การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับระบบผลิตน้ำประปากรณีศึกษา การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี

โดย
นายเอกพล ปัทมดิลก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับระบบผลิตน้ำประปากรณีศึกษา การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี

โดย

นายเอกพล ปัทมดิลก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

MIXED INTEGER PROGRAMING FOR WATER PRODUCTION SYSTEM ; CASE STUDY PROVINCIAL WATER WORKS AUTHORITY BRANCH PHETCHABURI.

By

Mr. Eakapol Pattamadilok

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Engineering Program in Engineering Management

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2016

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับระบบผลิตน้ำประปากรณีศึกษาการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ” เสนอโดย นายเอกพล ปัทมดิลก เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

……..

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์)

...../...../.....

57405323: สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คำสำคัญ : การจัดกำหนดการ/โปรแกรมเชิงเส้น/เครื่องสูบน้ำ

เอกพล ปัทมดิลก : การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับระบบผลิตน้ำประปา กรณีศึกษาการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์. 77 หน้า.

บทความนี้มุ่งเน้นพัฒนาการจัดกำหนดการเครื่องสูบน้ำในระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม เพื่อช่วยในการลดค่าพลังงานไฟฟ้าและลดปัญหาการผลิตที่ไม่เพียงพอต่อการส่งจ่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำ ในบทความนี้ได้มีการเปรียบเทียบระหว่างการจัดกำหนดการแบบเดิมกับแบบใหม่ที่ปรับปรุงและยังได้มีการเพิ่มข้อจำกัดที่เกี่ยวกับระบบไฮดรอลิกส์มาร่วมในการวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า แบบที่ใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ และยังให้ผลของการลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ดีกว่ารูปแบบเดิมถึง 1,686.13 บาทต่อวันหรือ 404,671 บาทต่อปีโดยไม่ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายใดๆ สำหรับปัญหานี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ลายมือชื่อนักศึกษา..... ปีการศึกษา 2559
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

57405323 : MAJOR : ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD : MACHINE SCHEDULING, LINEAR PROGRAMMING, PUMP
EAKAPOL PATTHAMADILOK : MIXED INTEGER PROGRAMING FOR WATER PRODUCTION SYSTEM ; CASE STUDY PROVINCIAL WATER WORKS AUTHORITY BRANCH PHETCHABURI.. THESIS ADVISOR Dr. Kanate Pansawat: . P77 .

This study aims to develop a machine (pump) scheduling by using a mixed integer linear programming for a water supply production system, a case study of a provincial waterworks authority, Phetchaburi branch. An improved schedule is expected for helping reduce a firm's electricity usage and resolve a water supply shortage problem. By comparing an existing schedule with the improved schedule, including an analysis of a hydraulic system constraint, the results of the study show that a mixed integer linear programming can optimise the pump schedule and this improved schedule can help to reduce the firm's electricity usage for 1686.13 baht per day or 404,671 per year without a cost increase.

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT Graduate School, Silpakorn University
Student's signature..... Academic Year 2016
Thesis Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ผู้มีพระคุณท่านแรกคืออาจารย์ ดร.กัญจนา ทองสนิท ผู้ล่วงลับ ผู้ซึ่งริเริ่มให้แนวความคิดในการทำงานวิจัยผลงานนี้ หากไม่มีท่านคงไม่มีผลงานชิ้นนี้เกิดขึ้นมาได้ ท่านที่ สอง อาจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลือชี้แนะแนวทางการจัดทำและปรับปรุงแก้ไขด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา

ผศ.ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์ และ ผศ.ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ท่านทั้งสองให้เกียรติเป็นกรรมการตรวจงานวิจัยชิ้นนี้และให้ความรู้ คำแนะนำ เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาส นี้ ขอขอบคุณผู้บริหารและพนักงานการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ทุกท่านที่ให้คำแนะนำข้อชี้แนะต่างๆเพื่อแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณมารดา ผู้ที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา และเด็กชายกิตติพัฒน์ ปัทมดิลก ลูกชายสุดที่รักที่เป็นแรงใจให้พ่ออยากทำผลงานวิจัยนี้ออกมา

งานวิจัยฉบับนี้หากมีคุณค่าและประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าของผู้สนใจ ผู้ศึกษาขอน้อมอุทิศให้แก่บิดาผู้ล่วงลับและผู้มีพระคุณทั้งหมดข้างต้น ส่วนความผิดพลาดและข้อบกพร่องใด ๆ ผู้ศึกษาขอกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ และขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่
1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
กรอบแนวคิดในการวิจัย 4
วัตถุประสงค์การวิจัย 4
สมมติฐานงานวิจัย 4
ขอบเขตของการวิจัย 4
นิยามศัพท์ 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
อัตราค่าไฟฟ้า 6
ทฤษฎีอัตราการสูบเครื่องสูบน้ำ 6
ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 10
3 วิธีดำเนินการวิจัย 11
รวบรวมและเตรียมข้อมูลที่ใช้ศึกษา 12
พัฒนากำหนดการเพื่อหาค่าที่เหมาะสม 15
การเริ่มใช้งานโปรแกรม 19
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 23
การทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการจัดกำหนดการทำงาน 23
การจัดกำหนดการโดยกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม 24
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 32
สรุปผลงานวิจัย 32
อภิปรายผล 33
ข้อเสนอแนะ 34
รายการอ้างอิง 35
ภาคผนวก 37
ภาคพนวก ก.ข้อมูลที่รวบรวมเพื่อใช้ในการศึกษา 38
ภาคพนวก ข.ผลที่ได้จากกำหนดการเชิงเส้น 49
ภาคพนวก ค.ผลจากการนำไปใช้งานในองค์กร 66

บทที่ หน้า
ภาคพนวก ง.การพัฒนาตนเอง..... 72
ประวัติผู้วิจัย..... 77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราค่าไฟฟ้า	5
2	ปริมาณน้ำเฉลี่ยส่งจ่ายของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี	12
3	คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำ	13
4	การทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการจัดกำหนดการ	14
5	ปริมาณน้ำล้างย้อน	15
6	กรอกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์	20
7	ผลการคำนวณโดยโปรแกรม	22
8	การทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการจัดกำหนดการทำงาน	23
9	เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าก่อนการจัดกำหนดการทำงาน	24
10	กำหนดการเดินเครื่องสูบน้ำในแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์	25
11	ผลการจัดกำหนดการแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์	26
12	กำหนดการเดินเครื่องสูบน้ำในแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์	27
13	ผลการจัดกำหนดการแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์	28
14	เปรียบเทียบผลกำหนดการแบบคงเหลือน้ำในถังน้ำใส	30
15	ผลการจัดกำหนดเชิงเส้น โดยปรับเปลี่ยนปริมาณถังน้ำใส	31
16	เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าและกำลังงานไฟฟ้าของทุกกำหนดการ	33
17	ปริมาณน้ำส่งจ่ายประจำเดือน พฤศจิกายน 2558	39
18	ปริมาณน้ำส่งจ่ายประจำเดือน ธันวาคม 2558	40
19	ปริมาณน้ำส่งจ่ายประจำเดือน มกราคม 2559	41
20	ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ Total Head และ Quantity	45
21	การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 2,000 ลบ.ม	50
22	เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการคงน้ำคงเหลือ2,000 ลบ.ม	51
23	การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 3,000 ลบ.ม	52
24	เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 3,000 ลบ.ม	53
25	การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 4,000 ลบ.ม	54
26	เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 4,000 ลบ.ม	55
27	การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 5,000 ลบ.ม	56
28	เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 5,000 ลบ.ม	57
29	การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบปรับถังน้ำใสเป็น 15,000 ลบ.ม	58
30	เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 15,000 ลบ.ม	59
31	การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 20,000 ลบ.ม	60
32	เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 20,000 ลบ.ม	61
33	การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 25,000 ลบ.ม	62

ตารางที่ หน้า

34 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการ
แบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 25,000 ลบ.ม..... 63
35 การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 30,000 ลบ.ม..... 64
36 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการ
แบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 25,000 ลบ.ม..... 65

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตน้ำการประปาส่วนภูมิภาค	2
2	กระบวนการผลิตน้ำการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี	3
3	กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
4	เฮดสถิตย์ (Static Head)	5
5	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	11
6	กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ RVM01BL-RVM03BL	14
7	สมการในโปรแกรมคำนวณ	21
8	สมการเป้าหมายและข้อจำกัดในโปรแกรมคำนวณ	21
9	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานก่อนการจัดกำหนดการทำงาน	24
10	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์	26
11	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์	28
12	กำลังงานไฟฟ้าจากการจัดกำหนดโดยเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือ	29
13	ค่าไฟฟ้าจากการจัดกำหนดโดยเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือ	29
14	กำลังงานไฟฟ้าจากกำหนดเชิงเส้น โดยปรับเปลี่ยนปริมาณถังน้ำใส	30
15	ค่าไฟฟ้าจากกำหนดเชิงเส้น โดยปรับเปลี่ยนปริมาณถังน้ำใส	31
16	กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ RVM01BL-RVM03BL	41
17	กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ RVM04BL	42
18	กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ RVM05BL-RVM06BL	43
19	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงของการทำงานหลังการจัดกำหนดการคงน้ำคงเหลือ2,000 ลบ.ม	51
20	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงของการทำงานหลังการจัดกำหนดการคงน้ำคงเหลือ 3,000 ลบ.ม	53
21	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 4,000 ลบ.ม	55
22	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 5,000 ลบ.ม	57
23	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 15,000 ลบ.ม	59
24	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 20,000 ลบ.ม	61
25	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 25,000 ลบ.ม	63
26	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 30,000 ลบ.ม	65
27	หลักเกณฑ์พิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 1	67
28	หลักเกณฑ์พิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 2	68
29	ผลการพิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 1	69
30	ผลการพิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 2	70
31	ผลการพิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 3	71

ภาพที่ หน้า

32 ผลการพิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 4..... 72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

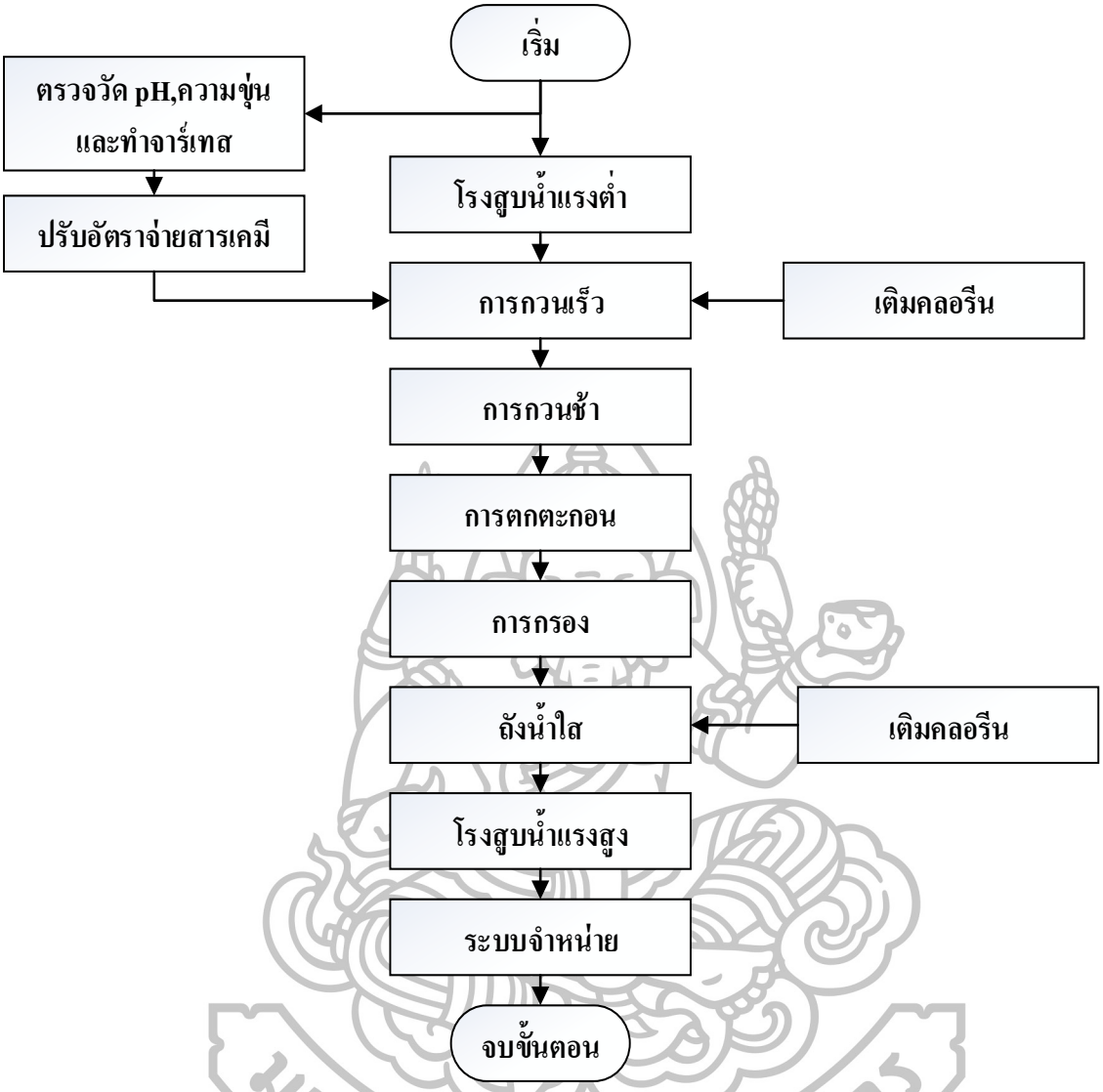
การประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) มีพันธกิจในการให้บริการน้ำประปาให้กับประชาชนในส่วนภูมิภาค ครอบคลุมทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย มีพื้นที่ให้บริการรวม 234 สาขา และ หน่วยบริการอีกกว่า 356 แห่ง มีผู้ใช้น้ำที่ได้รับบริการมากกว่า 4 ล้านรายให้มีปริมาณและมีคุณภาพที่ได้มาตรฐานมีความสม่ำเสมอและมีความต่อเนื่องตลอดเวลา ปัจจุบันประสบปัญหาสภาวะขาดแคลนน้ำหรือ ภัยแล้ง แนวโน้มว่าจะรุนแรงมากขึ้นทุกปี จากแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปามีปริมาณลดลง เกิดปัญหา การจ่ายน้ำประปาเพื่อให้บริการผู้ใช้น้ำ

กระบวนการผลิตน้ำให้แก่ประชาชน กปภ.มีการจัดกำหนดการเดินเครื่องสูบน้ำเพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่ผลิตให้เพียงพอและลดปริมาณน้ำสูญเสียในระบบผลิต โดยใช้กระแสไฟฟ้าให้ได้คุมค่ามากที่สุด โดยในกระบวนการผลิตมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าการใช้กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำเพื่อที่จะได้ทราบถึงอัตราการผลิตว่าเพียงพอหรือไม่

แต่เนื่องจากการจัดกำหนดการเดินเครื่องสูบน้ำในระบบผลิตยังใช้การตัดสินใจโดยผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งอาจเกิดปัญหาการตัดสินใจที่ผิดพลาดเช่น เกิดปัญหาการเดินเครื่องสูบน้ำมากเกินไปจนปริมาณน้ำมากเกินความจุถังน้ำใส เกิดการลดน้ำจำหน่ายในบางช่วงเวลาเนื่องจากการผลิตที่ไม่เพียงพอ เกิดการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเนื่องจากการเดินเครื่องสูบน้ำที่เกินความจำเป็น เหตุการณ์ต่างๆล้วนแล้วเกิดจากข้อจำกัดในการตัดสินใจเดินเครื่องสูบน้ำที่ต้องอาศัยประสบการณ์ ซึ่งบุคลากรใน กปภ. สาขา บางส่วนยังขาดความรู้และประสบการณ์ในการวางแผนเดินเครื่องสูบน้ำ อีกทั้งยังมีภาระหน้าที่อื่นๆที่ต้องกระทำในช่วงเวลาเดียวกัน

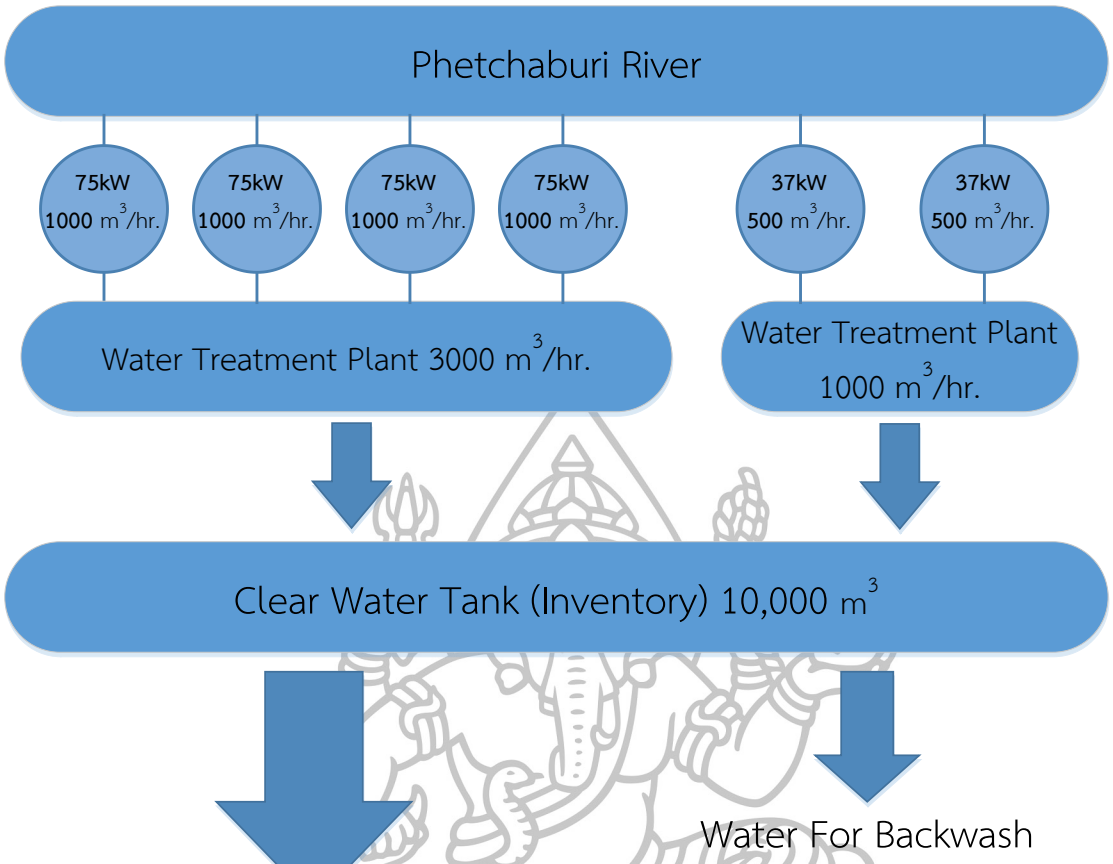
การจัดกำหนดการการเดินเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมจะช่วยลดค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้าและลดปัญหาการผลิตปริมาณน้ำที่ไม่เหมาะสมได้ ในระบบผลิตน้ำประปานั้นมีขั้นตอนต่าง ๆ หลายขั้นตอนด้วยกันประกอบด้วย โรงสูบน้ำแรงต่ำ หอแบ่งน้ำ การกวนเร็ว การกวนช้า การตกตะกอน การกรอง ถังน้ำใส โรงสูบน้ำแรงสูง โรงจ่ายสารเคมี เป็นต้น โดยระบบผลิตแบบทั่วไปที่การประปาส่วนภูมิภาคใช้งานแสดงดังภาพที่ 1

