	5	588,300	10,354	57
	6	522,990	9,152	57
	7	540,510	9,498	57
	8	445,410	7,501	59
	9	440,790	7,521	59
	10	430,440	7,259	59
	11	460,170	7,700	60
	12	535,320	9,293	58
60	1	525,690	9,095	58
	2	500,970	8,773	57
	3	578,250	10,025	58
	4	549,930	9,377	59
	5	572,760	9,670	59
	6	546,300	9,067	60
	7	535,350	8,817	61
	8	516,540	8,489	61
	9	464,940	7,626	61
	10	478,500	7,796	61
	11	500,790	8,336	60
	12	510,840	8,731	59
61	1	531,150	9,123	58
	2	504,780	8,652	58
	3	559,620	9,354	60
	4	555,930	9,317	60
	5	572,670	9,709	59
	6	495,750	8,213	60
	7	506,850	8,387	60
	8	495,120	8,132	61
	9	483,270	7,831	62
	10	538,930	8,699	62
	11	511,014	7,935	64
	12	466,690	7,093	66

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 8

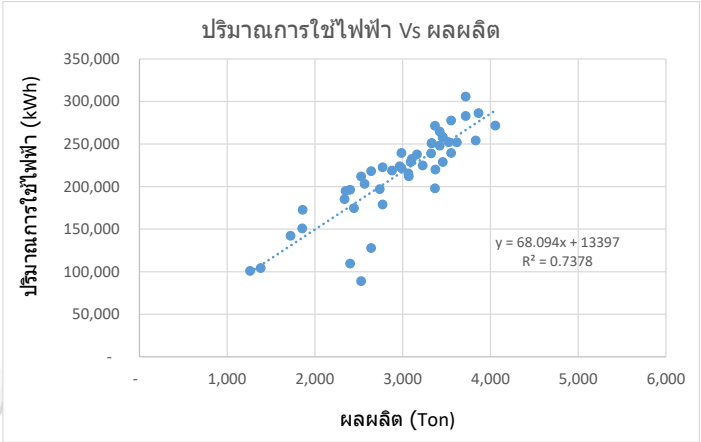


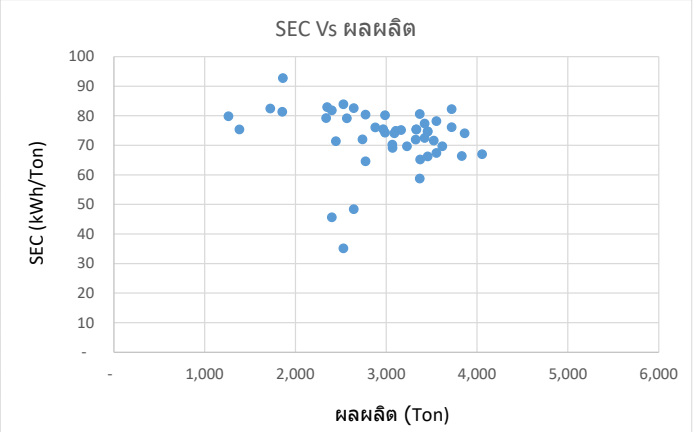


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	248,076	3,422	72
	2	221,814	2,986	74
	3	283,104	3,719	76
	4	251,118	3,331	75
	5	271,476	3,369	81
	6	218,034	2,642	83
	7	196,362	2,400	82
	8	211,968	2,528	84
	9	222,768	2,771	80
	10	277,704	3,553	78
	11	228,816	3,457	66
	12	258,084	3,457	75
59	1	264,726	3,422	77
	2	239,400	2,986	80
	3	305,910	3,719	82
	4	251,082	3,331	75
	5	197,928	3,369	59
	6	127,764	2,642	48
	7	109,494	2,400	46
	8	88,758	2,528	35
	9	178,974	2,771	65
	10	239,400	3,553	67
	11	228,816	3,090	74
	12	258,084	3,457	75
60	1	212,094	3,070	69
	2	197,064	2,738	72
	3	252,108	3,618	70
	4	223,884	2,967	75
	5	185,166	2,338	79
	6	150,894	1,855	81
	7	172,638	1,861	93
	8	194,796	2,350	83
	9	218,898	2,880	76
	10	237,709	3,164	75
	11	239,130	3,324	72
	12	232,434	3,105	75
61	1	271,602	4,056	67
	2	254,250	3,831	66
	3	286,254	3,864	74
	4	252,288	3,524	72
	5	203,148	2,567	79
	6	104,130	1,382	75
	7	100,728	1,262	80
	8	142,164	1,724	82
	9	174,510	2,445	71
	10	215,352	3,066	70
	11	219,978	3,372	65
	12	224,928	3,228	70