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตน้ำการประปาส่วนภูมิภาค

ในงานวิจัยนี้ยกตัวอย่างระบบผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ซึ่งมีระบบผลิต 2 ระบบต่อร่วมกันอยู่ประกอบด้วย ระบบผลิตหลักมีเครื่องสูบน้ำอัตราการสูบ 1,000 ลบ.ม./ชม. ติดตั้งอยู่จำนวน 4 เครื่อง สูบเข้าโรงกรองน้ำรองรับอัตราการผลิตได้ 3,000 ลบ.ม./ชม. และในระบบรองมีเครื่องสูบน้ำอัตราการสูบ 500 ลบ.ม./ชม. ติดตั้งอยู่จำนวน 2 เครื่อง สูบเข้าโรงกรองน้ำรองรับอัตราการผลิตได้ 1,000 ลบ.ม./ชม. แสดงดังภาพที่ 2

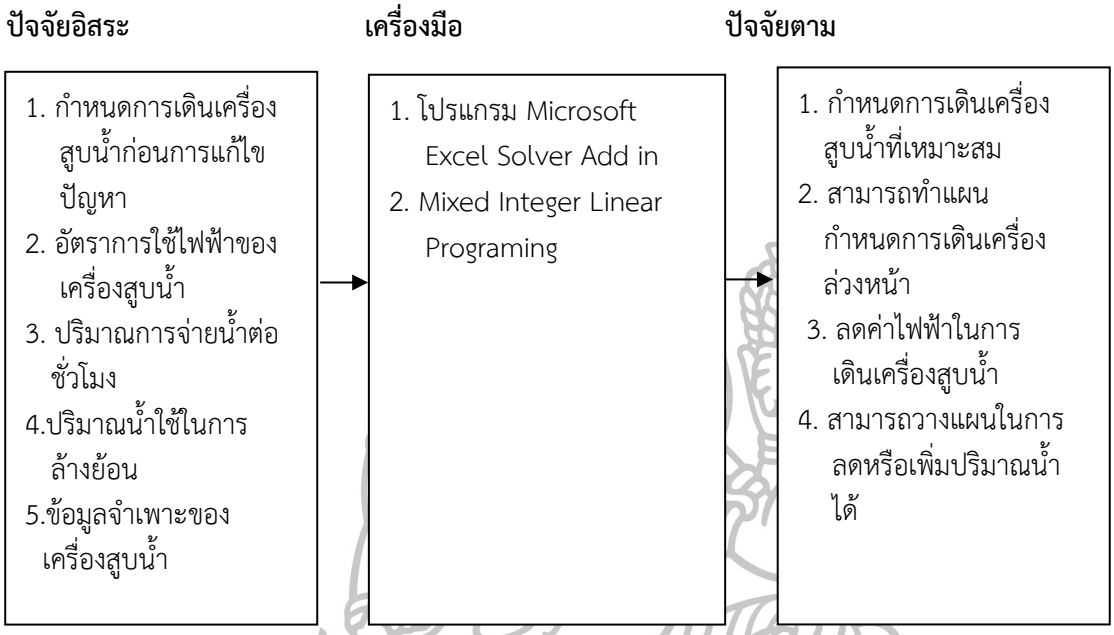


ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตน้ำการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี

ปริมาณน้ำจากทั้ง 2 ระบบผลิตถูกส่งเข้าไปพักที่ถังน้ำใส (Clear Water Tank) ขนาด 10,000 ลบ.ม. ซึ่งเป็นแหล่งสำรองน้ำที่มีปริมาณค่อนข้างจำกัดเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ส่งจ่ายอยู่ที่ประมาณ 2,000 ลบ.ม./ชม. อีกทั้งยังมีข้อจำกัดของถังน้ำใสที่จะต้องมีปริมาณน้ำคงเหลือภายในถังที่ห้ามต่ำกว่า 1,000 ลบ.ม.เพราะเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าระดับดังกล่าว เครื่องสูบน้ำจะไม่สามารถสูบน้ำเพื่อส่งจ่ายออกสู่ผู้ใช้น้ำได้เพราะระดับน้ำต่ำกว่าปลายท่อทางดูด และยังมีขั้นตอนการทำงานที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่ผลิตได้คือในช่วงเวลา 22.00 น. คือเจ้าหน้าที่ต้องทำความสะอาดถังกรองโดยใช้วิธีการล้างย้อน (Back wash) ซึ่งเป็นการนำน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วกลับมาล้างตะกอนที่ตกค้างอยู่ที่หน้าสารกรองออกซึ่งจะเกิดน้ำสูญเสียในปริมาณที่สูง ปริมาณน้ำที่ผลิตได้จึงลดลงส่งผลให้ต้องมีการเดินเครื่องสูบน้ำเพิ่มเพื่อรักษาปริมาณน้ำให้เพียงพอ และยังมีปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าไฟฟ้าคืออัตราค่าไฟในรูปแบบ TOU (Time Of Use) ค่าไฟฟ้าจะแบ่งเป็นช่วง 9.00-22.00 น. (On Peak) อัตราค่าไฟฟ้าจะแพงกว่าช่วง 22.00-9.00 น. (Off Peak) จึงมีนโยบายกำหนดให้ในเวลา 9.00 น.ของทุกวันซึ่งเป็นช่วงที่อัตราค่าไฟฟ้าเปลี่ยนจาก Off Peak ไปเป็น On Peak จะต้องมีการเก็บกักน้ำในถังน้ำใสให้ได้ปริมาณมากที่สุดเพื่อที่จะไว้ส่งจ่ายในช่วงที่อัตราค่าไฟฟ้าแพง การจัดกำหนดการให้สอดคล้องกับวุตถุประสงค์ต่างๆจึงค่อนข้างทำได้ยาก

1.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้เริ่มศึกษาถึงเอกสารและงานวิจัยแล้ว ซึ่งได้ศึกษาถึงลักษณะความสัมพันธ์ กรอบความคิดเชิงทฤษฎี ซึ่งสามารถเขียนเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์ในลักษณะเป็นโครงสร้างได้แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.3.1 พัฒนากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมเพื่อใช้ในการจัดตารางการทำงานของเครื่องสูบน้ำ และลดค่าใช้จ่าย

1.3.2 ทดสอบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมที่พัฒนาขึ้นกับระบบผลิตของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี

1.4 สมมติฐานงานวิจัย

พัฒนากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมเพื่อออกแบบกำหนดการทำงานเครื่องสูบน้ำของระบบผลิต สถานีผลิตน้ำบ้านลาด การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ที่สามารถลดค่าไฟฟ้าลงและยังคงอัตราการผลิตน้ำที่เพียงพอต่อการส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาต้นทุนค่าไฟฟ้าของระบบผลิต ข้อจำกัดต่าง ๆในระบบผลิต และศึกษาค่าไฟฟ้าหลังการดำเนินโครงการของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ระยะเวลาการวิจัยตั้งแต่ พฤศจิกายน 2558 ถึง มกราคม 2559 สถานที่ การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี โดยละเว้นในเรื่องของอัตราน้ำสูญเสียในระบบผลิต

1.6. นิยามศัพท์

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของคำศัพท์เฉพาะที่ใช้เฉพาะในการวิจัย ดังนี้

1.6.1 โรงสูบน้ำแรงต่ำ เป็นอาคาร หรือสิ่งก่อสร้างเพื่อใช้สำหรับการสูบน้ำดิบส่งเข้าไปยังระบบผลิต ภายในอาคารประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ ระบบไฟฟ้า ระบบท่อส่งน้ำ และอุปกรณ์ประกอบ

1.6.2 การกวนเร็ว หรือการสร้างตะกอน เป็นกระบวนการสร้างแกนตะกอน ซึ่งจะทำให้อนุภาคความขุ่นที่อยู่ในน้ำ เสียเสถียรภาพ และจับตัวเกิดเป็นเม็ดตะกอน การสร้างตะกอนทำได้โดยการเติมสารเคมี เช่น สารส้ม ลงไปในน้ำ และผสมกันอย่างทั่วถึง และรวดเร็ว สารส้มจะเกิดปฏิกิริยาเคมีในน้ำ และเกิดกลไกการทำลายเสถียรภาพคอลลอยด์ขึ้น

1.6.3 การกวนช้า หรือการรวมตะกอน การรวมตะกอนเป็นการทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้ว มีโอกาสสัมผัสกันมากขึ้น และเกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้ตะกอนมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอนออกจากน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

1.6.4 ถังตกตะกอน การตกตะกอนเป็นการแยกตะกอนที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอนได้เองตามแรงโน้มถ่วงของโลกให้แยกออกจากน้ำทำให้ได้น้ำใส และตะกอนเหลวแยกจากกัน

1.6.5 การกรอง การกรองเป็นการแยกสารปนเปื้อนขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำออกจากน้ำ โดยการให้น้ำไหล ผ่านไปตามช่องว่างของตัวกลางพรุน เช่น ทราย หรือ ถ่าน

1.6.6 โรงสูบน้ำแรงสูง ประกอบไปด้วยอาคารโรงสูบน้ำแรงสูงแบบต่าง ๆ ภายในติดตั้งเครื่องสูบน้ำแรงสูง ซึ่งจะสูบน้ำจากถังน้ำ ใส เพื่อส่งขึ้นหอถังสูง หรือสูบจ่ายน้ำโดยตรง

1.6.7 โรงจ่ายสารเคมี เป็นอาคารที่มีเครื่องจ่ายสารเคมีหน้าที่สำหรับสูบจ่ายสารเคมี เข้าสู่ระบบการผลิตประปาหรือการปรับปรุง คุณภาพน้ำ ในสถานีผลิตน้ำประปา เช่น ปั๊มจ่ายสารเคมี หัวจ่ายแก๊สคลอรีน เป็นต้น

1.6.8 ถังน้ำใส ทำหน้าที่เก็บสำรองน้ำในช่วงที่มีอัตราการใช้น้ำน้อยกว่าอัตราการผลิตน้ำประปา เพื่อจ่ายน้ำในช่วงที่มี อัตราการใช้น้ำมากกว่าอัตราการผลิต โดยปกติถังน้ำใสจะออกแบบให้จุน้ำที่ผลิตได้ประมาณ 6 - 8 ชั่วโมง [1]

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทำให้ทราบถึงกำหนดการเดินเครื่องสูบน้ำที่ประหยัดค่าไฟฟ้าและมีอัตราการผลิตที่เพียงพอต่อการส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ

1.7.2 ทำให้ผู้บริหารของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ได้รับทราบข้อมูล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ ต่อการบริหารค่าใช้จ่าย

1.7.3 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวคิดงานวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำเพื่อลดการใช้ค่าไฟฟ้าโดยยังคงอัตราการผลิตน้ำที่เพียงพอต่อการส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ ได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยดังนี้

2.1 อัตราค่าไฟฟ้า

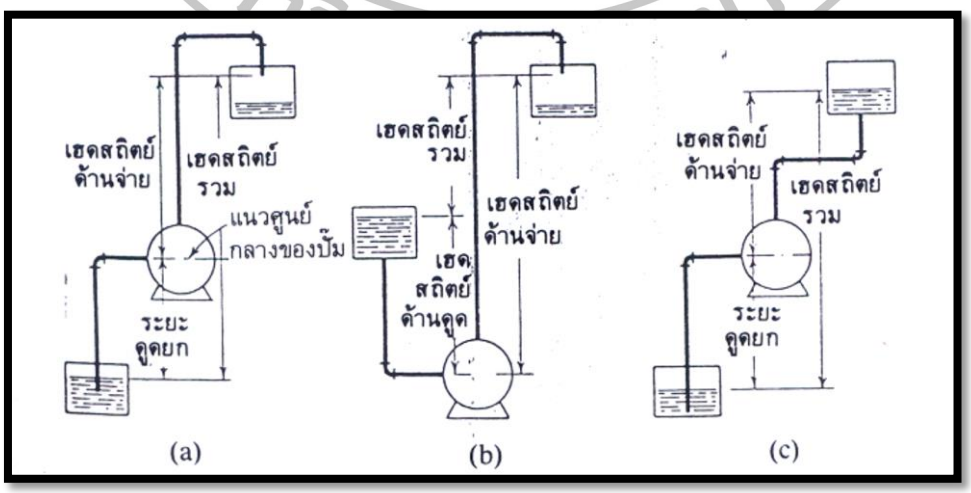
ศึกษาถึงอัตราค่าไฟฟ้าที่การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรีถูกเรียกเก็บจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เนื่องจากการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี มีการใช้กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมดมากกว่า 1,000 กิโลวัตต์ จึงถูกจัดให้อยู่ในประเภทกิจการขนาดใหญ่ คิดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ TOU (Time Of Use) โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ 9.00 – 22.00 น. (On Peak) และ 22.00 – 9.00 น. (Off Peak) โดยอัตราค่าไฟฟ้าแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า(บาท/หน่วย)	
	On Peak 9.00 – 22.00 น.	Off Peak 22.00 – 9.00 น.
แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	4.2097	2.6295

2.2 ทฤษฎีอัตราการสูบเครื่องสูบน้ำ

ในการทำงานของเครื่องสูบน้ำ เฮดสถิตย์รวม (Static Head) จะส่งผลต่อปริมาณน้ำที่สูบได้ นั้นคือระดับความสูงของน้ำทางด้านดูดไปจนถึงระดับความสูงของปลายท่อ หากระดับน้ำของท่อทางดูดอยู่ต่ำกว่าเครื่องสูบน้ำมากจะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่สูบได้ลดลง แต่ในทางตรงข้ามหากระดับน้ำที่ท่อทางดูดเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้เครื่องสูบน้ำสามารถให้ปริมาณน้ำได้มากกว่า ซึ่งปริมาณน้ำที่ได้จะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะจำเพาะที่แตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำเป็นผู้ออกแบบโดยดูได้จากกราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ โดยระยะเฮดสถิตย์แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เฮดสถิตย์ (Static Head)

ที่มา:วิบูลย์ บุญยธโรกุล,**ปั๊มและระบบสูบน้ำ** (ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.2529),

2.3 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อเป็นการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำ จึงได้ศึกษาหาแนวทางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยมีดังนี้

2.2.1 การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการเดินเครื่องสูบน้ำโดยโปรแกรมเชิงเส้น (Multi-stage linear programming optimization for pump scheduling)

V. Puleo ได้ใช้โปรแกรมเชิงเส้นเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการเดินเครื่องสูบน้ำ (pump scheduling) แบบหลายขั้นตอน (Multi-stage) โดยกรณีศึกษาจากรูปแบบเครือข่ายการจ่ายน้ำภายในตัวเมือง เพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้า (Minimize Electric cost) และยังสามารถให้ปริมาณที่เพียงพอต่อการส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ

โดยการศึกษานี้ได้นำเสนอวิธีการตามโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อกำหนดตารางการเดินเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง โดยพิจารณาตัวแปรการตัดสินใจอย่างเช่น อัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำ ระดับน้ำภายในถังเก็บน้ำต้องไม่ต่ำและสูงกว่าจุดที่กำหนด อัตราการจ่ายน้ำรวมต้องไม่มากกว่าหรือน้อยกว่าปริมาณที่ต้องการ ปริมาณน้ำไหลเข้าจุดร่วมเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลออกจากจุดร่วมและเพื่อประเมินความน่าเชื่อถือของ Linear Programming ได้ทำการเปรียบเทียบกับโซลูชั่นที่สร้างขึ้นโดย Hybrid Discrete Dynamically Dimensioned Search (HD-DDS)

ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบกันทั้ง Linear Programming (LP) และ Hybrid Discrete Dynamically Dimensioned Search (HD-DDS) ผลที่ได้จาก Linear Programming (LP) ค่าใช้จ่ายจะถูกกว่าในแบบ Hybrid Discrete Dynamically Dimensioned Search (HD-DDS) อยู่ที่ 11.9 % [3]

2.2.2 การคาดการณ์ระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางเวลาการเดินเครื่องสูบน้ำ (Approximation of system components for pump scheduling optimization)

ในระบบการจ่ายน้ำ WDS (Water Distribution System) มีการใช้กำลังงานไฟฟ้าถึง 5 % ของเมืองทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ไปกับการเดินเครื่องสูบน้ำโดยคิดเป็น 70% ของต้นทุนของระบบการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของระบบการจ่ายน้ำ

Ruben Menke จึงได้จัดตารางเวลาการเดินเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมเพื่อใช้กับ WDS (Water Distribution System) โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และวิธีฮิวริสติก ใช้เพื่อสร้างตารางการทำงานเครื่องสูบน้ำที่ดีที่สุด

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบต้นทุน และคำนวณส่วนประกอบต่าง ๆของระบบและการสูญเสียทางไฮดรอลิกส์ โดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมถึงค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา โดยในข้อกำหนดการสร้างตารางการเดินเครื่องสูบน้ำใน WDS . ได้คำนึงถึง ระดับน้ำในถัง ปริมาณน้ำที่ใช้และแรงดันของน้ำที่เพียงพอ

จากงานวิจัยนี้ทำให้เห็นว่าการประมาณส่วนประกอบเชิงเส้น ต้องใช้ความพยายามในการคำนวณอย่างมากเมื่อเทียบกับข้อจำกัดที่ไม่ใช่เชิงเส้น และมีการเพิ่มในส่วนของการคำนวณทางด้านไฮดรอลิกส์ [4]

2.2.3 การจัดตารางการทำงานเครื่องสูบน้ำแบบหลายเครื่องของสถานีสูบน้ำ (Optimal operation scheduling of a pumping station with multiple pumps)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดำเนินงานของสถานีส่งจ่ายน้ำ ซึ่งภารกิจหลักคือการรักษาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมและการตอบสนองความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำ และยังมีความสำคัญของการลดต้นทุนการดำเนินงานซึ่งก็คือค่าไฟฟ้า ในเรื่องของค่าใช้จ่ายพลังงานเป็นส่วนหลักของการดำเนินงาน เมื่อองค์ประกอบทางกายภาพของเครื่องสูบน้ำไม่อาจเปลี่ยนแปลงได้ การลดค่าใช้จ่ายพลังงานจึงขึ้นอยู่กับการใช้พลังงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำและระยะเวลาการใช้งาน ด้วยโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าในแบบ Time Of Use (TOU) การจัดตารางเวลาการดำเนินการมีอิทธิพลอย่างมากในการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน

งานวิจัยนี้เป็นการหาตารางการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่ดีที่สุด โดยการเขียนโปรแกรมโดยอาศัยข้อมูลของระบบไดนามิกซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องสูบน้ำ โดยวิธีการเขียนโปรแกรมแบบ Reduced Dynamic Programming Algorithm (RDPA) โดยพิจารณาจากระบบไฮดรอลิกส์ของเครื่องสูบน้ำ ความต้องการน้ำ และปริมาณน้ำในบ่อเก็บน้ำเพื่อแก้ไขปัญหา ทั้งต้นทุนพลังงาน ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพที่ในส่วนที่สามารถลดต้นทุนได้ ในขณะที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงกับองค์ประกอบทางกายภาพและโครงสร้างพื้นฐาน

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบปัญหาการจัดตารางการดำเนินงานที่เหมาะสมของสถานีสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำแบบหลายเครื่องกับขั้นตอนวิธีการ DP algorithm ได้พบว่าวิธีการแบบ Reduced Dynamic Programming Algorithm (RDPA) สามารถลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณได้ [5]

2.2.4 วิธีการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อการประหยัดพลังงานในครัวเรือน: การจัดสรรงบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพ (A linear programming approach to household energy conservation: Efficient allocation of budget)

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรงบประมาณเพื่อใช้ ในการปรับปรุงการประหยัดพลังงานในครัวเรือนในประเทศตุรกี โดยได้ศึกษารูปแบบของบ้านเดี่ยวขนาด 2 ชั้น เพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดในการปรับปรุงเพื่อให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากที่สุด

ผู้วิจัยได้คำนึงถึงตัวแปรดังนี้ มีการเพิ่มการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาในพื้นที่ที่จำกัด การติดตั้งหน้าต่างกระจกสองชั้นที่บริเวณหน้าต่าง เปลี่ยนหลอดไฟแบบอินแคนเดสเซ็นท์เป็นหลอดไฟแบบฟูออเรสเซ็นท์คอมแพ็ค และ เปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมาก เป็นแบบการประหยัดพลังงาน และได้เพิ่มการศึกษาไปถึงอัตราการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนภายในอาคาร ปริมาตรภายในอาคาร ความหนาของกระจก ช่องว่างระหว่างอาคารกับภายนอกอาคาร ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละตัว โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นเข้ามาคำนวนหาวิธีการที่ดีที่สุด

ผลที่ได้ผู้วิจัยได้แบ่งทางออกมาเป็น 3 ทางเลือก คือในแบบที่ใช้เงินลงทุนสูง,กลางและต่ำ ที่จะนำมาใช้เพื่อลดการใช้พลังงานในสถานการณ์ดังกล่าว โดยนัยยะสำคัญระบุว่า การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด ตลอดช่วงงบประมาณทั้งหมด [6]

2.2.5 การเขียนโปรแกรมเชิงเส้นควบคุมกลุ่มเครื่องทำความร้อน (Linear programming control of a group of heat pumps)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดการใช้พลังงานในเมือง Meppel ประเทศเนเธอร์แลนด์ กับระบบการจัดการพลังงานที่มีชื่อว่า MeppelEnergie โดยได้ศึกษาความต้องการที่แท้จริงของประชาชนที่ต้องการเครื่องทำน้ำร้อนชนิดปั๊ม และพลังงานที่ใช้กับเครื่องทำความร้อนดังกล่าว เพื่อหาพลังงานทดแทน

งานวิจัยนี้ได้ใช้ Linear programming ในการหาค่าความต้องการการใช้น้ำร้อนที่แท้จริงของแต่ละครัวเรือน เพื่อเป็นแนวทางการหาพลังงานทดแทนเพื่อใช้กับเครื่องทำน้ำร้อนชนิดปั๊ม โดยได้กำหนดวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดการใช้พลังงานโดยมีข้อจำกัดที่ การใช้พลังงานไฟฟ้า และก๊าซธรรมชาติ การแปลงไปเป็นพลังงานความร้อน ปริมาณความต้องการการใช้ความร้อน

ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ จะแสดงถึงปริมาณน้ำร้อนที่ครัวเรือนต้องการ ส่งผลให้สามารถควบคุมปริมาณพลังงานที่สูญเสียไปมากเกินในการทำความร้อนได้มากถึง 4 % โดยในอนาคตอาจมีการเพิ่มในส่วนของพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่น ๆเพื่อการประหยัดการใช้พลังงานได้เพิ่มมากขึ้น [7]

2.2.6 การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการเดินเครื่องสูบน้ำโดยการใช้ Meta-modes และ evolutionary algorithms (Concurrent pump scheduling and storage level optimization using meta-models and evolutionary algorithms)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดการใช้พลังงานในระบบการกระจายน้ำโดยการจัดตารางการทำงานโดยอาศัยระดับน้ำในถังเก็บน้ำเพื่อเป็นตัวแปรในการตัดสินใจของสมการทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการแบบ meta-models and evolutionary algorithms โดยอาศัยตัวแปรควบคุมคือ เครื่องสูบน้ำ ประตูน้ำ แรงดันของน้ำ ที่ต้องการใช้งาน ปริมาณน้ำ และยังมีเงื่อนไขเริ่มต้น คือปริมาณน้ำในถัง โดยข้อกำหนดคือน้ำในถังต้องมีปริมาณที่ไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป

โดยอัลกอริทึม (GA) ดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำและใช้ประโยชน์น้ำในถังเก็บน้ำ โดยเมื่อ เปรียบเทียบการทำงานที่มีอยู่ ค่าใช้จ่ายประจำวันจะลดลงประมาณ 10-15% [8]

2.2.7 การลดการใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำในโรงงานบำบัดน้ำเสีย (Minimizing pump energy in a wastewater processing plant)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นการรวบรวมน้ำเสียจากท่อระบายน้ำซึ่งมีสิ่งปนเปื้อนเช่น ไม้ และ กระดาษ ปะปนอยู่ โดยจะเป็นการประมาณการจัดตารางการเดินเครื่องสูบน้ำเพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานจากการใช้เครื่องสูบน้ำเพื่อสูบเข้าระบบบำบัด

งานวิจัยนี้ได้ใช้ mixed-integer nonlinear programming problem (MINLP) ในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเป็นการจัดตารางการเดินเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและประหยัดพลังงานที่สุด โดยผู้วิจัยได้ศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพของเครื่องสูบน้ำ กราฟประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ อัตราค่าใช้ไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ปริมาณน้ำที่ต้องสูบส่งเข้าระบบบำบัด

ผลจากงานวิจัยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมคือการใช้ผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้กำหนดการเดินเครื่องสูบน้ำกับรูปแบบที่ได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ผลที่ได้สามารถลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 24.25% โดยที่ปริมาณน้ำที่สูบเข้าระบบบำบัดลดลงเพียง 0.89% เท่านั้น [9]

2.2.8 การจัดสรรแหล่งน้ำสาธารณะสำหรับเมือง Enugu ประเทศไนจีเรียโดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น (Optimal allocation of public water supply to the urban sectors of Enugu, Nigeria: a linear programming approach.)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาความต้องการน้ำในเมือง Enugu ในประเทศ Nigeria ซึ่งเมืองดังกล่าวประสบปัญหาขาดแคลนน้ำ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความต้องการที่เหมาะสมต่อผู้ใช้น้ำในเมืองเพื่อส่งจ่ายปริมาณน้ำที่พอเพียงต่อความต้องการ

การศึกษานี้ได้ใช้ linear programming บนพื้นฐานโปรแกรม Lindo โดยรวบรวมข้อกำหนดต่าง ๆ เช่น ระยะทางของแหล่งน้ำประปาที่มาจากเทศบาล อัตราของค่าไฟฟ้าต่อวัน ต้นทุนของการดำเนินงานและการบำรุงรักษา จำนวนของผู้บริโภคในเมืองโดยแยกเป็นที่อยู่อาศัยและภาคอุตสาหกรรม จำนวนแหล่งเก็บน้ำในเมือง จำนวนรถบริการของบริษัทน้ำ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการอุปโภคและบริโภค

จากการศึกษาข้างต้น เป็นการวิเคราะห์ความต้องการโดยอาศัยอุปสงค์ที่แท้จริงของผู้ใช้น้ำภายในเมือง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ได้รับการจัดสรรจากรัฐบาล พบว่าในส่วนของรัฐบาลมีปริมาณที่น้อยกว่าซึ่งแสดงให้เห็นถึงสาเหตุของปัญหาการขาดแคลนน้ำของเมือง Enugu [10]

2.2.9 การจัดตารางเครื่องสูบน้ำสำหรับอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมโดยพิจารณาการระเหย (Optimal pumping scheduling model considering reservoir evaporation)

งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบการจัดตารางการทำงานเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสม เพื่อบูรณาการการสูญเสียการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ และวางแผนการสูบน้ำที่ดีที่สุดเพื่อที่จะลดค่าใช้จ่าย โดยทดสอบกับระบบชลประทานจริงและระบบกระจายน้ำที่ตั้งอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงใต้ของสเปน

ผู้วิจัยได้สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีสมการเป้าหมายเป็นการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน และมีข้อจำกัด คือ ปริมาณน้ำสูญเสียในระบบจากการระเหย วิธีการเก็บกักน้ำ โดย

ได้ศึกษาถึงขนาดบ่อกักเก็บน้ำเพื่อหาปริมาณในการระเหยของน้ำ และค่าไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ ปริมาณการสูบน้ำจากช่วงเวลาต่าง ๆของวัน

โดยข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองพบว่า เมื่อมีการพิจารณาทั้ง 2 แนวทางคือ ไม่มีการพิจารณาน้ำสูญเสียในระบบ ผลที่ได้จะให้ขั้นตอนการทำงานที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดคือสามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานได้มากที่สุด แต่หากมีการพิจารณาน้ำสูญเสียที่เกิดจากการระเหย พบว่าอัตราการสูบน้ำจะได้ช้าลงโดยแนวทางในการลดการสูญเสียคือการลดปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำให้น้อยลง [11]

2.2.10 การเพิ่มประสิทธิภาพระบบการสูบน้ำสำหรับเครือข่ายการกระจายน้ำอย่างยั่งยืนโดยใช้ Genetic Algorithm. (Optimizing pumping system for sustainable water distribution network by using Genetic Algorithm.)

งานวิจัยนี้ศึกษาเรื่องของการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการสูบน้ำสำหรับเครือข่ายการกระจายน้ำอย่างยั่งยืนโดยใช้ Genetic Algorithm โดยการแก้ไขตารางการเดินเครื่องสูบน้ำ โดยได้ศึกษาไปถึง โครงข่ายการจ่ายน้ำ กลุ่มของเครื่องสูบน้ำที่อยู่ในระบบ และช่วงเวลาในการจ่ายน้ำ

ผู้วิจัยได้ใช้วิธีแก้ปัญหาการจัดตารางเครื่องจักรโดยใช้ Genetic Algorithm (GA) ซึ่งตัวแปร คือ ขนาดของเครื่องสูบน้ำที่ใช้งาน ช่วงระยะเวลาการทำงาน โดยผลที่ได้จะเป็นตารางการเดินเครื่องสูบน้ำในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อหากมีเครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเดียวกันทำงาน เครื่องที่เหมือนกันจะหยุดการทำงานเพื่อลดปัญหาการเดินเครื่องซ้ำซ้อน ซึ่งเป็นการลดจำนวนการเดินเครื่องสูบน้ำ

งานวิจัยนี้สามารถแก้ไขปัญหาการเดินเครื่องสูบน้ำได้ แต่ด้วยความเที่ยงตรงควรมีการเพิ่ม ตัวแปรในส่วนของระบบไฮรดรอลิกหรือลักษณะจำเพาะของเครื่องสูบน้ำ [12]

2.4 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผลจากการศึกษางานวิจัยที่มีความใกล้เคียงกับการแก้ปัญหาสำหรับระบบผลิตน้ำประปากรณีศึกษาการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ผลที่ได้แต่ละงานวิจัยมีความแตกต่างกันไป แต่เนื่องจากความต้องการคือการลดค่าไฟฟ้าให้ได้มากที่สุด การแก้ปัญหาในรูปแบบของการเขียนกำหนดการเชิงเส้นน่าจะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

การเขียนกำหนดการเชิงเส้นเป็นการนำรูปแบบทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อที่จะทราบถึงคำตอบที่เหมาะสมหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีข้อจำกัดและเงื่อนไขต่าง ๆ ของทรัพยากรที่มีอยู่ และเป้าหมายที่ต้องการ นำมาจัดให้อยู่ในรูปของสมการหรืออสมการ แล้วนำรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับเงื่อนไขข้อจำกัดต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ในเรื่องผลกำไรที่ต้องการได้สูงที่สุดที่เป็นไปได้ หรืออาจจะเป็นในเรื่อง ต้นทุนการผลิตที่ต้องการค่าที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยโครงสร้างของกำหนดการเชิงเส้นมีดังนี้

2.3.1. สมการเป้าหมาย (objective function) เป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์เพื่อกำหนดเป้าหมายต่ำสุด หรือสูงสุด ซึ่งจะเป็นตัววัดผลการดำเนินงาน

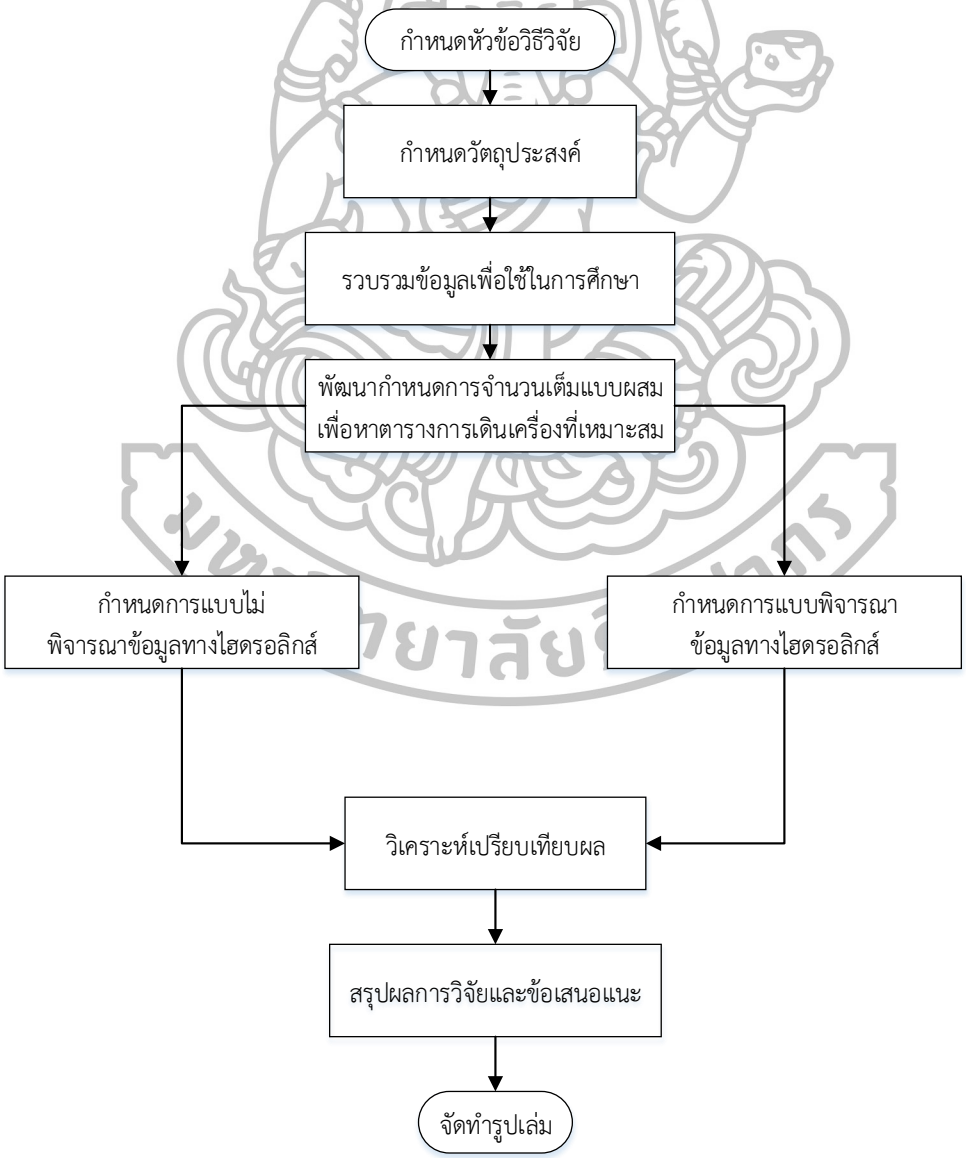
2.3.2. ข้อจำกัด (constraints) ข้อจำกัด หรือ เงื่อนไข ที่จำเป็นต้องทำตามโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ของโครงสร้างการดำเนินงาน

2.3.3. ตัวแปรตัดสินใจ (decision variables) เป็นตัวแปรการตัดสินใจในการดำเนินงาน ตัวแปรตัดสินใจทั้งหมดจะต้องมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ทั้งในสมการเป้าหมายและข้อจำกัด