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 9

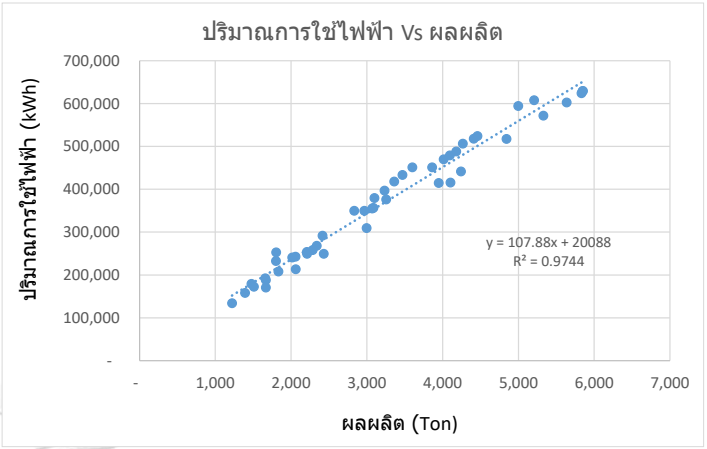


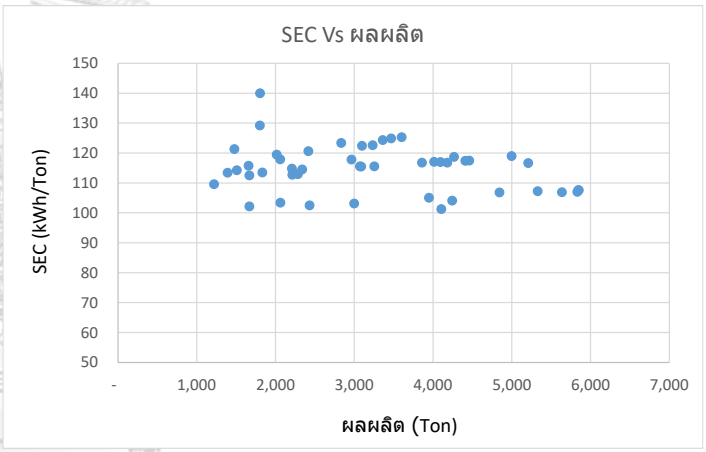


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	415,590	4,104	101
	2	506,299	4,266	119
	3	607,553	5,208	117
	4	594,490	4,998	119
	5	441,720	4,243	104
	6	213,300	2,063	103
	7	170,400	1,668	102
	8	249,240	2,432	102
	9	309,150	2,998	103
	10	414,810	3,949	105
	11	602,490	5,638	107
	12	624,300	5,832	107
59	1	571,530	5,329	107
	2	517,590	4,844	107
	3	629,520	5,851	108
	4	628,950	5,846	108
	5	488,070	4,181	117
	6	267,960	2,340	115
	7	232,530	1,800	129
	8	179,100	1,477	121
	9	240,630	2,015	119
	10	291,570	2,417	121
	11	396,660	3,235	123
	12	379,380	3,099	122
60	1	349,500	2,834	123
	2	417,960	3,362	124
	3	451,140	3,601	125
	4	433,290	3,470	125
	5	242,640	2,059	118
	6	172,410	1,510	114
	7	192,030	1,659	116
	8	252,640	1,805	140
	9	258,060	2,285	113
	10	253,500	2,209	115
	11	469,980	4,014	117
	12	376,110	3,255	116
61	1	524,130	4,461	117
	2	450,990	3,861	117
	3	517,770	4,411	117
	4	479,220	4,096	117
	5	249,480	2,213	113
	6	133,710	1,220	110
	7	157,920	1,393	113
	8	187,620	1,668	113
	9	207,870	1,832	113
	10	356,490	3,088	115
	11	349,500	2,966	118
	12	354,840	3,072	116

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 10

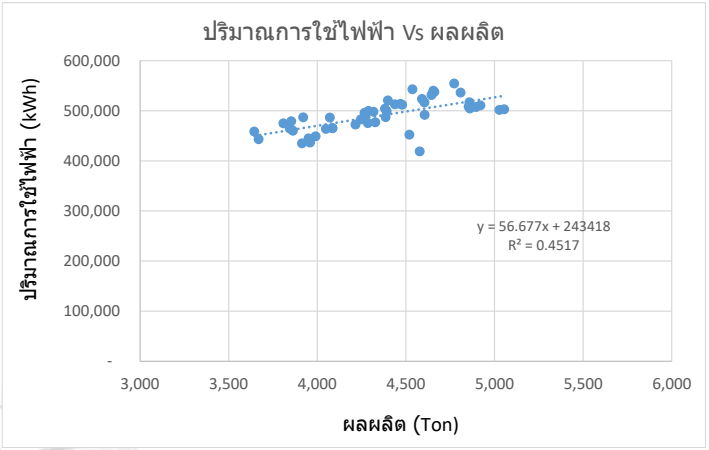


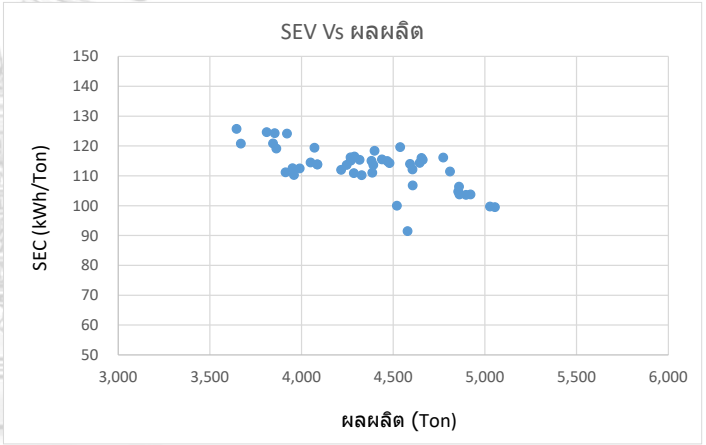


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	452,088	4,520	100
	2	418,896	4,578	92
	3	501,426	5,028	100
	4	502,794	5,054	99
	5	510,462	4,921	104
	6	504,324	4,861	104
	7	508,230	4,855	105
	8	482,616	4,246	114
	9	478,836	3,853	124
	10	486,630	3,921	124
	11	458,280	3,645	126
	12	474,840	3,810	125
59	1	475,362	4,285	111
	2	464,994	4,087	114
	3	531,054	4,644	114
	4	554,238	4,773	116
	5	516,762	4,859	106
	6	542,854	4,538	120
	7	520,722	4,398	118
	8	539,802	4,655	116
	9	513,630	4,468	115
	10	499,524	4,289	116
	11	486,198	4,071	119
	12	464,616	3,845	121
60	1	443,214	3,669	121
	2	436,554	3,959	110
	3	507,528	4,897	104
	4	491,832	4,606	107
	5	536,040	4,809	111
	6	511,920	4,479	114
	7	537,642	4,661	115
	8	523,296	4,591	114
	9	491,400	4,269	115
	10	497,898	4,317	115
	11	444,600	3,951	113
	12	448,740	3,990	112
61	1	460,116	3,863	119
	2	435,060	3,913	111
	3	512,712	4,439	116
	4	504,072	4,382	115
	5	516,330	4,605	112
	6	487,098	4,386	111
	7	495,864	4,267	116
	8	499,122	4,392	114
	9	472,212	4,216	112
	10	476,820	4,328	110
	11	465,192	4,086	114
	12	463,626	4,049	115