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมของระบบผลิตน้ำ ด้วยวิธีการแบบ Mixed Integer Linear Programing เพื่อหาวิธีการเดินเครื่องที่เหมาะสม ได้แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 2 แบบ กรณีศึกษาที่ 1 แบบพิจารณาข้อมูลทางไฮดรอลิกส์คือการใช้ข้อมูลอัตราการสูบของเครื่องสูบน้ำที่ระบุอยู่ที่เนมเพรทนำมาวิเคราะห์ ซึ่งจะเป็นการง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบผลิตแห่งอื่นๆเพราะไม่ยุ่งยากในการรวบรวมข้อมูล แต่ในกรณีศึกษาที่ 2 แบบพิจารณาข้อมูลทางไฮดรอลิกส์ จะพิจารณาจากสภาวะที่แท้จริงของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งแต่ละเครื่องจะให้ปริมาณน้ำที่ไม่เท่ากัน โดยข้อมูลอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำที่นำมาใช้ในการคำนวณจะใช้ข้อมูลจากกราฟประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ ผลที่ได้คาดว่าจะให้ผลที่แม่นยำกว่ากรณีศึกษาที่ 1 แต่จะมีขั้นตอนที่ยุ่งยากในการรวบรวมข้อมูล โดยขั้นตอนในการศึกษาแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 รวบรวมและเตรียมข้อมูลที่ใช้ศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำส่งจ่ายของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ข้อมูลจำเพาะของเครื่องสูบน้ำ กำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการดำเนินการจัดกำหนดการโดยโปรแกรม อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU (Time Of Use) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำส่งจ่ายของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี

ในการที่จะสร้างกำหนดการที่ผลิตน้ำเพื่อให้ได้เพียงพอต่อการส่งจ่ายนั้น ข้อมูลที่จำเป็นจะต้องทราบนั้นคือความต้องการน้ำหรือปริมาณน้ำที่จ่ายออกให้กับผู้ใช้น้ำ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ต้องผลิตได้เพื่อให้เพียงพอ โดยข้อมูลที่ได้เป็นการรวบรวมข้อมูลน้ำส่งจ่ายออกจากถังน้ำใสเข้าสู่ระบบจำหน่าย ได้เก็บรวมรวบข้อมูลเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2558 - มกราคม 2559 แล้วใช้การเฉลี่ย ซึ่งได้ค่าตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำเฉลี่ยส่งจ่ายของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี

ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำ(ลบ.ม)
09.00-10.00	1905
10.00-11.00	1877
11.00-12.00	1848
12.00-13.00	1833
13.00-14.00	1850
14.00-15.00	1855
15.00-16.00	1878
16.00-17.00	1950
17.00-18.00	1964
18.00-19.00	1932
19.00-20.00	1902
20.00-21.00	1786
21.00-22.00	1655
22.00-23.00	1286
23.00-00.00	1191
00.00-01.00	1164
01.00-02.00	1144
02.00-03.00	1160
03.00-04.00	1267
04.00-05.00	1578
05.00-06.00	1926
06.00-07.00	2068
07.00-08.00	2030
08.00-09.00	1946

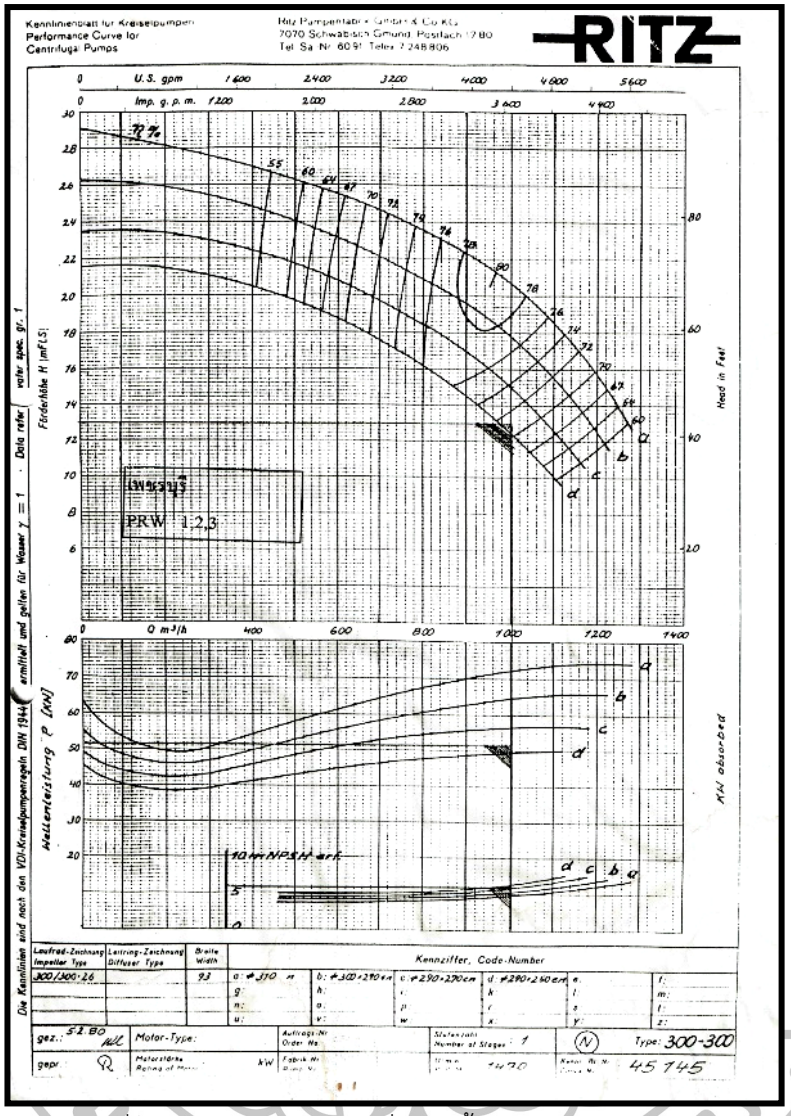
3.1.2 ข้อมูลจำเพาะเครื่องสูบน้ำ

ในการจัดตารางระบบผลิตตัวแปรสำคัญคือเครื่องสูบน้ำ เพราะชั่วโมงการทำงานจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่สูบได้ของเครื่องสูบน้ำ หากอัตราการสูบมากก็จะสามารถลดชั่วโมงการทำงานได้ จึงได้รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของเครื่องสูบน้ำ กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่อง ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำ

รหัสเครื่องสูบน้ำ	อัตราการสูบ (ลบ.ม/ชม.)	กำลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ข้อจำกัดการทำงาน
RVM01BL	1,000	75	สลับการทำงานครั้งละไม่เกิน 3 เครื่อง ส่งน้ำเข้าระบบผลิต *ระบบผลิตรองรับแค่ 3,000 ลบ.ม./ชม.
RVM02BL	1,000	75	
RVM03BL	1,000	75	
RVM04BL	1,000	75	
RVM05BL	500	37	สลับการทำงานหรือทำงานพร้อมกัน ส่งน้ำเข้าระบบผลิต
RVM06BL	500	37	

ในกรณีพิจารณาระบบไฮรโดรลิกส์มีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงคุณลักษณะจำเพาะของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งปริมาณน้ำที่เครื่องสูบน้ำสามารถสูบได้จะขึ้นอยู่กับระดับความสูงของระยะดูดและระยะส่งของท่อโดยดูได้จากกราฟแสดงคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องสูบน้ำเครื่องนั้นๆซึ่งผู้ผลิตเป็นผู้ออกแบบไว้ เหตุที่ต้องพิจารณาระบบไฮรโดรลิกส์เนื่องจากระดับน้ำในแหล่งน้ำอาจมีการเปลี่ยนแปลงระดับขึ้นลงตามฤดูกาล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำที่สุดจึงจำเป็นต้องพิจารณาระบบไฮโดรลิกส์ด้วย โดยกราฟประสิทธิภาพจะประกอบด้วยแกนแนวตั้งแสดงถึงระดับความสูงที่เครื่องสูบน้ำส่งได้หน่วยเป็นเมตร ในแนวแกนแนวนอนแสดงอัตราการไหลหน่วยเป็นลบ.ม./ชม. แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ RVM01BL-RVM03BL

3.1.3 ข้อมูลกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการแก้ไขปัญหา

เพื่อได้ทราบถึงผลค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจัดกำหนดการ จึงได้รวบรวมข้อมูลกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการแก้ไขเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าไฟฟ้าที่ใช้งาน โดยกำหนดการแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการจัดกำหนดการ

รหัส	จำนวนชั่วโมงการทำงาน (ชม.)																							
	On Peak														Off Peak									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8
RVM01BL																								
RVM02BL																								
RVM03BL																								
RVM04BL																								
RVM05BL																								
RVM06BL																								

3.1.4 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกรอง

ในกระบวนการกรองน้ำเมื่อถังกรองน้ำใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง ตะกอนจะสะสมอยู่ที่หน้าวัสดุกรอง เมื่อเกิดการสะสมเป็นจำนวนมากอัตราการกรองน้ำจะช้าลง จึงมีความจำเป็นต้องล้างวัสดุกรอง โดยวิธีการที่เรียกว่า การล้างย้อน (Backwash) ซึ่งจะเป็นส่งน้ำย้อนกลับมาใต้ถังกรองเพื่อดันตะกอนที่สะสมอยู่ออกไปการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรีกำหนดให้มีการล้างย้อนทุกวันในช่วงเวลา 22.00-24.00 น.ในช่วงเวลาดังกล่าวจะเกิดน้ำสูญเสียเป็นจำนวนมาก ซึ่งปริมาณน้ำสูญเสียได้จากการเก็บข้อมูลจากโรงกรองขนาด 3,000 ลบ.ม./ชม. แสดงดังตารางที่ 5 ในส่วนของโรงกรองขนาด 1,000 ลบ.ม./ชม. มีถังเก็บน้ำสำรองใช้สำหรับล้างย้อนซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่ผลิต

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำล้างย้อน

ครั้งที่	ระดับน้ำ ถังน้ำใสเริ่มล้าง (ลบ.ม)	ระดับน้ำ ถังน้ำใสล้างเสร็จ (ลบ.ม)	ปริมาณน้ำผลิต (ลบ.ม/ชม.)	ปริมาณน้ำใช้ในการล้างย้อน (ลบ.ม)
1	4,250	2,500	3,000	4,750
2	4,700	2,800	3,000	4,900
3	4,000	2,500	3,000	4,500
4	4,500	2,800	3,000	4,700

3.2 พัฒนากำหนดการเพื่อหาค่าที่เหมาะสม

การรวบรวมข้อมูลทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ เพื่อสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ โดยมีสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) และสมการข้อจำกัด (Constraints) เป็น องค์ประกอบ

3.2.1 กำหนดการแบบไม่พิจารณาข้อมูลทางไฮดรอลิกส์

คือการไม่พิจารณาข้อจำกัดทางด้านระบบไฮดรอลิกส์ของเครื่องสูบน้ำ โดยอ้างอิงอัตราการสูบที่ระบุที่พิกัดของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับรูปแบบระบบผลิตของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอื่นๆ โดยตัวแปรที่ใช้สำหรับการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมในแบบไม่พิจารณาข้อมูลทางระบบไฮดรอลิกส์มีดังนี้

Constants

P = อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak (4.2097 บาทต่อหน่วย)

O = อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off Peak (2.6295 บาทต่อหน่วย)

Y = กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำขนาด 1,000 ลบ.ม. (75 กิโลวัตต์)

Z = กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำขนาด 500 ลบ.ม. (37 กิโลวัตต์)

Parameters

H_t = ปริมาณน้ำถังน้ำใส (ลบ.ม.) ที่เวลา t

H_{Begin} = ระดับน้ำในถังน้ำใสในช่วงเวลาของการคำนวณรอบใหม่ (ลบ.ม.)

W_t = ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ (ลบ.ม.) ที่เวลา t

L_t = ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกรอง (ลบ.ม.) ที่เวลา t

D_t = ปริมาณน้ำจ่ายออก (ลบ.ม.) ที่เวลา t

Decision variables

B_t = จำนวนการทำงานของเครื่องสูบน้ำขนาด 1,000 ลบ.ม. (เครื่อง) (0,1,2,3) ที่เวลา t

S_t = จำนวนการทำงานของเครื่องสูบน้ำขนาด 500 ลบ.ม. (เครื่อง) (0,1,2) ที่เวลา t

Subscripts

t = ช่วงเวลา "t" เนื่องจากกำหนดการเริ่มคำนวณจากเวลา 9.00 น.ไปจนถึง 8.00 น. ของวันต่อไป ช่วงเวลา t ที่ 1 จะเป็นเวลา 9.00 น.ไปจนถึง t ที่ 24 จะเป็นเวลา 8.00 น.ของวันต่อไป

$Begin$ = ช่วงเวลา 9.00 น. ของวันต่อไป

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป็นสมการเป้าหมายเพื่อใช้กำหนดแนวทางในการจัดกำหนดการทำงานเครื่องสูบน้ำ

$$\text{Minimize Cost} = \text{Electricity Charge} \quad (1)$$

เมื่อ Electricity Charge คือ ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องสูบน้ำ (บาท)

การคำนวณหาค่าไฟฟ้า (Energy Cost) คิดจากผลรวมของค่าไฟฟ้าที่เครื่องสูบน้ำทำงานในแต่ละช่วงเวลา

ก. ค่าไฟฟ้ารวม

$$\text{Electricity charge} = C_{on} + C_{off} \quad (2)$$

เมื่อ C_{on} = ค่าไฟฟ้ารวมในช่วง On Peak (บาท)

C_{off} = ค่าไฟฟ้ารวมในช่วง Off Peak (บาท)

ข. ค่าไฟฟ้าในช่วง On-Peak คิดเฉพาะ 9.00-22.00 น.

$$C_{on} = \left(P \times Y \times \sum_{t=1}^{13} B_t\right) + \left(P \times Z \times \sum_{t=1}^{13} S_t\right), (for\ t = 1,2,..13) \quad (3)$$

ค. ค่าไฟฟ้าในช่วง Off-Peak คิดเฉพาะ 22.00-9.00 น.

$$C_{off} = \left(0 \times Y \times \sum_{t=14}^{24} B_t\right) + \left(0 \times Z \times \sum_{t=14}^{24} S_t\right), (for\ t = 14,2,..24) \quad (4)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints) เป็นสมการที่ใช้กำหนดเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตน้ำ

ก. ข้อจำกัดปริมาณน้ำในถังน้ำใสต้องมีพอเพียงต่อการสูบคือไม่ต่ำกว่า 1,000 ลบ.ม.เครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำไม่ขึ้นหากระดับน้ำต่ำกว่าที่กำหนดและปริมาณน้ำต้องไม่มากกว่าขนาดของถังน้ำใสรับได้นั้นคือ 10,000 ลบ.ม.

$$1{,}000 < H_t < 10{,}000\ , (for\ t = 1,2,..24) \quad (5)$$

ข. จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ทำงานในช่วงเวลาเดียวกันต้องไม่มากกว่าระบบผลิตรองรับได้ (ระบบหลัก 3,000 ลบ.ม./ชม. ระบบรอง 1,000 ลบ.ม./ชม.)

$$B_t \leq 3 \ , (for\ t = 1,2,..24) \quad (6)$$

$$S_t \leq 2 \ , (for\ t = 1,2,..24) \quad (7)$$

ค. ระดับน้ำในถังน้ำใส ในเวลา 9.00 น.ของการคำนวณรอบใหม่ ซึ่งเป็นเวลาที่อัตราค่าไฟฟ้าเปลี่ยนจาก Off Peak ไปเป็น On Peak น้ำในถังน้ำใสช่วงเวลาดังกล่าวจะต้องเก็บกักให้มีปริมาณมากที่สุด เพราะเป็นการเร่งการผลิตในช่วงที่ต้นทุนการผลิตถูกมาเก็บไว้ให้ได้มากที่สุดเพื่อจ่ายออกในช่วงที่อัตราค่าไฟฟ้าสูงขึ้น

$$H_{Begin} \geq 9{,}500 \quad (8)$$

ง. ปริมาณน้ำในถังน้ำใสคือปริมาณน้ำในถังน้ำใสชั่วโมงก่อนเทียบกับผลต่างของปริมาณน้ำที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใด ๆ กับปริมาณน้ำจ่ายและปริมาณน้ำสูญเสียในระบบ

$$H_t = H_{t-1} + (W_{t-1} - D_{t-1} - L_{t-1}) \ , (for\ t = 1,2,..24) \quad (9)$$

จ. ปริมาณน้ำที่ผลิตในช่วงเวลา เกิดจากปริมาณน้ำที่ผลิตด้วยเครื่องสูบน้ำ B_t และ S_t ที่เปิดใช้งาน

$$W_t = (1000B_t) + (500S_t) \ , (for\ t = 1,2,..24) \quad (10)$$

3.2.2 กำหนดการแบบพิจารณาข้อมูลทางไฮดรอลิกส์

เป็นการพิจารณาอัตราการสูบที่เกิดขึ้นจริงที่ในแต่ละเครื่องจะไม่เท่ากันตามการออกแบบของผู้ผลิต โดยจะเป็นการเพิ่มตัวแปรของปริมาณน้ำที่เครื่องสูบน้ำสูบได้ซึ่งจะปรับเปลี่ยนตามสภาวะระดับน้ำโดยมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสูงของระดับน้ำที่ท่อทางดูด โดยอัตราสูบที่ได้มาจากกราฟประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำตัวนั้นๆ ตัวแปรที่ใช้กับการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมในแบบพิจารณาข้อมูลทางระบบไฮดรอลิกส์มีดังนี้

Constants

Y	=	กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำขนาด 1,000 ลบ.ม. (75 กิโลวัตต์)
Z	=	กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำขนาด 500 ลบ.ม. (37 กิโลวัตต์)
P	=	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak (4.2097 บาทต่อหน่วย)
O	=	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off Peak (2.6295 บาทต่อหน่วย)

Parameters

H_t	=	ปริมาณน้ำถังน้ำใส (ลบ.ม.)
H_{Begin}	=	ระดับน้ำในถังน้ำใสในช่วงเวลาของการคำนวณรอบใหม่ (ลบ.ม.)
Q_{jt}	=	ปริมาณน้ำที่เครื่องสูบน้ำเครื่องที่ j สูบได้ ที่เวลา t (ลบ.ม.) โดยปริมาณน้ำได้จากกราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ (ภาคพนวก)
W_t	=	ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ (ลบ.ม.) ที่เวลา t
L_t	=	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกรอง (ลบ.ม.) ที่เวลา t

D_t = ปริมาณน้ำจ่ายออก (ลบ.ม.) ที่เวลา t

Decision variables

N_{jt} = สถานะทำงานของเครื่องสูบน้ำเครื่องที่ j ที่เวลา t (0 = ไม่ทำงาน,1 = ทำงาน)

Subscripts

t = ช่วงเวลา "t" เนื่องจากกำหนดการเริ่มคำนวณจากเวลา 9.00 น.ไปจนถึง 8.00 น. ของวันต่อไป ช่วงเวลา t ที่ 1 จะเป็นเวลา 9.00 น.ไปจนถึง t ที่ 24 จะเป็นเวลา 8.00 น.ของวันต่อไป

$Begin$ = ช่วงเวลา 9.00 น. ของวันต่อไป

j = เครื่องสูบน้ำ เครื่องที่ "j"

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป็นสมการเป้าหมายเพื่อใช้กำหนดแนวทางในการจัดตารางการทำงานเครื่องสูบน้ำ

$$\text{Minimize Cost} = \text{Electricity Charge} \quad (11)$$

เมื่อ Electricity Charge คือ ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องสูบน้ำ (บาท)

การคำนวณหาค่าไฟฟ้า (Energy Cost) คิดจากผลรวมของค่าไฟฟ้าที่ เครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่องต้องใช้ในแต่ละช่วงเวลา

ก. ค่าไฟฟ้ารวม

$$\text{Electricity charge} = C_{on}^{l} + C_{on}^{s} + C_{off}^{l} + C_{off}^{s} \quad (12)$$

เมื่อ

C_{on}^{l} = ค่าไฟฟ้ารวมของเครื่องสูบน้ำขนาด 75 กิโลวัตต์ ในช่วง On Peak (บาท)

C_{on}^{s} = ค่าไฟฟ้ารวมของเครื่องสูบน้ำขนาด 37 กิโลวัตต์ ในช่วง On Peak (บาท)

C_{off}^{l} = ค่าไฟฟ้ารวมของเครื่องสูบน้ำขนาด 75 กิโลวัตต์ ในช่วง Off Peak (บาท)

C_{off}^{s} = ค่าไฟฟ้ารวมของเครื่องสูบน้ำขนาด 37 กิโลวัตต์ ในช่วง Off Peak (บาท)

ข. ค่าไฟฟ้าในช่วง On-Peak คิดเฉพาะ 9.00-22.000 น.

$$C_{on}^{l} = \sum_{j=1}^{4}\sum_{t=1}^{13}\left(P\left(Y \times N_{jt}\right)\right), (for\ t = 1,2,\dots 13), (for\ j = 1,2,.,4) \quad (13)$$

$$C_{on}^{s} = \sum_{j=5}^{6}\sum_{t=1}^{13}\left(P\left(Y \times N_{jt}\right)\right), (for\ t = 1,2,\dots 13), (for\ j = 5,6) \quad (14)$$

ค. ค่าไฟฟ้าในช่วง Off-Peak คิดเฉพาะ 22.00-9.000 น.

$$C_{off}^{l} = \sum_{j=1}^{4}\sum_{t=14}^{24}\left(O\left(Y \times N_{jt}\right)\right)(for\ t = 14,15,\dots 24), (for\ j = 1,2,.,4) \quad (15)$$

$$C_{off}^{s} = \sum_{j=5}^{6}\sum_{t=14}^{24}\left(O\left(Y \times N_{jt}\right)\right)(for\ t = 14,15,\dots 24), (for\ j = 5,6) \quad (16)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)เป็นสมการที่ใช้กำหนดเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตน้ำ

ก. ข้อจำกัดปริมาณน้ำในถังน้ำใสต้องมีพอเพียงต่อการสูบคือไม่ต่ำกว่า 1,000 ลบ.ม.เครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำไม่ขึ้นหากระดับน้ำต่ำกว่าที่กำหนดและปริมาณน้ำต้องไม่มากกว่าขนาดของถังน้ำใสรับได้นั้นคือ 10,000 ลบ.ม.

$$1{,}000 \ < \ H_t \ < 10{,}000, (for\ t = 1{,}2{,}..24) \tag{17}$$

ข. จำนวนเครื่องสูบน้ำที่ใช้งานในแต่ละชั่วโมง (ปริมาณน้ำที่ผลิต) ต้องไม่มากกว่าที่ระบบผลิตรองรับได้ (คือ 3 เครื่องและ 2 เครื่องตามลำดับ)

$$(N_{1t} \ + \ N_{2t} + \ N_{3t} + N_{4t}) \ \leq \ \ 3, (for\ t = 1{,}2{,}..24) \tag{18}$$

$$(N_{5t} \ + \ N_{6t}) \ \leq \ \ 2, (for\ t = 1{,}2{,}..24) \tag{19}$$

ฉ. ระดับน้ำในถังน้ำใส ในเวลา 9.00 น.ของการคำนวณรอบใหม่ ซึ่งเป็นเวลาที่อัตราค่าไฟฟ้าเปลี่ยนจาก Off Peak ไปเป็น On Peak น้ำในถังน้ำใสช่วงเวลาดังกล่าวจะต้องเก็บกักให้มีปริมาณมากที่สุด เพราะเป็นการเร่งการผลิตในช่วงที่ต้นทุนการผลิตถูกมาเก็บไว้ให้ได้มากที่สุดเพื่อจ่ายออกในช่วงที่อัตราค่าไฟฟ้าสูงขึ้น

ค. $H_{Begin} \ \geq \ 9{,}500$ (20)

ง. ปริมาณน้ำในถังน้ำใสคือปริมาณน้ำในถังน้ำใสชั่วโมงก่อนเทียบกับผลต่างของปริมาณน้ำที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใด ๆ กับปริมาณน้ำจ่ายและปริมาณน้ำสูญเสียในระบบ

$$H_t \ = H_{t-1} + (W_{t-1} - D_{t-1} - L_{t-1}), (for\ t = 1{,}2{,}..24) \tag{21}$$

จ. ปริมาณน้ำที่ผลิตในช่วงเวลา เกิดจากปริมาณน้ำ Q_{jt} ที่ผลิตได้จากเครื่องสูบน้ำ N_{jt}

$$W_t = \sum_{j=1}^{n}\sum_{t=1}^{n}\left(Q_{jt}N_{jt}\right) \ , (for\ j = 1{,}2{,}..6), (t = 1{,}2{,}..24) \tag{22}$$

จากข้อมูลที่รวบรวมได้นำข้อมูลทั้งหมดบันทึกลงในโปรแกรม Microsoft Excel Worksheet และกำหนดข้อจำกัด (Constraint) และสมการเป้าหมาย (Objective Function) ลงใน Add in Solver เพื่อวิเคราะห์กำหนดการที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละรูปแบบผลการทดลอง เพื่อให้ทราบว่าในแต่ละกำหนดการทำงานให้ผลของการทำงานและค่าไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างไร

3.3 การเริ่มใช้งานโปรแกรม

โปรแกรม Solver ของ Microsoft Excel Worksheet จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อได้ป้อนข้อมูลต่างๆ และสร้างสมการเป้าหมายและข้อจำกัดของการดำเนินงานโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ป้อนข้อมูลลงใน Microsoft Excel Worksheet

นำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาป้อนลงใน Microsoft Excel Worksheet โดยสร้างตารางแบ่งแต่ละข้อมูลแสดงดังตารางที่ 6

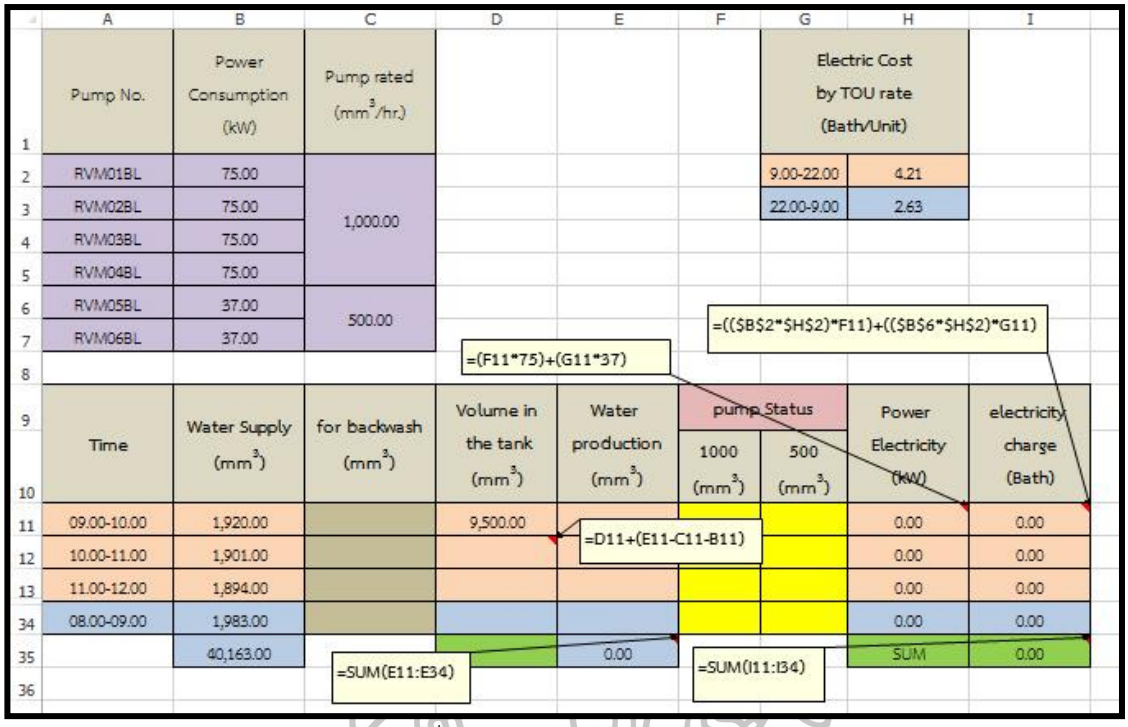
ตารางที่ 6 ตารางกรอกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	pump Status		Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
					1000 (mm^3)	500 (mm^3)		
09.00-10.00	1,920.00		9,500.00	0.00			0.00	0.00
10.00-11.00	1,901.00			0.00			0.00	0.00
11.00-12.00	1,894.00			0.00			0.00	0.00
12.00-13.00	1,677.00			0.00			0.00	0.00
13.00-14.00	1,864.00			0.00			0.00	0.00
14.00-15.00	1,861.00			0.00			0.00	0.00
15.00-16.00	1,899.00			0.00			0.00	0.00
16.00-17.00	1,865.00			0.00			0.00	0.00
17.00-18.00	1,913.00			0.00			0.00	0.00
18.00-19.00	1,849.00			0.00			0.00	0.00
19.00-20.00	1,873.00			0.00			0.00	0.00
20.00-21.00	1,726.00			0.00			0.00	0.00
21.00-22.00	1,572.00			0.00			0.00	0.00
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00		0.00			0.00	0.00
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00		0.00			0.00	0.00
00.00-01.00	1,111.00			0.00			0.00	0.00
01.00-02.00	1,089.00			0.00			0.00	0.00
02.00-03.00	1,082.00			0.00			0.00	0.00
03.00-04.00	1,113.00			0.00			0.00	0.00
04.00-05.00	1,602.00			0.00			0.00	0.00
05.00-06.00	1,914.00			0.00			0.00	0.00
06.00-07.00	1,979.00			0.00			0.00	0.00
07.00-08.00	1,990.00			0.00			0.00	0.00
08.00-09.00	1,983.00			0.00			0.00	0.00
	40,163.00			0.00			SUM	0.00

หลังจากได้ตารางนำข้อมูลปริมาณน้ำที่จ่ายออกในแต่ละชั่วโมงที่รวบรวมมาได้กรอกลงในช่อง Water Supply รหัสเครื่องสูบน้ำ (Pump No.) กำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ (Power Consumption) อัตราการสูบของเครื่องสูบน้ำ(Pump Rated) อปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกรอง (For Back Wash) และในช่อง Volume In The Tank ปริมาณน้ำในถังน้ำใสในเวลา 9.00 น. ปริมาณเริ่มต้นการคำนวณ

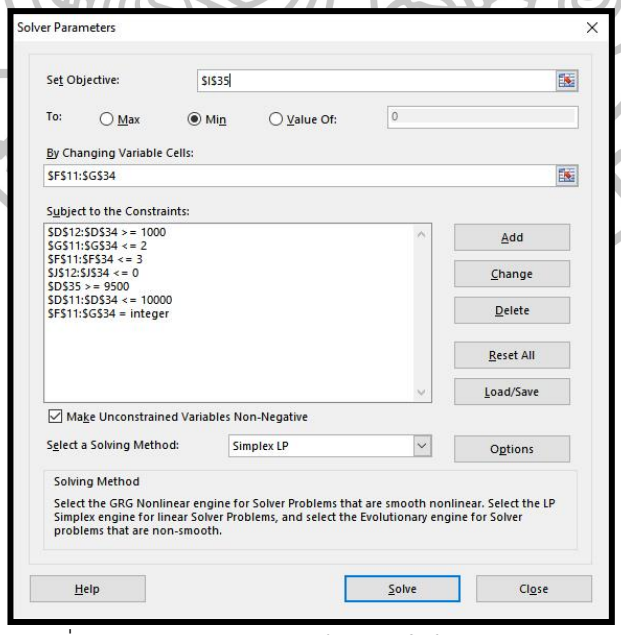
3.1.2 สร้างสมการลงในโปรแกรม

นำสมการที่สร้างเอาไว้ป้อนลงในเซลที่ต้องการทราบเพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าเพื่อมาแสดงผลดังนี้ สมการที่ 9 ใส่ในเซลล์ D12-D34 , สมการที่ 10 ใส่ในเซลล์ E11-E34 และ สมการที่ 3 ใส่ในเซลล์ที่ I11-I22, สมการที่ 4 ใส่ในเซลล์ที่ I23-I34 แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 สมการในโปรแกรมคำนวณ

ป้อนสมการข้อจำกัดโดยเปิด Add in ของโปรแกรม Microsoft Excel Worksheet ขึ้นมาแล้วป้อนข้อจำกัดของระบบ สมการที่ 5-8 และกำหนดตัวแปลตัดสินใจ F11-G35 (Variable Cell) ให้เป็นตัวแปลจำนวนเต็ม (Integer) เพราะคือจำนวนของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานจึงต้องเป็นจำนวนเต็ม แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 สมการเป้าหมายและข้อจำกัดในโปรแกรมคำนวณ

เมื่อกรอกข้อมูลครบถ้วนแล้วและต้องการให้โปรแกรมคำนวณผลลัพธ์ให้กดที่ Solve โปรแกรมจะคำนวณแล้วแสดงผลลัพธ์ของตัวแปลตัดสินใจที่ได้ในตารางช่องสีเหลืองซึ่งกำหนดเอาไว้เป็น Variable cell แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตารางผลการคำนวณโดยโปรแกรม

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	pump Status		Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
					1000 (mm^3)	500 (mm^3)		
09.00-10.00	1,920.00		9,500.00	500.00	0	1	37.00	155.76
10.00-11.00	1,901.00		8,080.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		7,179.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		6,285.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
13.00-14.00	1,864.00		5,608.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
14.00-15.00	1,861.00		5,744.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
15.00-16.00	1,899.00		5,883.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
16.00-17.00	1,865.00		5,984.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
17.00-18.00	1,913.00		6,119.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
18.00-19.00	1,849.00		6,206.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
19.00-20.00	1,873.00		6,357.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
20.00-21.00	1,726.00		6,484.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
21.00-22.00	1,572.00		6,758.00	2,500.00	2	1	187.00	787.21
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	7,686.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	4,429.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
00.00-01.00	1,111.00		1,300.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
01.00-02.00	1,089.00		2,689.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
02.00-03.00	1,082.00		4,100.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
03.00-04.00	1,113.00		5,518.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
04.00-05.00	1,602.00		6,905.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
05.00-06.00	1,914.00		7,803.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
06.00-07.00	1,979.00		8,389.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
07.00-08.00	1,990.00		8,910.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
08.00-09.00	1,983.00		9,420.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
	40,163.00		9,937.00	49,500.00			SUM	12,304.37

หลังจากที่ได้กำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำจากกำหนดการเชิงเส้นแล้ว จึงได้นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง และได้ทำการทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนข้อจำกัดของระบบ เช่น เพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใส เพิ่มขนาดความจุของถังน้ำ เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการศึกษา เพื่อหาข้อดีข้อเสียต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้กำหนดการเชิงเส้นเพื่อสร้างตารางการทำงานของเครื่องสูบน้ำแล้ว ได้ทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนข้อจำกัดของระบบในหลายๆกรณี และนำผลได้ไปเปรียบเทียบกับตารางการทำงานแบบเดิมเพื่อทราบถึงค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง โดยผลที่ได้มีดังนี้

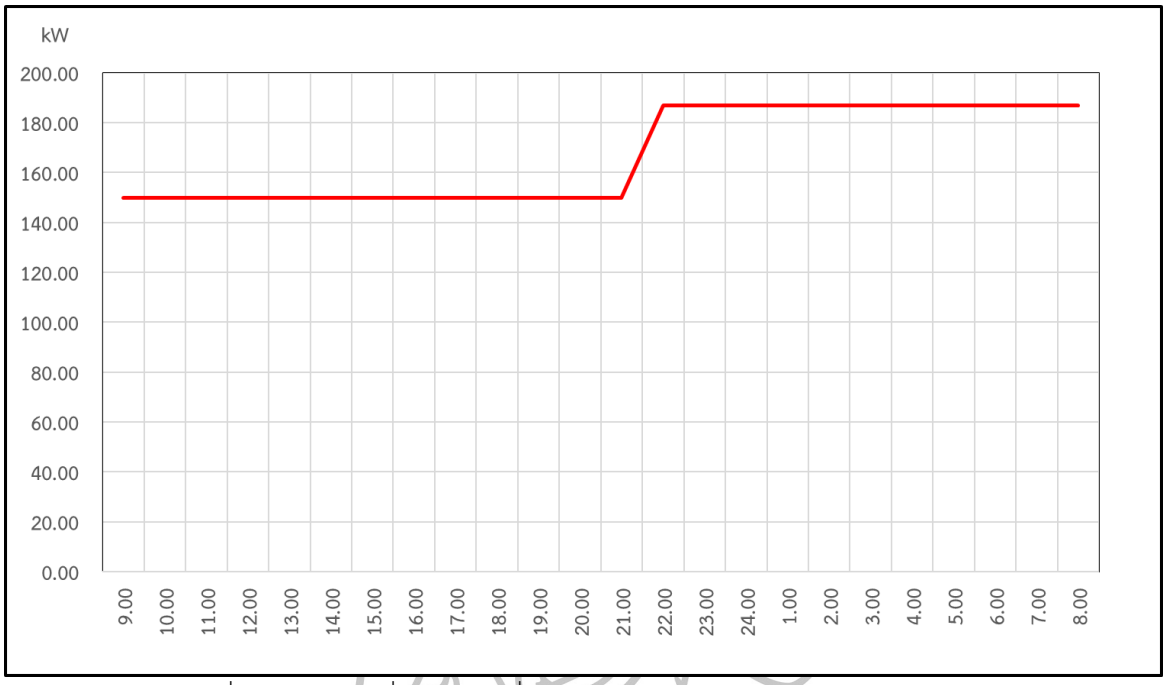
4.1 การทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการจัดกำหนดการทำงาน