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 11

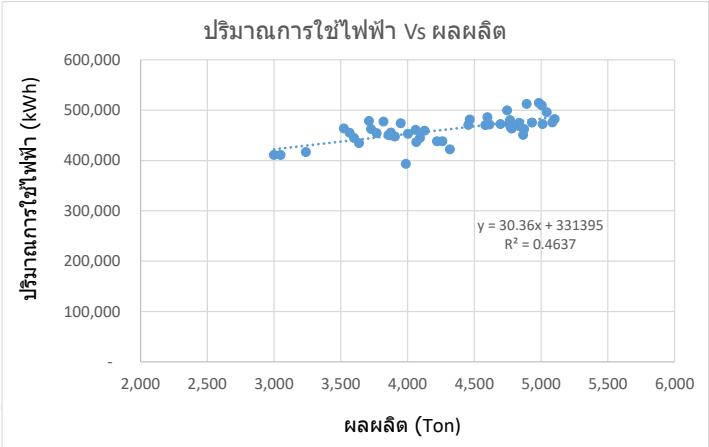


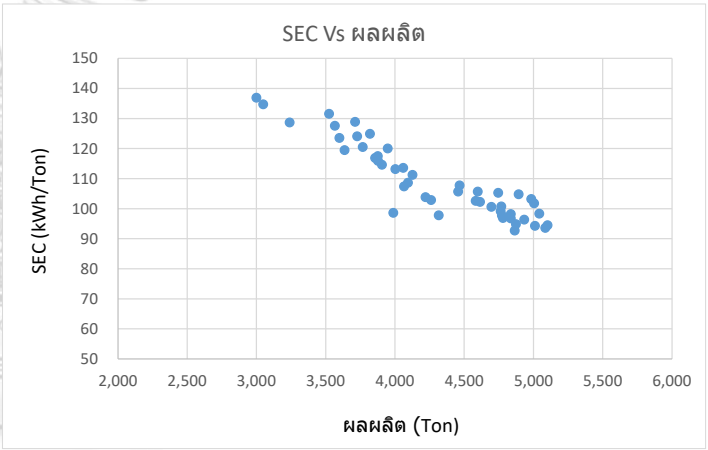


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	438,288	4,221	104
	2	393,138	3,987	99
	3	474,786	4,836	98
	4	480,114	4,767	101
	5	499,446	4,746	105
	6	470,160	4,583	103
	7	472,446	4,763	99
	8	459,000	4,127	111
	9	461,016	4,060	114
	10	473,994	3,948	120
	11	462,402	3,727	124
	12	478,368	3,712	129
59	1	477,162	3,820	125
	2	444,672	4,094	109
	3	509,472	5,005	102
	4	512,496	4,892	105
	5	514,278	4,984	103
	6	470,826	4,456	106
	7	471,654	4,614	102
	8	481,266	4,467	108
	9	455,490	3,876	118
	10	454,050	3,768	121
	11	434,556	3,637	119
	12	416,808	3,239	129
60	1	410,796	3,000	137
	2	410,814	3,049	135
	3	463,698	3,524	132
	4	455,076	3,566	128
	5	485,856	4,598	106
	6	475,812	5,085	94
	7	482,166	5,101	95
	8	475,254	4,933	96
	9	463,140	4,779	97
	10	472,500	4,697	101
	11	436,662	4,066	107
	12	447,570	3,906	115
61	1	452,916	4,004	113
	2	422,244	4,317	98
	3	472,302	5,011	94
	4	466,218	4,772	98
	5	496,008	5,043	98
	6	468,036	4,836	97
	7	451,026	4,865	93
	8	462,276	4,874	95
	9	438,354	4,261	103
	10	450,702	3,857	117
	11	444,618	3,599	124
	12	449,622	3,878	116

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 12

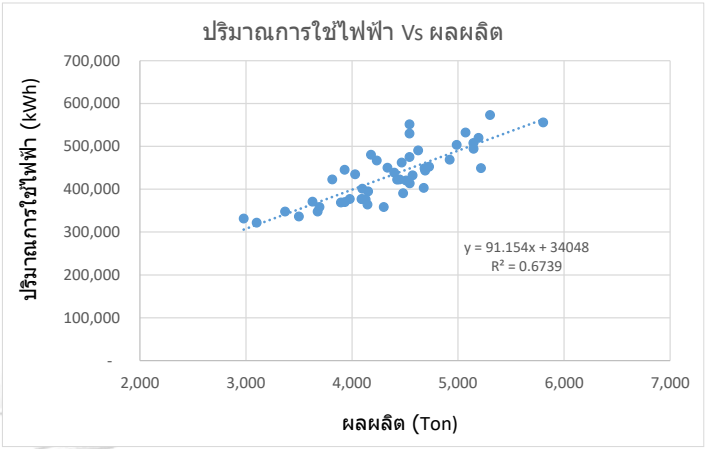


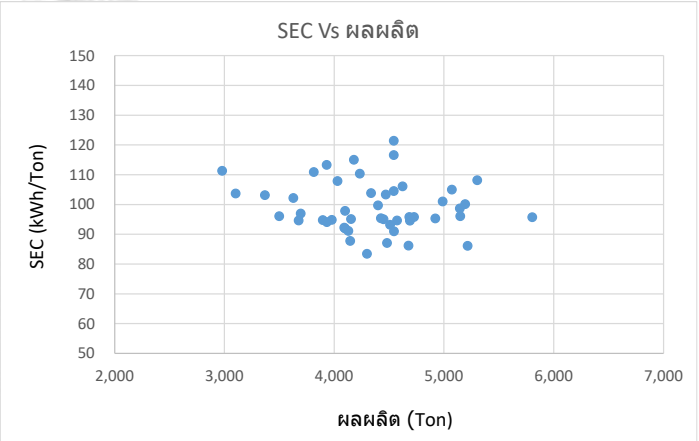


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	490,500	4,623	106
	2	467,100	4,233	110
	3	551,340	4,542	121
	4	532,380	5,072	105
	5	573,330	5,303	108
	6	520,020	5,193	100
	7	474,960	4,544	105
	8	529,800	4,544	117
	9	507,660	5,145	99
	10	555,750	5,804	96
	11	469,080	4,922	95
	12	448,560	4,684	96
59	1	452,730	4,727	96
	2	432,570	4,572	95
	3	503,730	4,988	101
	4	480,660	4,180	115
	5	461,970	4,469	103
	6	450,150	4,335	104
	7	445,560	3,932	113
	8	434,790	4,030	108
	9	422,880	3,814	111
	10	494,430	5,148	96
	11	443,520	4,691	95
	12	395,040	4,153	95
60	1	377,340	3,979	95
	2	420,150	4,509	93
	3	449,160	5,216	86
	4	422,970	4,450	95
	5	402,995	4,678	86
	6	358,585	4,299	83
	7	401,180	4,098	98
	8	376,710	4,098	92
	9	370,080	3,933	94
	10	422,160	4,426	95
	11	331,530	2,979	111
	12	321,660	3,101	104
61	1	390,360	4,482	87
	2	370,680	3,629	102
	3	438,750	4,399	100
	4	377,250	4,091	92
	5	413,520	4,545	91
	6	347,970	3,677	95
	7	336,120	3,499	96
	8	358,140	3,695	97
	9	369,090	3,895	95
	10	376,260	4,129	91
	11	347,580	3,369	103
	12	363,930	4,146	88