เพื่อทราบถึงความแตกต่างระหว่างก่อนและหลัง จึงได้ศึกษาการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการจัดกำหนดการทำงานโดยเป็นการนำตารางสั่งการที่ออกโดยหัวหน้างานสั่งให้พนักงานปฏิบัติตาม นำมาพิจารณาหาค่าไฟฟ้าโดยการนำชั่วโมงการทำงานมาคำนวณเป็นค่าไฟฟ้าที่ใช้งานโดยคิดในแบบแบ่งช่วงเวลาคือ On Peak (9.00-22.00 น.) อัตราค่าไฟฟ้าจะอยู่ที่ 4.2097 บาทต่อหน่วย จำนวนหน่วยไฟที่ใช้อยู่ที่ 1,950 ยูนิต และในช่วง Off Peak (22.00-9.00 น.) อัตราจะอยู่ที่ 2.6295 บาทต่อหน่วย จำนวนหน่วยไฟที่ใช้อยู่ที่ 2,057 ยูนิต โดยผลที่ได้ ค่าไฟฟ้าในช่วง On Peak จะอยู่ที่ 82,081.72 บาท และค่าไฟฟ้าในช่วง Off Peak 5,408.88 บาท เมื่อพิจารณาผลที่ได้ ค่าไฟฟ้าในช่วง On Peak จะสูงกว่าในช่วง Off Peak ถึง 51.76 % ถึงแม้จำนวนยูนิตที่ใช้งานในช่วง Off Peak จะมีมากกว่าก็ตาม สาเหตุเนื่องจากอัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Off Peak นั้นถูกกว่า ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตารางการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการจัดกำหนดการทำงาน

เวลา	สถานะการทำงานเครื่องสูบน้ำ						อัตราค่าไฟฟ้า	ค่าไฟที่ใช้งาน
พิกัดเครื่องสูบน้ำ	RVM01BL	RVM02BL	RVM03BL	RVM04BL	RVM05BL	RVM06BL	(บาทต่อยูนิท)	(บาท)
(กิโลวัตต์)	75.00	75.00	75.00	75.00	37.00	37.00		
9.00-10.00	1	1	0	0	0	0		631.44
10.00-11.00	1	1	0	0	0	0		631.44
11.00-12.00	1	1	0	0	0	0		631.44
12.00-13.00	1	1	0	0	0	0		631.44
13.00-14.00	1	1	0	0	0	0		631.44
14.00-15.00	1	1	0	0	0	0		631.44
15.00-16.00	1	1	0	0	0	0	4.2096	631.44
16.00-17.00	1	1	0	0	0	0		631.44
17.00-18.00	1	1	0	0	0	0		631.44
18.00-19.00	1	1	0	0	0	0		631.44
19.00-20.00	1	1	0	0	0	0		631.44
20.00-21.00	1	1	0	0	0	0		631.44
21.00-22.00	1	1	0	0	0	0		631.44
22.00-23.00	1	1	0	0	1	0		491.72
23.00-00.00	1	1	0	0	1	0		491.72
00.00-1.00	1	1	0	0	1	0		491.72
1.00-2.00	1	1	0	0	1	0		491.72
2.00-3.00	1	1	0	0	1	0		491.72
3.00-4.00	1	1	0	0	1	0	2.6295	491.72
4.00-5.00	1	1	0	0	1	0		491.72
5.00-6.00	1	1	0	0	1	0		491.72
6.00-7.00	1	1	0	0	1	0		491.72
7.00-8.00	1	1	0	0	1	0		491.72
8.00-9.00	1	1	0	0	1	0		491.72
รวมค่าไฟฟ้า								13,617.60

นำค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานในแต่ละชั่วโมงจากการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการจัดกำหนดการทำงาน (ตารางที่ 8) มาบันทึกลงบนกราฟแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 9 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานก่อนการจัดกำหนดการทำงาน

นำค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ได้นำมาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ผลิตได้โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องสูบน้ำ ยูนิตที่ใช้งานและค่าไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาและผลรวมโดยคิดเป็นร้อยละการใช้งานแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตารางเปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าก่อนการจัดกำหนดการทำงาน

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำ ผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	23,500 (48.60%)	1,950 (48.66%)	8,208.72 (60.28%)
Off Peak	2.6295	25,000 (51.40%)	2,057 (51.34%)	5,408.88 (39.72%)
รวม		48,500 (100.00%)	4,007 (100.00%)	13,617.60 (100.00%)

โดยเมื่อพิจารณาจากผลที่ได้พบว่าการทำงานเครื่องสูบน้ำ ผู้ปฏิบัติงานพยายามรักษาระดับการเดินเครื่องในช่วง On Peak (9.00-22.00น.) ให้คงที่และไปเพิ่มกำลังการผลิตในช่วง Off Peak คือเวลา 22.00 น. มากขึ้นซึ่งอัตราค่าไฟฟ้าถูกกว่าเพื่อต้องการลดค่าไฟฟ้า อัตราส่วนการใช้กำลังไฟฟ้าจะใกล้เคียงกันแต่ค่าไฟฟ้าในช่วง On Peak จะสูงกว่าในช่วง Off Peak ถึง 2,799.84 บาท

4.2 การจัดกำหนดการโดยกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม

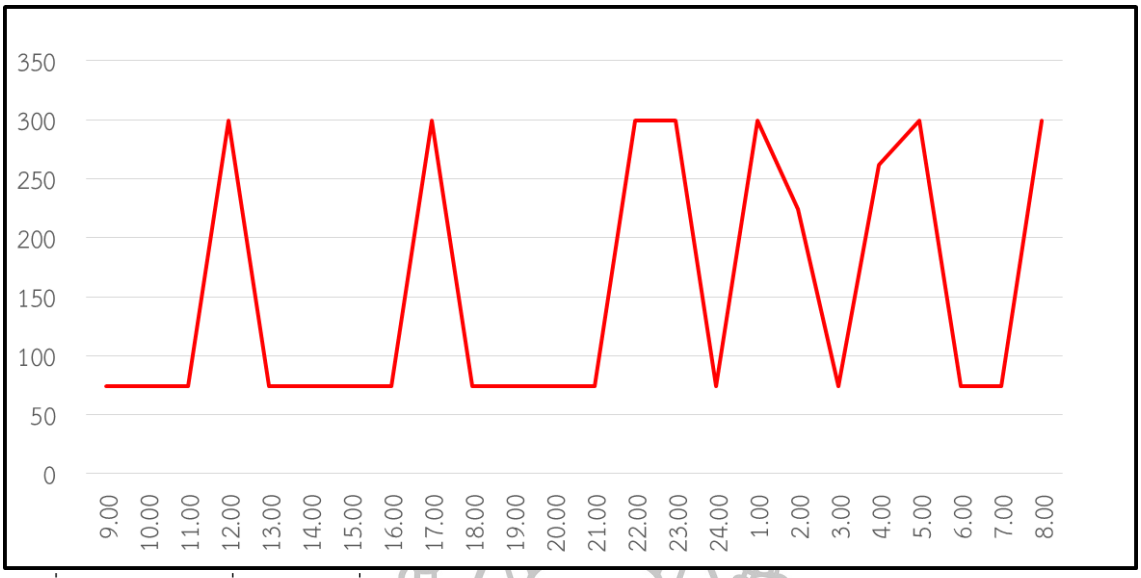
การจัดกำหนดการโดยกำหนดการเชิงเส้นได้แยกวิธีการเพื่อที่จะศึกษาตามกรณีต่างๆ โดยได้แนวทางดังนี้

4.2.1 กรณีศึกษาที่ 1 กำหนดการแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์ คือการไม่พิจารณาข้อจำกัดทางด้านระบบไฮดรอลิกส์ของเครื่องสูบน้ำ โดยใช้ข้อมูลอัตราการสูบที่ระบุที่เนมเพรทของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบผลิตของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาอื่นๆ โดยผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 กำหนดการเดินเครื่องสูบน้ำในแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water produce (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		9,500.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
10.00-11.00	1,901.00		8,580.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		7,679.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		6,785.00	4,000.00	3	2	299.00	1,258.70
13.00-14.00	1,864.00		9,108.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
14.00-15.00	1,861.00		8,244.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
15.00-16.00	1,899.00		7,383.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
16.00-17.00	1,865.00		6,484.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
17.00-18.00	1,913.00		5,619.00	4,000.00	3	2	299.00	1,258.70
18.00-19.00	1,849.00		7,706.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
19.00-20.00	1,873.00		6,857.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
20.00-21.00	1,726.00		5,984.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
21.00-22.00	1,572.00		5,258.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	4,686.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	2,929.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		1,300.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
01.00-02.00	1,089.00		1,189.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
02.00-03.00	1,082.00		4,100.00	3,000.00	2	2	224.00	589.01
03.00-04.00	1,113.00		6,018.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
04.00-05.00	1,602.00		5,905.00	3,500.00	3	1	262.00	688.93
05.00-06.00	1,914.00		7,803.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		9,889.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
07.00-08.00	1,990.00		8,910.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
08.00-09.00	1,983.00		7,920.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
	40,163.00		9,937.00	49,500.00				11,931.47

นำผลที่ได้จากช่อง Power Electricity (kW) ที่ใช้งานในแต่ละชั่วโมงมาบันทึกลงบนกราฟแสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 10 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์

นำค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ได้จากกำหนดการเชิงเส้น ปริมาณน้ำ ยูนิตที่ใช้งานในแต่ละช่วงและค่าไฟฟ้ามาเปรียบเทียบกัน โดยแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ตารางผลการจัดกำหนดการแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำ ผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	19,000 (38.28%)	1,412 (38.28%)	5,944.10 (49.82%)
Off Peak	2.6295	30,500 (61.62%)	2,277 (61.72%)	5,987.37 (50.18%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,689 (100.00%)	11,931.47 (100.00%)

ผลที่ได้จากการจัดกำหนดการทำงานโดยไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ว่ากำหนดการจะลดการใช้กำลังงานไฟฟ้าในช่วง On Peak และไปเพิ่มการใช้ไฟในช่วง Off Peak มากขึ้นซึ่งเป็นช่วงที่อัตราค่าไฟฟ้าถูกกว่าและยังกำหนดให้เครื่องสูบน้ำขนาดกำลังผลิต 500 ลบ.ม./ชม. ทำงานทั้งสองเครื่องพร้อมกันตลอดเวลา โดยเมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพแล้วคุ้มค่ามากกว่าเครื่องสูบน้ำอัตราการสูบ 1,000 ลบ.ม. โดยเครื่องสูบน้ำขนาด 500 ลบ.ม./ชม. สามารถผลิตน้ำได้ 13.51 ลบ.ม./กิโลวัตต์ แต่ในส่วนของเครื่องสูบน้ำอัตราการสูบ 1,000 ลบ.ม. ประสิทธิภาพอยู่ที่ 13.33 ลบ.ม./กิโลวัตต์ ซึ่งด้อยกว่า โดยผลที่ได้สามารถลดค่าไฟฟ้าจากกำหนดการเดิมถึง 1,686.13 บาทต่อวัน หรือคิดเป็น 12.38 % แต่เนื่องจากในสภาวะการทำงานที่แท้จริงของเครื่องสูบน้ำอัตราการสูบไม่เป็นไปตามเนมเพรทที่เครื่องสูบน้ำระบุโดยอัตราการสูบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับระดับความสูงที่เครื่องสูบน้ำส่งจ่ายไปโดยสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้นั้นคือระดับน้ำของแหล่งน้ำ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำที่สุดจึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์

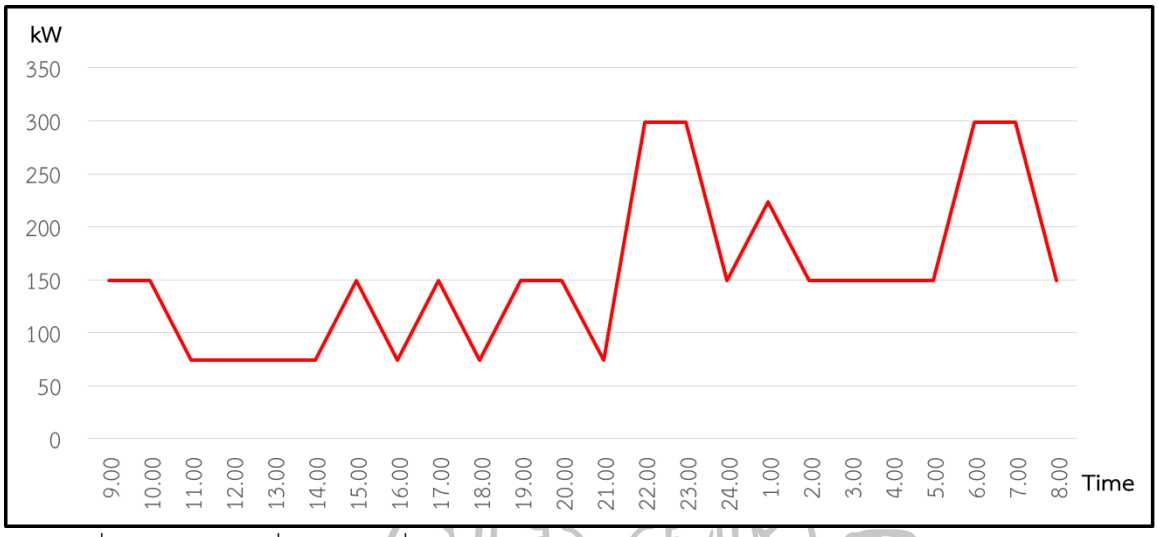
4.2.2 กรณีศึกษาที่ 2 การจัดกำหนดการโดยโปรแกรมในแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์โดยในกรณีดังกล่าวจะเป็นการศึกษาสภาวะระดับน้ำซึ่งส่งผลกระทบต่ออัตราการสูบน้ำสภาพเป็นจริงของเครื่องสูบน้ำ

ในแต่ละเครื่องที่ถึงแม้จะเป็นยี่ห้อหรือรุ่นเดียวกันแต่จากสภาพการใช้งานส่งผลให้อัตราการสูบในแต่ละเครื่องนั้นไม่เท่ากัน โดยข้อมูลอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำที่นำมาใช้ในการคำนวณจะใช้ข้อมูลจากกราฟประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ตารางที่ 12 กำหนดการเดินเครื่องสูบน้ำในแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	pump Status						Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
					RVM 01BL	RVM 02BL	RVM 03BL	RVM 04BL	RVM 05BL	RVM 06BL		
09.00-10.00	1,920.00		9,500.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	627.25
10.00-11.00	1,901.00		9,556.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	627.25
11.00-12.00	1,894.00		9,631.00	996.00	0	0	0	0	1	1	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		8,733.00	996.00	0	0	0	0	1	1	74.00	311.52
13.00-14.00	1,864.00		8,052.00	996.00	0	0	0	0	1	1	74.00	311.52
14.00-15.00	1,861.00		7,184.00	996.00	0	0	0	0	1	1	74.00	311.52
15.00-16.00	1,899.00		6,319.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	627.25
16.00-17.00	1,865.00		6,396.00	996.00	0	0	0	0	1	1	74.00	311.52
17.00-18.00	1,913.00		5,527.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	627.25
18.00-19.00	1,849.00		5,590.00	996.00	0	0	0	0	1	1	74.00	311.52
19.00-20.00	1,873.00		4,737.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	627.25
20.00-21.00	1,726.00		4,840.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	627.25
21.00-22.00	1,572.00		5,090.00	996.00	0	0	0	0	1	1	74.00	311.52
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	4,514.00	3,926.00	1	1	0	1	1	1	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	2,683.00	3,926.00	1	1	0	1	1	1	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		980.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	391.80
01.00-02.00	1,089.00		1,845.00	2,951.00	0	1	0	1	1	1	224.00	589.01
02.00-03.00	1,082.00		3,707.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	391.80
03.00-04.00	1,113.00		4,601.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	391.80
04.00-05.00	1,602.00		5,464.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	391.80
05.00-06.00	1,914.00		5,838.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	391.80
06.00-07.00	1,979.00		5,900.00	3,926.00	1	0	1	1	1	1	299.00	786.22
07.00-08.00	1,990.00		7,847.00	3,926.00	1	0	1	1	1	1	299.00	786.22
08.00-09.00	1,983.00		9,783.00	1,976.00	0	0	0	1	1	1	149.00	391.80
	40,163.00		9,776.00	49,339.00							SUM	12,028.76

นำผลที่ได้จากช่อง Power Electricity (kW) ที่ใช้งานในแต่ละชั่วโมงมาบันทึกลงบนกราฟแสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 11 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์

นำค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ได้จากกำหนดการเชิงเส้น ปริมาณน้ำ ยูนิตที่ใช้งานในแต่ละช่วงและค่าไฟฟ้ามาเปรียบเทียบกัน โดยแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ตารางผลการจัดกำหนดการแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์

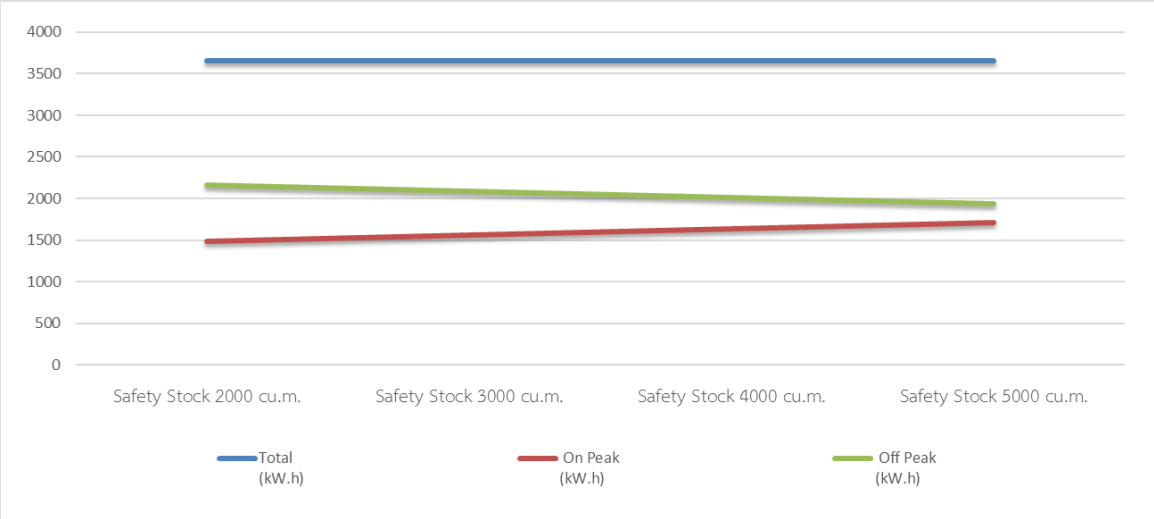
ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำ ผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	18,828 (38.16%)	1,412 (38.67%)	5,944.10 (49.42%)
Off Peak	2.6295	30,511 (61.84%)	2,314 (62.10%)	6,084.66 (50.58%)
รวม		49,339 (100.00%)	3,726 (100.00%)	12,028.76 (100.00%)