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 13

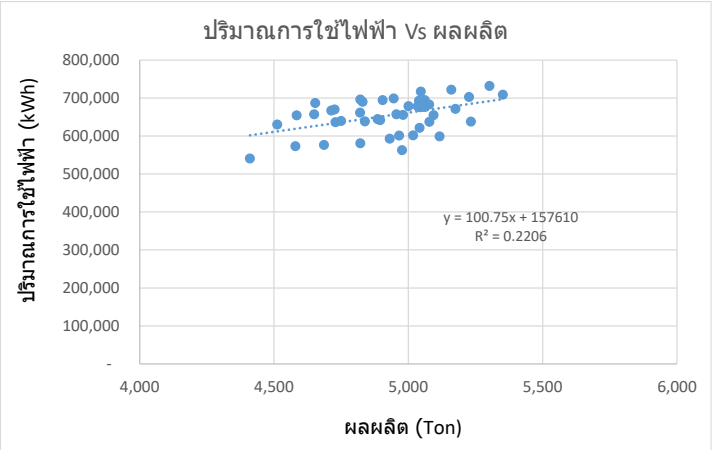


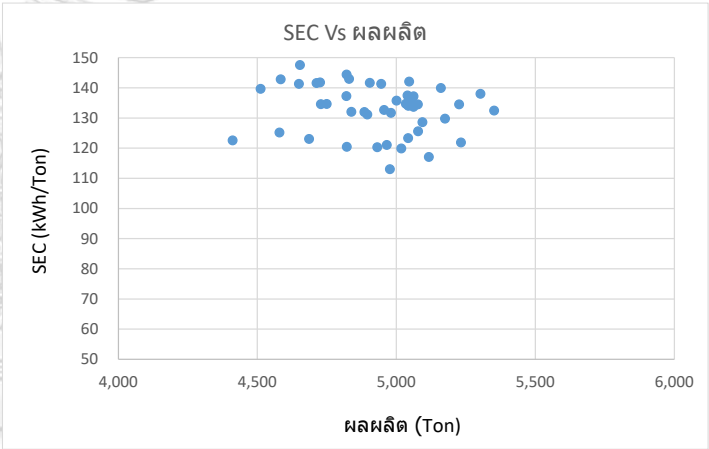


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	562,680	4,977	113
	2	573,660	5,964	96
	3	722,180	5,160	140
	4	671,620	5,175	130
	5	731,880	5,303	138
	6	696,300	4,821	144
	7	644,800	5,871	110
	8	593,240	4,931	120
	9	580,710	4,821	120
	10	601,020	4,966	121
	11	601,590	5,018	120
	12	598,890	5,117	117
59	1	576,720	4,686	123
	2	540,660	4,411	123
	3	637,890	5,233	122
	4	637,740	5,078	126
	5	678,960	5,001	136
	6	638,790	4,838	132
	7	661,560	4,820	137
	8	676,620	5,062	134
	9	644,640	4,886	132
	10	670,080	4,726	142
	11	657,330	4,956	133
	12	639,450	4,750	135
60	1	636,330	4,729	135
	2	573,210	4,580	125
	3	678,450	5,057	134
	4	630,270	4,512	140
	5	678,360	5,035	135
	6	690,480	4,830	143
	7	692,820	5,040	137
	8	717,000	5,046	142
	9	698,820	4,946	141
	10	694,590	5,062	137
	11	676,020	5,043	134
	12	655,000	5,094	129
61	1	686,790	4,654	148
	2	621,690	5,042	123
	3	703,080	5,226	135
	4	641,910	4,895	131
	5	708,960	5,352	132
	6	687,900	5,052	136
	7	694,800	4,904	142
	8	683,130	5,078	135
	9	657,000	4,650	141
	10	667,330	4,713	142
	11	654,720	4,584	143
	12	655,830	4,981	132

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 14

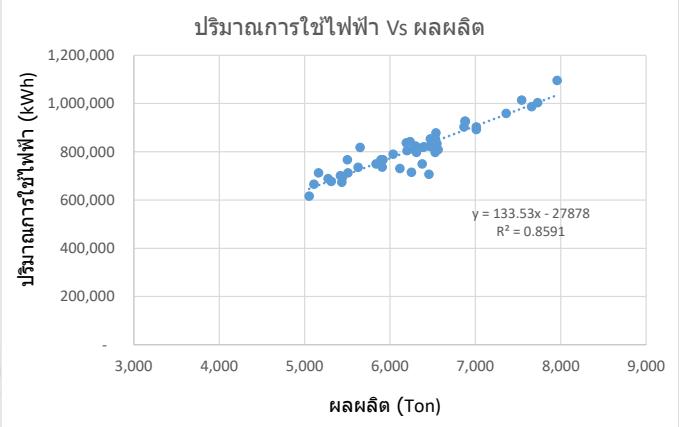


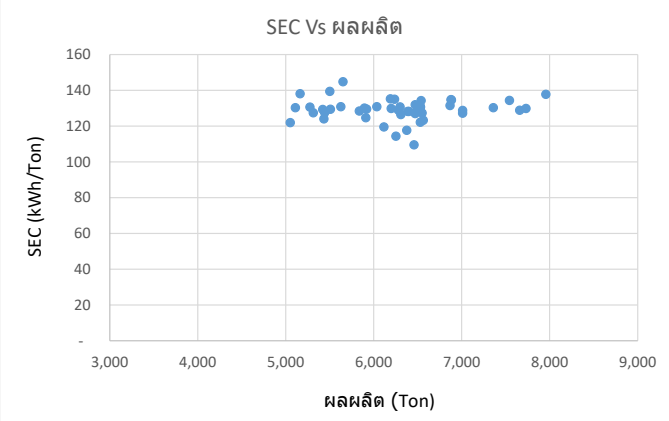


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	674,000	5,435	124
	2	736,000	5,626	131
	3	927,000	6,878	135
	4	926,000	6,883	135
	5	1,096,000	7,957	138
	6	1,014,000	7,544	134
	7	1,004,000	7,730	130
	8	959,000	7,360	130
	9	903,000	6,867	132
	10	903,000	7,011	129
	11	854,000	6,473	132
	12	810,000	6,280	129
59	1	767,000	5,895	130
	2	713,000	5,507	129
	3	853,000	6,532	131
	4	892,000	7,011	127
	5	987,000	7,659	129
	6	821,000	6,401	128
	7	824,000	6,300	131
	8	878,000	6,539	134
	9	842,000	6,237	135
	10	790,000	6,036	131
	11	750,000	5,838	128
	12	694,000	5,443	128
60	1	701,000	5,420	129
	2	689,000	5,276	131
	3	834,000	6,551	127
	4	819,000	6,386	128
	5	855,000	6,530	131
	6	805,000	6,200	130
	7	767,000	5,919	130
	8	837,000	6,191	135
	9	818,000	5,650	145
	10	767,000	5,501	139
	11	713,000	5,164	138
	12	666,000	5,109	130
61	1	677,000	5,313	127
	2	616,000	5,053	122
	3	798,000	6,309	126
	4	737,000	5,909	125
	5	822,000	6,471	127
	6	809,000	6,563	123
	7	828,000	6,478	128
	8	798,000	6,530	122
	9	731,000	6,116	120
	10	750,000	6,377	118
	11	715,000	6,253	114
	12	707,000	6,458	109

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 15

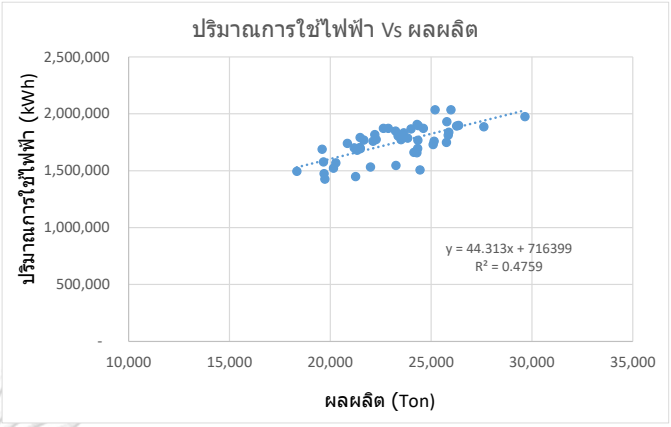


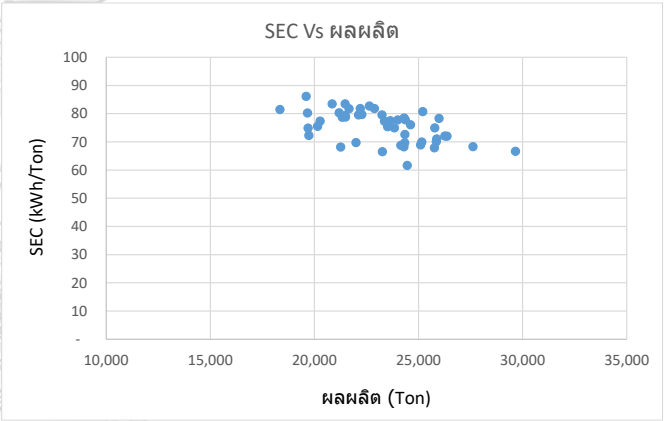


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	1,688,509	19,598	86
	2	1,425,536	19,724	72
	3	1,507,048	24,450	62
	4	1,772,358	23,511	75
	5	1,885,619	27,613	68
	6	2,034,707	25,983	78
	7	1,897,198	26,362	72
	8	1,931,030	25,775	75
	9	1,872,460	24,613	76
	10	1,767,132	24,342	73
	11	1,729,607	25,095	69
	12	1,785,543	23,833	75
59	1	1,532,839	21,991	70
	2	1,448,638	21,254	68
	3	1,837,906	25,871	71
	4	1,892,004	26,264	72
	5	1,975,796	29,655	67
	6	1,747,753	25,759	68
	7	1,758,613	25,151	70
	8	1,811,929	25,847	70
	9	1,657,969	24,297	68
	10	1,694,884	24,334	70
	11	1,660,216	24,143	69
	12	1,546,460	23,256	66
60	1	1,521,760	20,152	76
	2	1,474,499	19,694	75
	3	1,896,742	24,362	78
	4	1,848,535	23,239	80
	5	2,034,391	25,197	81
	6	1,831,720	23,642	77
	7	1,805,909	23,362	77
	8	1,906,658	24,305	78
	9	1,866,962	23,998	78
	10	1,774,110	22,269	80
	11	1,703,292	21,472	79
	12	1,568,473	20,269	77
61	1	1,577,318	19,659	80
	2	1,494,278	18,340	81
	3	1,871,349	22,880	82
	4	1,739,695	20,842	83
	5	1,872,371	22,632	83
	6	1,817,213	22,202	82
	7	1,792,034	21,474	83
	8	1,769,804	21,657	82
	9	1,700,660	21,181	80
	10	1,759,436	22,116	80
	11	1,692,827	21,490	79
	12	1,680,140	21,335	79