ผลที่ได้จากการจัดกำหนดการทำงานโดยพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จะมีความคล้ายคลึงกับผลของกำหนดการทำงานโดยไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์ กำหนดการจะลดการใช้กำลังงานไฟฟ้าในช่วง On Peak และเพิ่มกำลังงานไฟฟ้าในช่วง Off Peak โดยผลที่ได้ค่าไฟฟ้าจะถูกกว่าในรูปแบบวิธีก่อนการจัดตาราง 1,588.84 บาท โดยคิดเป็น 11.66 % ซึ่งน้อยกว่ากรณีศึกษาที่ 1 เพราะเนื่องจากปริมาณการสูบที่อยู่กับระดับน้ำซึ่งในช่วงที่ทดสอบโปรแกรมระดับอยู่ในระดับต่ำ อัตราการสูบที่ได้จึงลดลงกว่าประสิทธิภาพที่เครื่องสูบน้ำทำได้ กำหนดการจึงเพิ่มชั่วโมงการทำงานของเครื่องสูบน้ำเพื่อชดเชยให้ได้ปริมาณน้ำที่เพียงพอ

4.2.3 กรณีศึกษาที่ 3 เป็นการศึกษาการจัดกำหนดการโดยใช้กำหนดการเชิงเส้นโดยรูปแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์ โดยเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใสให้เพิ่มมากขึ้น โดยเปลี่ยนแปลงสมการข้อจำกัดปริมาณน้ำจาก 1,000 ลบ.ม. เป็น 2,000 – 5,000 ลบ.ม. ตามลำดับ เพื่อสังเกตกำหนดการที่เปลี่ยนแปลง

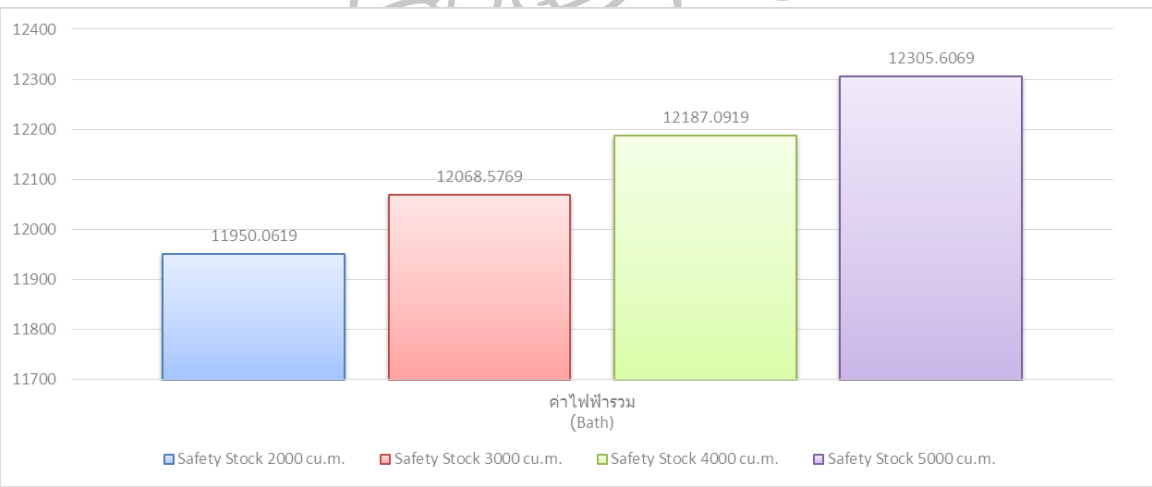
$$(2000,3000,4000,5000) < H_i < 10,000 \qquad (23)$$

โดยหลังจากได้ผลจากการคำนวณจากทั้ง 4 ข้อจำกัด นำค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ได้มาพล็อตลงในกราฟเพื่อสังเกตความแตกต่างแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 12 กำลังงานไฟฟ้าจากการจัดกำหนดโดยเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือ

ผลที่ได้จากกำหนดการทั้ง 4 รูปแบบ นำเฉพาะค่าไฟฟ้ารวมของแต่ละกำหนดการมาเปรียบเทียบกันดังภาพที่ 11



ภาพที่ 13 ค่าไฟฟ้าจากการจัดกำหนดโดยเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือ

ผลที่ได้จากกำหนดการทั้ง 4 รูปแบบนำค่ากำลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ามาแยกตามช่วง On Peak และ Off Peak แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ตารางเปรียบเทียบผลกำหนดการแบบคงเหลือน้ำในถังน้ำใส

วิธีการ	On Peak (kW.h)	Off Peak (kW.h)	On Peak (Bath)	Off Peak (Bath)	Total (Bath)
Safety Stock 2000 cu.m.	1,650.00	2,052.00	6,946.01	5,395.73	12,341.74
Safety Stock 3000 cu.m.	1,562.00	2,127.00	6,575.55	5,592.95	12,168.50
Safety Stock 4000 cu.m.	1,637.00	2,052.00	6,891.28	5,395.73	12,287.01
Safety Stock 5000 cu.m.	1,712.00	1,977.00	7,207.01	5,198.52	12,405.53

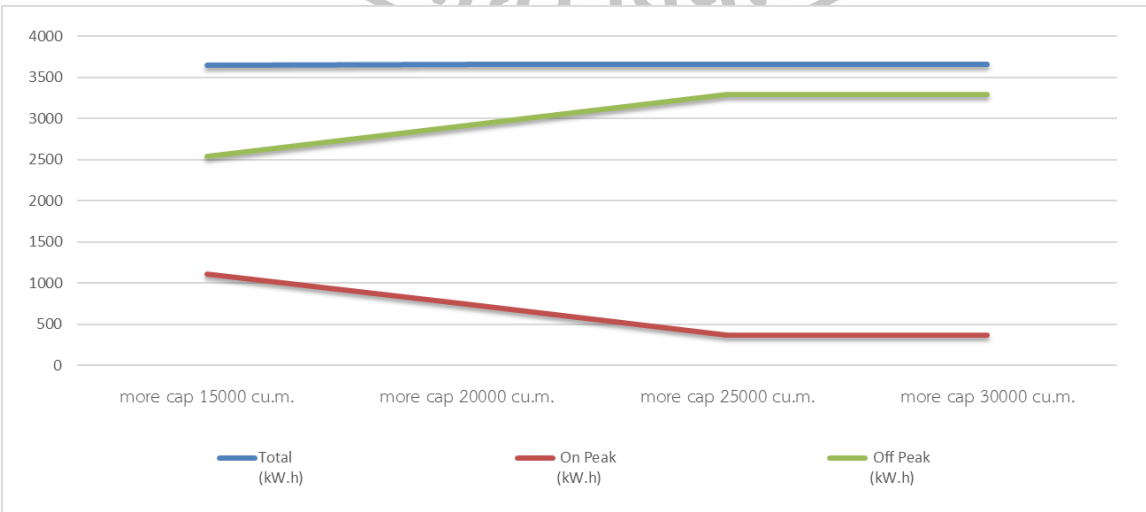
ผลที่ได้จากกรณีศึกษาที่ 3 จะเห็นได้ว่าอัตราการใช้กำลังไฟฟ้ารวมของแต่ละกำหนดการนั้นเท่ากัน ดังภาพที่ 10 แต่ถ้าหากพิจารณาได้ส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง On Peak พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใสมากขึ้นกำลังไฟฟ้าในช่วง On Peak ก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นด้วย จากผลดังกล่าวเนื่องจากเมื่อมีการเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใส น้ำที่เก็บรักษาไว้ในถังน้ำใสสามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือนำมาส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำได้ลดลง กำหนดการเชิงเส้นจึงต้องเพิ่มปริมาณการเดินเครื่องสูบน้ำมากขึ้นเพื่อรักษาปริมาณน้ำเพื่อส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ ค่าไฟฟ้าของทั้ง 4 ข้อจำกัดจึงเป็นไปตามภาพที่ 11 คือเพิ่มมาก ตามลำดับ

4.2.4 กรณีศึกษาที่ 4 เป็นการทดลองเพื่อต้องการทราบว่าหากมีการเพิ่มขนาดของถังน้ำใสจะส่งผลต่อค่าไฟฟ้าหรือไม่ โดยอาศัยการจัดกำหนดการเชิงเส้นในแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์โดยมีการปรับเปลี่ยนสมการข้อจำกัดโดยเพิ่มปริมาณถังน้ำใสและเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใสรอบใหม่ (H_{Begin}) เพิ่มขึ้นตามทดสอบโดยเพิ่มปริมาณถังน้ำใสจากเดิม 10,000 ลบ.ม. ไปเป็น 15000,20000, 25000และ 30000 ลบ.ม. และปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำคำนวณรอบใหม่ H_{Begin} เพื่อให้สอดคล้องกัน เพื่อสังเกตกำหนดการที่เปลี่ยนแปลง

$$1{,}000 < H_i < (15000,20000,25000,30000) \quad (24)$$

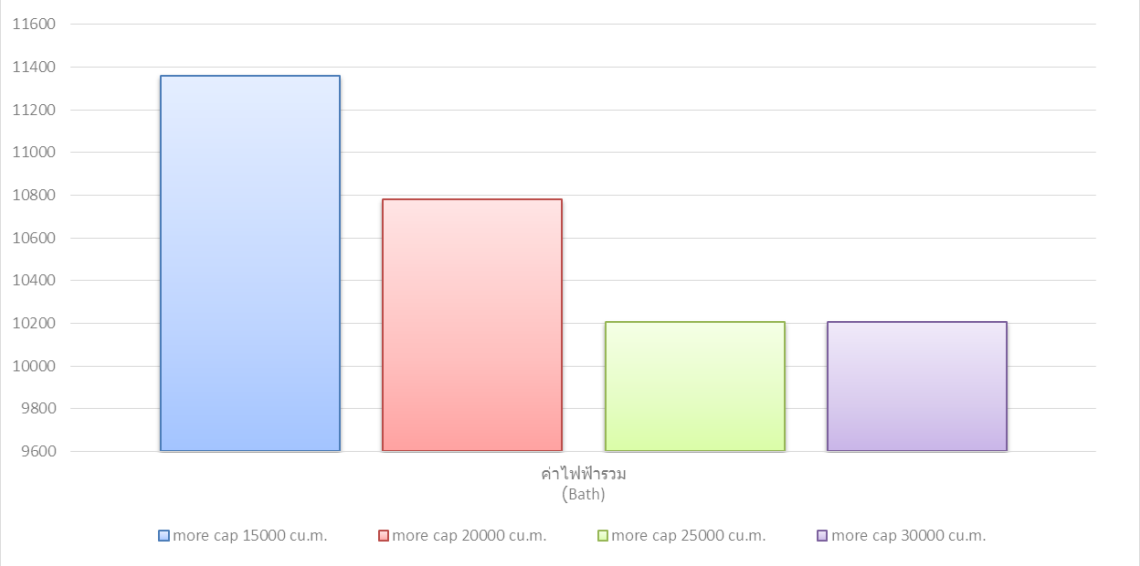
$$H_{Begin} \geq (14000,19000,24000,29000) \quad (25)$$

โดยหลังจากได้ผลจากการคำนวณจากทั้ง 4 ข้อจำกัด นำค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ได้มาพล็อตลงในกราฟเพื่อสังเกตความแตกต่างแสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 14 กำลังงานไฟฟ้าจากกำหนดเชิงเส้น โดยปรับเปลี่ยนปริมาณถังน้ำใส

ผลที่ได้จากกำหนดการทั้ง 4 รูปแบบ นำเฉพาะค่าไฟฟ้ารวมของแต่ละกำหนดการมาเปรียบเทียบกัน ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 15 ค่าไฟฟ้าจากกำหนดเชิงเส้น โดยปรับเปลี่ยนปริมาณถังน้ำใส

ผลที่ได้จากกำหนดการทั้ง 4 รูปแบบนำค่ากำลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ามาแยกตามช่วง On Peak และ Off Peak แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ตารางผลการจัดกำหนดเชิงเส้น โดยปรับเปลี่ยนปริมาณถังน้ำใส

วิธีการ	On Peak (kW.h)	Off Peak (kW.h)	On Peak (Bath)	Off Peak (Bath)	Total (Bath)
more cap 15000 cu.m.	1,075.00	2,614.00	4,525.43	6,873.51	11,398.94
more cap 20000 cu.m.	703.00	2,989.00	2,959.42	7,859.58	10,818.99
more cap 25000 cu.m.	407.00	3,289.00	1,713.35	8,648.43	10,361.77
more cap 30000 cu.m.	407.00	3,289.00	1,713.35	8,648.43	10,361.77

จากกรณีศึกษาที่ 4 เมื่อมีการเพิ่มขนาดของถังน้ำใสให้มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าไฟฟ้านั้นลดลง เนื่องจากขนาดของถังน้ำใสที่ใหญ่ขึ้นสามารถผลิตน้ำในช่วงเวลา Off Peak มากกว่าเดิม เพื่อส่งจ่ายในช่วงเวลา On Peak ซึ่งเป็นช่วงที่ค่าไฟฟ้าสูง ในการทดสอบโดยเพิ่มปริมาณถังน้ำใสไปที่ 15,000 ลบ.ม., 20,000 ลบ.ม., 25,000 ลบ.ม.และ 30,000 ลบ.ม. พบว่าค่าไฟฟ้านั้นลดลงตามลำดับจนมาถึงการทดสอบที่ 25,000 ลบ.ม.และ 30,000 ลบ.ม. ค่าไฟฟ้าจะคงที่ เนื่องจากกำหนดการจำเป็นจะต้องรักษาปริมาณน้ำในถังน้ำใสจึงยังคงต้องเดินเครื่องสูบน้ำเพื่อผลิตน้ำให้ได้ตามข้อกำหนด โดยค่าไฟฟ้านั้นลดลงจากกำหนดการแบบเดิมสูงสุดอยู่ที่ 3,255.83 บาท หรือคิดเป็น 781,399.20 บาทต่อปี

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ นำเสนอการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำในระบบผลิตน้ำประปา โดยใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมในการพิจารณาหาตารางการเดินเครื่องที่เหมาะสมของระบบผลิตการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรีที่เป็นกรณีศึกษา

โดยเริ่มรวบรวมข้อมูลคือ กำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำก่อนการแก้ไข,ปริมาณน้ำส่งจ่ายในแต่ละชั่วโมง,น้ำสูญเสียในระบบผลิต,อัตราค่ากำลังงานไฟฟ้า,ข้อมูลจำเพาะของเครื่องสูบน้ำและข้อจำกัดในระบบผลิตน้ำประปา เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ โดยมีเป้าหมายที่จะลดค่ากำลังงานไฟฟ้าให้ได้ต่ำที่สุด และผลิตน้ำให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อการส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ

จากข้อมูลที่ได้ นำมากำหนดเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจัดกำหนดการเพื่อที่จะลดค่ากำลังงานไฟฟ้าโดยแบ่งกรณีศึกษาได้ 4 กรณีได้แก่

1. การจัดกำหนดการในแบบไม่พิจารณาระบบไฮดรอลิกส์
2. การจัดกำหนดการในแบบพิจารณาระบบไฮดรอลิกส์
3. การจัดกำหนดการโดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใสจากเดิมให้เพิ่มขึ้น
4. การจัดกำหนดการโดยการเพิ่มปริมาตรถังน้ำใส

จากการศึกษาการจัดกำหนดการตามกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี สามารถสรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

-กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมที่สร้างขึ้นสามารถจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำได้อย่างเหมาะสม และยังสามารถลดค่าไฟฟ้าลง โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่ส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ ซึ่งเมื่อพิจารณาผลที่ได้ค่าไฟฟ้านั้นลดลงจากวิธีก่อนการจัดตารางถึง 1,686.13 บาทต่อวัน ผลเป็นไปดังสมมติฐานงานวิจัย

-จากกรณีศึกษาที่ 3 การจัดกำหนดการโดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใสให้เพิ่มขึ้น กำหนดการดังกล่าวสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่ควรเก็บรักษาไว้ในกรณีฉุกเฉิน โดยทำให้ทราบถึงค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามการเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใสได้ สามารถใช้เป็นข้อมูลให้กับผู้บริหารเพื่อประกอบการตัดสินใจได้

-จากกรณีศึกษาที่ 4 การจัดกำหนดการโดยการเพิ่มปริมาตรถังน้ำใสสามารถใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ในการออกแบบการก่อสร้างเพื่อกำหนดขนาดถังน้ำใสและอัตราการสูบของเครื่องสูบน้ำ โดยทำให้ทราบถึงค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นและจำนวนชั่วโมงการเดินเครื่องสูบน้ำ

-วิธีการจัดกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสามารถให้คำตอบที่เหมาะสมและรวดเร็วและยังแม่นยำกว่าผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้สร้างกำหนดการ

-เนื่องจากกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมเกิดขึ้นจากข้อมูลและการปฏิบัติงานที่หน้างานจริง จึงทำให้โปรแกรมดังกล่าวสามารถใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกประเด็น และยังคงสามารถลดค่าลงโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มแต่ประการใด ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงส่งผลให้โปรแกรมการจัดกำหนดการเครื่องสูบน้ำในระบบการผลิตน้ำประปา ได้รับรางวัลเหรียญเงินในการประกวดรางวัลนวัตกรรมดีเด่น ของ กปภ. ปี 2559

5.2 อภิปรายผล

ผลที่ได้จากกำหนดการเชิงเส้นนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกำหนดการแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ตารางเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าและกำลังงานไฟฟ้าของทุกกำหนดการ