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 16

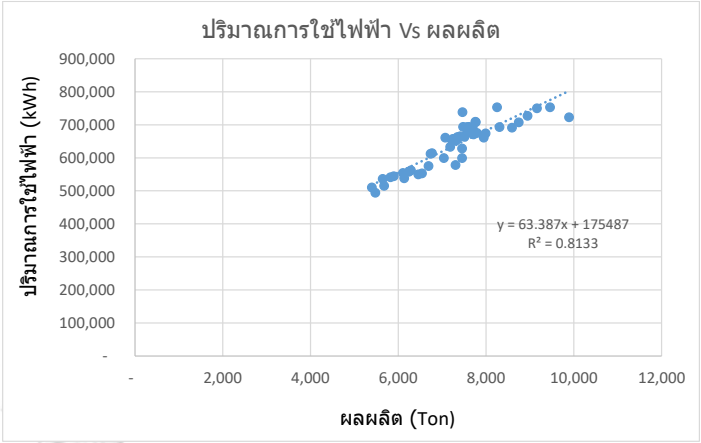


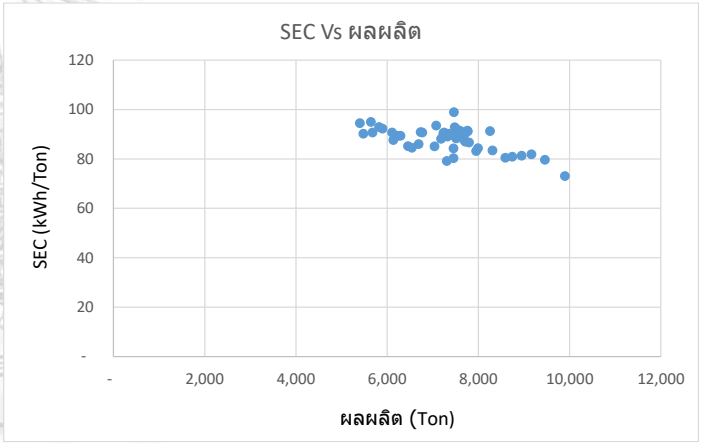


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	554,000	6,108	91
	2	541,000	5,822	93
	3	694,000	7,615	91
	4	661,000	7,074	93
	5	738,000	7,463	99
	6	693,000	7,569	92
	7	692,000	7,696	90
	8	674,000	7,688	88
	9	671,000	7,714	87
	10	663,461	7,512	88
	11	652,000	7,321	89
	12	653,000	7,228	90
59	1	599,000	7,039	85
	2	550,000	6,458	85
	3	674,000	7,989	84
	4	677,000	7,575	89
	5	753,000	8,254	91
	6	694,000	7,480	93
	7	708,000	7,766	91
	8	709,000	7,758	91
	9	657,000	7,246	91
	10	663,000	7,348	90
	11	665,000	7,413	90
	12	633,000	7,183	88
60	1	599,000	7,456	80
	2	578,000	7,304	79
	3	753,000	9,459	80
	4	693,000	8,310	83
	5	750,000	9,160	82
	6	727,000	8,947	81
	7	691,000	8,590	80
	8	723,000	9,894	73
	9	707,000	8,744	81
	10	661,000	7,948	83
	11	628,000	7,453	84
	12	553,000	6,542	85
61	1	575,000	6,689	86
	2	538,000	6,137	88
	3	675,000	7,794	87
	4	612,000	6,735	91
	5	614,000	6,770	91
	6	562,000	6,289	89
	7	558,000	6,242	89
	8	544,000	5,899	92
	9	510,000	5,400	94
	10	536,000	5,644	95
	11	515,000	5,679	91
	12	494,000	5,476	90

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 17

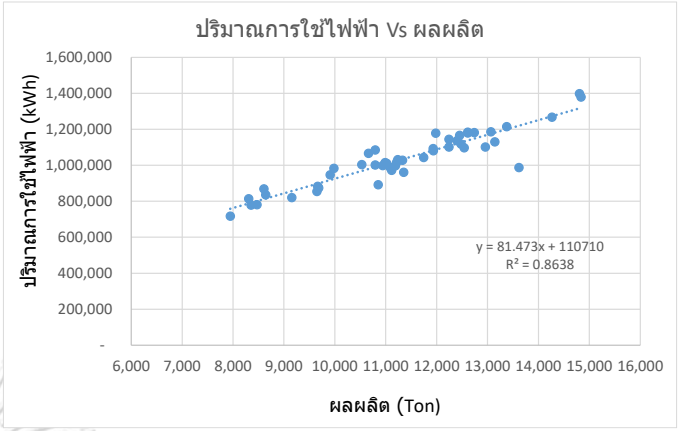


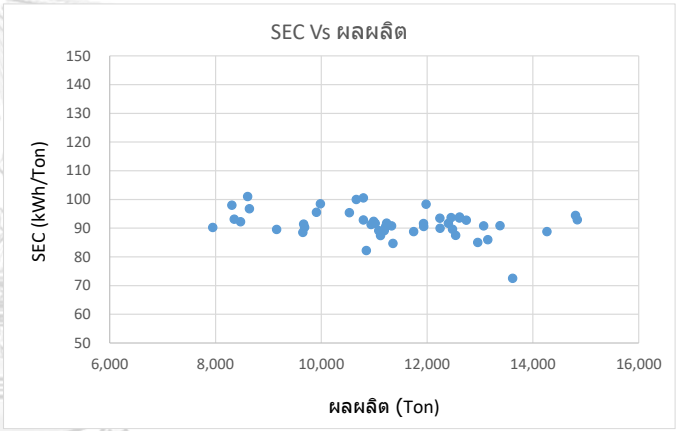


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	717,000	7,944	90
	2	781,000	8,471	92
	3	961,000	11,352	85
	4	892,000	10,849	82
	5	1,215,000	13,376	91
	6	1,179,000	12,609	94
	7	1,184,264	12,612	94
	8	1,166,000	12,453	94
	9	1,182,000	12,740	93
	10	1,004,000	10,527	95
	11	1,066,000	10,659	100
	12	983,000	9,982	98
59	1	869,000	8,606	101
	2	814,000	8,308	98
	3	1,085,000	10,792	101
	4	1,178,000	11,980	98
	5	1,398,000	14,804	94
	6	1,093,000	11,930	92
	7	1,031,000	11,234	92
	8	1,101,000	12,242	90
	9	1,043,000	11,743	89
	10	1,002,000	10,793	93
	11	1,016,000	11,214	91
	12	972,000	11,116	87
60	1	883,000	9,663	91
	2	874,000	9,681	90
	3	987,000	13,615	72
	4	1,118,000	12,477	90
	5	1,378,999	14,838	93
	6	1,267,001	14,264	89
	7	1,137,000	12,400	92
	8	1,186,000	13,065	91
	9	1,144,000	12,240	93
	10	946,000	9,905	96
	11	854,000	9,648	89
	12	778,000	8,353	93
61	1	836,000	8,640	97
	2	820,000	9,154	90
	3	1,028,000	11,328	91
	4	988,000	11,085	89
	5	1,101,000	12,955	85
	6	1,081,000	11,933	91
	7	1,015,000	10,986	92
	8	1,010,000	11,017	92
	9	998,000	10,938	91
	10	1,097,000	12,539	87
	11	1,130,000	13,144	86
	12	997,000	11,190	89

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 18

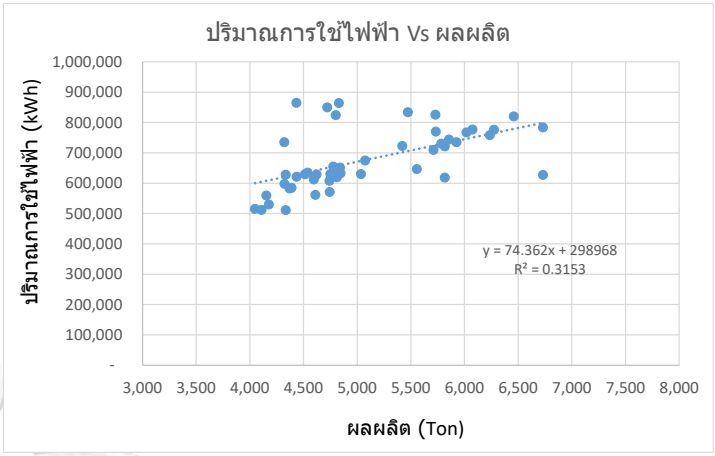


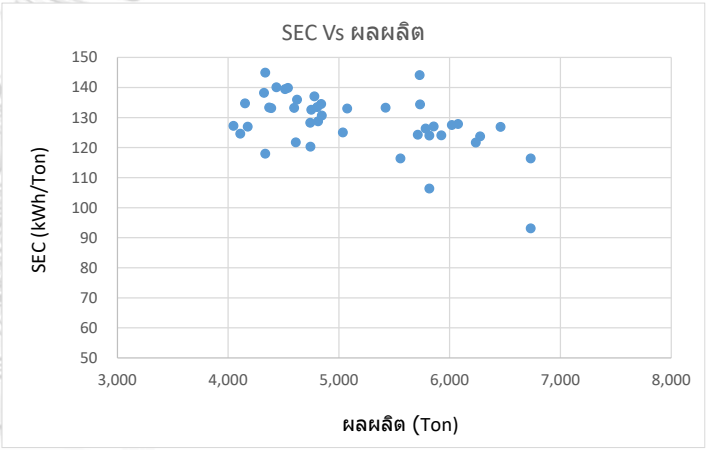


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	561,450	4,611	122
	2	570,850	4,744	120
	3	735,240	5,925	124
	4	709,920	5,712	124
	5	819,930	6,460	127
	6	758,760	6,237	122
	7	767,430	6,019	127
	8	743,820	5,856	127
	9	730,500	5,783	126
	10	646,740	5,557	116
	11	770,220	5,732	134
	12	722,640	5,421	133
59	1	674,970	5,074	133
	2	651,120	4,840	135
	3	776,670	6,075	128
	4	776,400	6,276	124
	5	783,720	6,732	116
	6	721,410	5,817	124
	7	825,510	5,728	144
	8	833,610	5,473	152
	9	824,370	4,801	172
	10	863,820	4,829	179
	11	849,750	4,722	180
	12	864,570	4,434	195
60	1	734,760	4,322	170
	2	515,160	4,048	127
	3	629,790	5,036	125
	4	619,740	4,812	129
	5	627,000	6,732	93
	6	618,630	5,817	106
	7	628,350	4,621	136
	8	633,090	4,846	131
	9	608,100	4,742	128
	10	582,750	4,371	133
	11	559,410	4,153	135
	12	530,130	4,177	127
61	1	511,410	4,334	118
	2	512,130	4,110	125
	3	629,970	4,751	133
	4	584,400	4,390	133
	5	641,520	4,806	133
	6	654,780	4,778	137
	7	634,950	4,539	140
	8	612,210	4,596	133
	9	621,330	4,435	140
	10	629,520	4,514	139
	11	597,570	4,323	138
	12	628,140	4,334	145

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 19

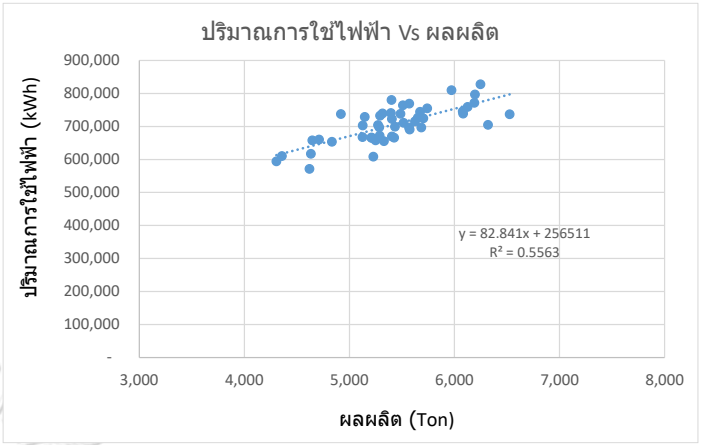


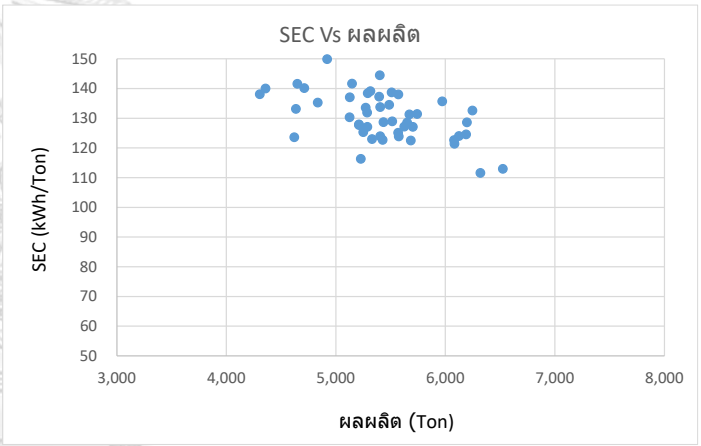


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Year	Month	kWh	Ton	kWh/ton
58	1	571,080	4,621	124
	2	609,990	4,357	140
	3	763,950	5,509	139
	4	724,680	5,703	127
	5	810,150	5,971	136
	6	744,480	5,672	131
	7	739,290	5,315	139
	8	711,120	5,516	129
	9	672,000	5,288	127
	10	669,806	5,405	124
	11	697,170	5,285	132
	12	696,540	5,685	123
59	1	665,490	5,210	128
	2	608,280	5,229	116
	3	754,590	5,741	131
	4	796,860	6,196	129
	5	828,090	6,247	133
	6	704,020	5,272	134
	7	740,400	5,395	137
	8	768,900	5,571	138
	9	696,780	5,568	125
	10	705,120	6,319	112
	11	722,940	5,405	134
	12	690,330	5,574	124
60	1	666,630	5,210	128
	2	658,020	5,250	125
	3	745,770	6,080	123
	4	737,010	6,525	113
	5	771,270	6,190	125
	6	732,540	5,291	138
	7	729,030	5,147	142
	8	780,480	5,402	144
	9	738,150	5,487	135
	10	738,540	6,083	121
	11	699,120	5,434	129
	12	665,730	5,427	123
61	1	667,820	5,125	130
	2	653,790	4,834	135
	3	759,450	6,125	124
	4	715,350	5,625	127
	5	726,270	5,651	129
	6	660,330	4,712	140
	7	657,930	4,648	142
	8	702,680	5,127	137
	9	737,400	4,919	150
	10	655,320	5,330	123
	11	617,120	4,635	133
	12	594,360	4,305	138

ค่า SEC ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 20





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค.