วิธีการ		On Peak (kW)	Off Peak (kW)	On Peak (Bath)	Off Peak (Bath)	Total(Bath)
ผลิตในแบบปกติ (ก่อนการจัดกำหนดการ)	Before	1,950.00	2,057.00	8,208.92	5,408.88	13,617.80
แบบไม่คำนึงถึงไฮโดรลิค	Non Hydrolic	1,412.00	2,277.00	5,944.10	5,987.37	11,931.47
แบบคำนึงถึงไฮโดรลิค	Hydrolic	1,412.00	2,314.00	5,944.10	6,084.66	12,028.76
การจัดกำหนดการโดยเพิ่มปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใส	Safety Stock 2000 cu.m.	1,650.00	2,052.00	6,946.01	5,395.73	12,341.74
	Safety Stock 3000 cu.m.	1,562.00	2,127.00	6,575.55	5,592.95	12,168.50
	Safety Stock 4000 cu.m.	1,637.00	2,052.00	6,891.28	5,395.73	12,287.01
	Safety Stock 5000 cu.m.	1,712.00	1,977.00	7,207.01	5,198.52	12,405.53
การจัดกำหนดการโดเพิ่มปริมาณถังน้ำใส	more cap 15000 cu.m.	1,075.00	2,614.00	4,525.43	6,873.51	11,398.94
	more cap 20000 cu.m.	703.00	2,989.00	2,959.42	7,859.58	10,818.99
	more cap 25000 cu.m.	407.00	3,289.00	1,713.35	8,648.43	10,361.77
	more cap 30000 cu.m.	407.00	3,289.00	1,713.35	8,648.43	10,361.77

จากผลของกรณีศึกษาที่ 1 และ 2 ทำให้ทราบว่าในรูปแบบพิจารณาระบบไฮโดรลิคจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงกว่า เนื่องจากปริมาณน้ำที่สูบได้จะมีการปรับเปลี่ยนตามสภาวะของระดับน้ำของแหล่งน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในช่วงของการทดสอบนั้นระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำปกติ ปริมาณน้ำที่เครื่องสูบน้ำสูบได้ลดลง ส่งผลให้กำหนดการเพิ่มชั่วโมงการทำงานมากขึ้น ค่าไฟฟ้าจึงเพิ่มมากขึ้นตาม แต่หากมีการนำกำหนดการเชิงเส้นในรูปแบบพิจารณาไฮโดรลิคไปใช้งานผู้ปฏิบัติงานจำเป็นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจระบบเป็นอย่างดี เพราะจะมีความยุ่งยากต่อการรวบรวมข้อมูลกว่าแต่ผลที่ได้นั้นแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

จากกรณีศึกษาที่ 3 การจัดกำหนดการโดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำคงเหลือในถังน้ำใสจากเดิมให้เพิ่มขึ้น ผลที่ได้พบว่ากำหนดการให้เครื่องสูบน้ำเพิ่มชั่วโมงการทำงานให้มากกว่าเดิม เนื่องจากปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้นั้นมีปริมาณที่ลดลงเพราะจะต้องรักษาระดับน้ำตามข้อจำกัด กำหนดการนี้จะมีประโยชน์หากเครื่องสูบน้ำเกิดการขัดข้องไม่สามารถผลิตน้ำได้จะยังคงมีน้ำที่เก็บกักไว้ส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ และมีเวลาในการแก้ไขเครื่องสูบน้ำโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำ จากกำหนดการดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงข้อดีข้อเสียและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้บริหารต่อไป

จากกรณีศึกษาที่ 4 เมื่อพิจารณาการจัดกำหนดการโดยการเพิ่มปริมาตรถังน้ำใสให้มากขึ้น พบว่าหากขนาดถังน้ำใสมากขึ้นกำหนดการจะลดจำนวนชั่วโมงการเดินเครื่องสูบน้ำในช่วง On Peak ลง เพราะน้ำที่เก็บไว้ในถังน้ำใสสามารถจ่ายออกให้กับผู้ใช้น้ำทดแทน การทำงานของเครื่องสูบน้ำในช่วง On Peak ลดลงส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าลดลง แต่ในช่วงของทดสอบเพิ่มปริมาตรถังน้ำใสที่ 25,000 ลบ.ม. และ 30,000 ลบ.ม. ค่าไฟฟ้านั้นคงที่ เพราะเนื่องจากปริมาณน้ำที่เก็บรักษาไว้ในถังน้ำใสนั้นถูกนำมาใช้งานจนถึงที่สุด กำหนดการจึงให้เครื่องสูบน้ำทำงานเพื่อรักษาปริมาณน้ำให้เพียงพอ โดยผลที่ได้สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าจากเดิมได้ถึง 3,255.83 บาทต่อวัน ลดลง 23.91% หรือคิดเป็น 781,399.20 บาทต่อปี แต่ต้องใช้งบประมาณเพื่อก่อสร้างถังน้ำใสเพิ่มเติม

5.3 ข้อเสนอแนะ

การจัดกำหนดการโดยกำหนดการเชิงเส้นนั้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นเนื่องจากมีการนำปัจจัยต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้องและใช้หลักการการวิเคราะห์การตัดสินใจทำให้สามารถจัดการปัญหาที่มีความซับซ้อนได้

อย่างไรก็ตามการที่จะใช้กำหนดการดังกล่าว ข้อมูลเริ่มต้นเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด หากในอนาคตปริมาณน้ำส่งออกมีการปรับเปลี่ยนนั้น ต้องมีการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวใหม่ หรืออาจการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณการส่งจ่ายในแบบเรียลไทม์เพื่อส่งข้อมูลกลับมายังโปรแกรมที่จะถูกพัฒนาขึ้นมาในอนาคตเพื่อรองรับค่าดังกล่าว เพื่อความแม่นยำของกำหนดการให้เพิ่มมากขึ้น และยังมีในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากผลจากกำหนดการที่มีการเปิดปิดเครื่องสูบน้ำบ่อยครั้ง ควรมีการศึกษาเรื่องดังกล่าวต่อไปในอนาคต

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

[1] คณะทำงาน คู่มือกระบวนการหลัก กระบวนการผลิตน้ำประปา (2558) **คู่มือกระบวนการหลักด้านการผลิตน้ำประปา** การประปาส่วนภูมิภาค

[2] วิบูลย์ บุญยธโรกุล (2529) **ปั๊มและระบบสูบน้ำ.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[3] V. Puleoa*, M. Morleyb, G. Frenic และ D. Savicb (2014). "Multi-stage linear programming optimization for pump scheduling" **Procedia Engineering** 70 (2014) 1378 – 1385 Dip. di Ing. Civile, Ambientale, Aerospaziale e dei Materiali, Universita degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze, Edificio 8, Palermo 90128, Italy

[4] Ruben Menkea, Edo Abrahama, Panos Parpasb and Ivan Stoianov (2015) "Approximation of system components for pump scheduling Optimization". **Procedia Engineering** 119 1059 – 1068 InfraSense Labs, Civil and environmental Engineering, Imperial College London, SW7 2BU London, UK

[5] Xiangtao Zhuan and Xiaohua Xia Applied (2013) "Optimal operation scheduling of a pumping station with multiple pumps" **Applied Energy** 104 35-257 Department of Automation, Wuhan University, Wuhan 430072, China

[6] Fehmi Gdrkem Octug and Ergun Yukseltan (2012) "A linear programming approach to household energy conservation: Efficient allocation of budget" **Energy and Buildings** 49 200-208 Bahcesehir University, Department of Energy Systems Engineering, 34353 Besiktas, Istanbul, Turkey

[7] Jiri Fink, Richard P. Van Leeuwen, Johann L. Hurink and Gerard J.M. Smit Fink etal (2015) "Linear programming control of a group of heat pumps." **Energy, Sustainability and Society** 5:33

[8] M.Behandish and Z.Y. Wu (2014) "Concurrent pump scheduling and storage level optimization using meta-models and evolutionary algorithms" **Procedia Engineering** 70103 – 112 Department of Computer Science and Engineering, University of Connecticut, Storrs, CT, USA Applied Research, Bentley Systems, Incorporated, Watertown, CT, USA

[9] Zijun Zhang, Taohui Zeng and Andrew Kusiak (2012) "Minimizing pump energy in

a wastewater processing plant" **Energy** 47 505-514
Department of Mechanical and Industrial Engineering, 3131 Seamans Center, The University of Iowa, Iowa City, A 52242 — 1527, United States

[10] Emma E. Ezenwaji, Raymond N.C. Anyadika and Nnaemeka I. Igu Appl (2014) "Optimal allocation of public water supply to the urban sectors of Enugu,Nigeria: a linear programming approach" **Water Sci** 4:73-78 DOI 10.1007/s13201-013-0131-0

[11] Juan Reaca, Alfonso Garcia-Manzano and Juna Martinez (2015) "Optimal pumping scheduling model considering reservoir evaporation" **Agricultural Water Management** 148 36-257
Department of Engineering, University ofAlmeria, 04120 Almeria, Spain
Agricultural Engineering, Department of Engineering, University ofAlmeria, 04120 Almeria, Spain

[12] Seyed Mohsen Sadatiyan Abkenar, Samuel Dustin Stanley, Donald V. Chase, Carol J. Miller and Shawn P. McElmurry **Optimizing pumping system for sustainable water distribution network by using Genetic Algorithm**
Wayne State University Detroit, USA

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคพนวก

ภาคพนวก ก.

ข้อมูลที่รวบรวมเพื่อใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำส่งจ่ายของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรีประจำเดือน พฤศจิกายน 2558

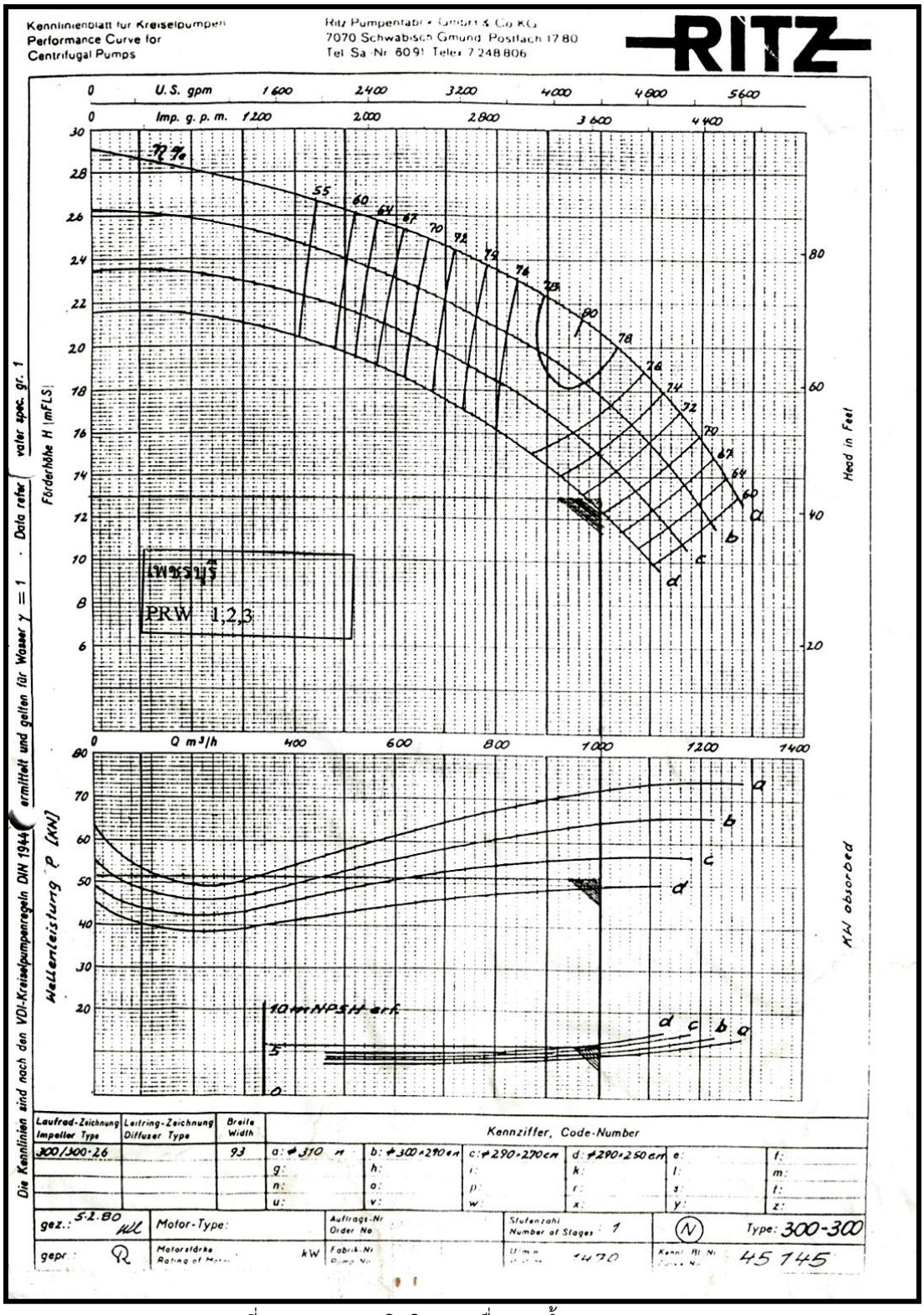
ปริมาณน้ำส่งจ่ายการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ประจำเดือน พฤศจิกายน 2558																														
เวลา/วันที่	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม)																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
09.00-10.00	2016	1757	1852	1784	1790	1757	1871	1968	1896	1879	1849	1893	1887	2030	2042	1893	1858	1854	1861	1744	2058	1991	1891	1824	1850	1954	1891	2036	2073	1852
10.00-11.00	1934	1917	1716	1783	1889	1801	1992	1963	1783	1818	1875	2091	1722	2042	1984	2064	1847	1856	1870	1652	1840	1820	1784	1816	1825	1870	1869	2054	2058	1919
11.00-12.00	1887	1896	1828	1792	1819	1924	1959	1918	1816	1618	1753	1966	1857	1960	2012	1516	1835	1797	1812	1700	1938	1913	1818	1844	1901	1416	1672	1956	2009	1916
12.00-13.00	1961	1767	1696	1975	2083	1657	1803	1853	1806	1793	1856	1802	1770	2049	1947	1820	1826	1831	1815	1692	1782	2028	1869	1943	2139	1819	1714	1938	1951	1799
13.00-14.00	1952	2164	1796	1864	1883	1735	1798	1856	1758	1779	1864	1774	1905	1935	1730	1764	1819	1872	1833	1768	2050	2171	1778	1869	1774	1882	1646	1894	1892	1648
14.00-15.00	1894	1691	1790	1819	1925	1791	1887	1883	1787	1783	1878	1880	1781	1955	1943	1843	1807	1757	1893	1750	1954	2003	1895	1796	1895	1812	1781	1990	2000	1941
15.00-16.00	1933	1722	1774	1841	1831	1834	1881	1887	1826	1818	1865	1882	1827	1997	1997	1841	1896	1809	1838	1702	1946	1992	1816	1849	1891	1798	1637	1917	1928	2004
16.00-17.00	1865	1768	1925	1978	1985	1978	1894	1887	1938	1850	1872	1857	1989	2014	2042	1748	1910	2110	1902	1820	2005	1900	2006	1941	2053	1994	1989	1996	1988	1977
17.00-18.00	1965	2205	1944	1926	1995	1961	1907	1980	1979	1964	1956	1875	2001	2019	2005	1974	1957	2067	1971	1777	1916	2069	2155	2023	2046	2003	2011	1951	1970	1986
18.00-19.00	1992	1893	1957	1938	1919	1949	1879	1910	1953	1944	1929	1948	1901	1897	1902	1894	1963	1841	2002	1783	1955	1998	1948	1995	1993	1974	1963	1935	1973	1968
19.00-20.00	1970	2076	1916	1907	1919	1925	1868	1878	1711	2196	1893	1983	1904	1947	1938	1926	2006	1873	1992	1780	1930	1918	2037	1904	1891	1952	2007	1924	1887	2045
20.00-21.00	1678	1543	1783	1856	1795	1794	1650	1719	1784	1833	1872	1874	1855	1738	1834	1789	1830	1891	1834	1664	1820	1825	1814	1805	1800	1801	1814	1721	1968	1894
21.00-22.00	1699	1692	1782	1676	1758	1723	1689	1733	1778	1668	1694	1734	1447	1697	1660	1705	1765	1761	1684	1684	1742	1790	1749	1908	1805	1697	1631	1718	1725	1738
22.00-23.00	1210	1321	1278	1287	1246	1228	1225	1142	1281	1228	1277	1264	1279	1297	1228	1318	1298	1285	1307	1332	1401	1354	1414	1359	1218	1132	1320	1219	1276	1386
23.00-00.00	1195	1182	1173	1199	1193	1229	1236	1231	1222	1198	1186	1198	1044	1041	1256	1182	992	1004	1129	1190	1318	1233	1237	1298	1212	1261	1066	1290	1254	1234
00.00-01.00	1176	1169	1172	1181	1170	1204	1178	1174	1171	1193	1144	995	1004	981	1220	1134	1002	990	1016	1130	1294	1220	1219	1280	1195	1162	980	1204	1177	1145
01.00-02.00	1153	1148	1152	1169	1156	1190	1160	1151	1152	1161	1095	987	1006	990	1205	1093	1004	976	1008	1144	1271	1200	1203	1261	1176	1135	967	1176	1149	1124
02.00-03.00	1171	1162	1159	1176	1207	1251	1251	1268	1269	1235	1092	1008	1008	1058	1211	1094	1005	1001	1003	1192	1283	1211	1215	1276	1190	1339	1139	1358	1320	1312
03.00-04.00	1193	1180	1172	1192	1236	1277	1337	1345	1334	1344	1271	1028	1061	1009	1335	1273	1007	1122	1150	1736	1316	1238	1230	1310	1210	1424	1180	1428	1372	1355
04.00-05.00	1753	1713	1687	1664	1844	1717	1649	1729	1755	1845	1719	1543	1456	1063	1747	2054	1558	1418	1813	1604	1509	1510	1541	1571	1662	1574	1556	1488	1550	1629
05.00-06.00	1985	1993	2060	1999	2003	1955	1812	1858	1963	1946	2036	1785	1948	1593	1880	2071	1927	2044	2249	1728	2028	1969	2020	1969	2002	1948	1950	1900	1889	1983
06.00-07.00	2065	2010	2041	2023	2017	2045	1987	2052	2055	1969	2093	1934	2163	2164	2180	2373	1986	2164	2190	1936	1919	2022	2111	2016	2029	2094	2020	2193	2113	2114
07.00-08.00	2043	1910	1912	1930	1958	2019	1970	1995	2030	1969	2043	1849	2087	1946	1984	1715	2005	2062	2113	1864	2172	2126	2031	2029	2035	2008	2024	1980	2047	2056
08.00-09.00	2053	1825	1986	1902	1800	1910	2123	1970	1887	1865	1928	1876	1802	2024	1987	2165	2012	1904	1825	1804	2045	2049	2059	1798	1816	2035	1903	2031	2084	2009

ตารางที่ 18 ปริมาณน้ำส่งจ่ายของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรีประจำเดือน ธันวาคม 2558