ตารางแสดงกลุ่มมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ของโรงงานน้ำแข็ง ปี 2558-2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางแสดงการจัดกลุ่มมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานผลิตน้ำแข็ง ปี 2558-2561

กลุ่มมาตรการ	มาตรการ	จำนวนโรงงานที่ดำเนินการ				
		2558	2559	2560	2561	รวม
House Keeping (HK)	การกำจัดตะกรันในระบบน้ำหล่อเย็น รวมถึงในตัวเครื่องทำความเย็น (Chiller)	1	1	1	1	4
	การกำหนดเวลาปิด-เปิด เครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	2	3	7		12
	การจัดโหลดการทำงานของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	1	1			2
	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม (เครื่องจักรและอุปกรณ์)	21	19	13	16	69
	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม (Package Unit)	2	1	1		4
	การบำรุงรักษาที่เหมาะสม (Window/Split Type)		2	1		3
	การปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น	1		1	1	3
	การปรับตั้งอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น			1	2	3
	การปรับตั้งอุณหภูมิในห้อง	3	1			4
	การเปลี่ยนหลอดตามระยะเวลาที่กำหนด		3			3
	การยกเลิกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น	2	1			3
	การย้ายเวลาใช้งานอุปกรณ์			1	1	2
	การลดการรั่วไหลของอากาศร้อน-เย็น	1				1
	ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	1	1			2
	ลดเวลาการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	3		4		7
	รวม	**38**	**33**	**30**	**21**	**122**

กลุ่มมาตรการ	มาตรการ	จำนวนโรงงานที่ดำเนินการ				
		2558	2559	2560	2561	รวม
Machine Change	การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง	1	3			4
	การใช้เครื่องทำความเย็น (ชิลเลอร์) ใหม่ ประสิทธิภาพสูงทดแทนของเดิม			4	3	7
	การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER) ทดแทนชุดเดิม			1		1
	การใช้เครื่องปรับอากาศชุดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม			1		1
	การใช้พัดลมประสิทธิภาพสูง			1		1
	การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	2	1	1		4
	การใช้หอผึ่งน้ำเย็นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนของเดิม		1	2		3
	การเปลี่ยนขนาดมอเตอร์ในระบบน้ำ Cooling	1			1	2
	การเปลี่ยนเครื่อง Refrigeration Unit				1	1
	การเปลี่ยนหลอด LED	18	7	7	9	41
	การเปลี่ยนชนิดและขนาดของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน	2				2
	การเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	2	1	1		4
	โคมไฟชนิดอื่นๆ	1	2	2	2	7
	ใช้ชุดเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนชุดเดิม	1	1			2
	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์			2		2
	รวม	**28**	**16**	**22**	**16**	**82**

กลุ่มมาตรการ	มาตรการ	จำนวนโรงงานที่ดำเนินการ				
		2558	2559	2560	2561	รวม
Process Improvement (PI)	การเคลือบผิวภายใน		2			2
	การจัดโหลดการทำงานให้เหมาะสม			1	1	2
	การจัดโหลดให้เหมาะสมกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์		2	1		3
	การใช้ Inverter ควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำมันแทนการใช้วาล์ว	1			1	2
	การใช้เครื่องตั้งเวลาควบคุมการปิด-เปิด		1	1	1	3
	การใช้ชุด Automatic Capacitor Bank				1	1
	การใช้ระบบการจัดการแสงสว่าง (Lighting Management System)	1	2			3
	การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิด		2	5		7
	การดัดแปลงเครื่องทำความเย็น (ชิลเลอร์) เก่าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น			1	1	2
	การดัดแปลงเครื่องปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น	1	1	1		3
	การดัดแปลงระบบท่อส่งจ่ายลมอัด				1	1
	การดัดแปลงหอผึ่งน้ำเย็นให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น	3	2			5
	การต่อวงจรควบคุมการทำงานเพื่อลดการเดินเครื่องตัวเปล่า			1		1
	การติด Capacity Bank ที่อุปกรณ์ขนาดใหญ่				1	1
	การติดตั้งระบบอัตโนมัติควบคุมการทำงานของอุปกรณ์		1			1
	การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น	1				1
	การปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ให้เหมาะสม	1		2		3
	การปรับปรุงระบบเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น				1	1

กลุ่มมาตรการ	มาตรการ	จำนวนโรงงานที่ดำเนินการ				
		2558	2559	2560	2561	รวม
Process Improvement (PI)	การผลิตพลังงานร่วมโดยใช้วิธีการอื่นๆ				1	1
	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	2		1		3
	การหุ้มฉนวนท่อเย็นหรืออุปกรณ์	1	2	1		4
	การหุ้มฉนวนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้ความร้อน		1			1
	การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ	1				1
	ปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงหลักสูงขึ้นจากหม้อแปลงย่อย	1				1
	ปรับแรงดันให้เหมาะสมในหม้อแปลงย่อย	1				1
	รวม	**2572**	**2575**	**2575**	**2570**	**54**
อื่นๆ	เปลี่ยนการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นการใช้พลังงานชนิดอื่นๆ				1	1
	วิธีอื่นๆ ด้านมอเตอร์		1			1
	วิธีอื่นๆ ในการดูแลเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่นๆ	2	8	3	9	22
	วิธีอื่นๆ ในการดูแลระบบปรับอากาศหรือทำความเย็นและระบายอากาศ	1	3	4	8	16
	วิธีอื่นๆ ในการดูแลระบบแสงสว่าง	1	4	1	2	8
	วิธีอื่นๆด้านระบบปั๊มและพัดลม			1	1	2
	รวม	**4**	**16**	**9**	**21**	**50**

ภาคผนวก ง.
ตารางแสดงผลดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน
ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 8 ปี 2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางแสดงผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ของโรงงานน้ำแข็งลำดับที่ 8

มาตรการ	เป้าหมายการประหยัดพลังงานไฟฟ้า			ร้อยละ	เงินลงทุน	ระยะเวลาคืนทุน
	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี	ผลประหยัด	(บาท)	(ปี)
เปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำแข็งหลอดจากระบบฟรีออนเป็นแอมโมเนีย จำนวน 2 ชุด		432,104	1,408,659	4.68	20,000,000	14.20

หมายเหตุ

1. ร้อยละผลประหยัดคิดเทียบจากข้อมูลการใช้พลังงานในปีที่ผ่านมา
2. อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.25 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ปี 2560)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุจิตรา จำนงบุตร
วัน เดือน ปี เกิด	14 ตุลาคม 2521
สถานที่เกิด	นครศรีธรรมราช
วุฒิการศึกษา	เศรษฐศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ที่อยู่ปัจจุบัน	603/99 ถ.นวลจันทร์ แขวงนวลจันทร์ เขตบึงกุ่ม กทม. 10230

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY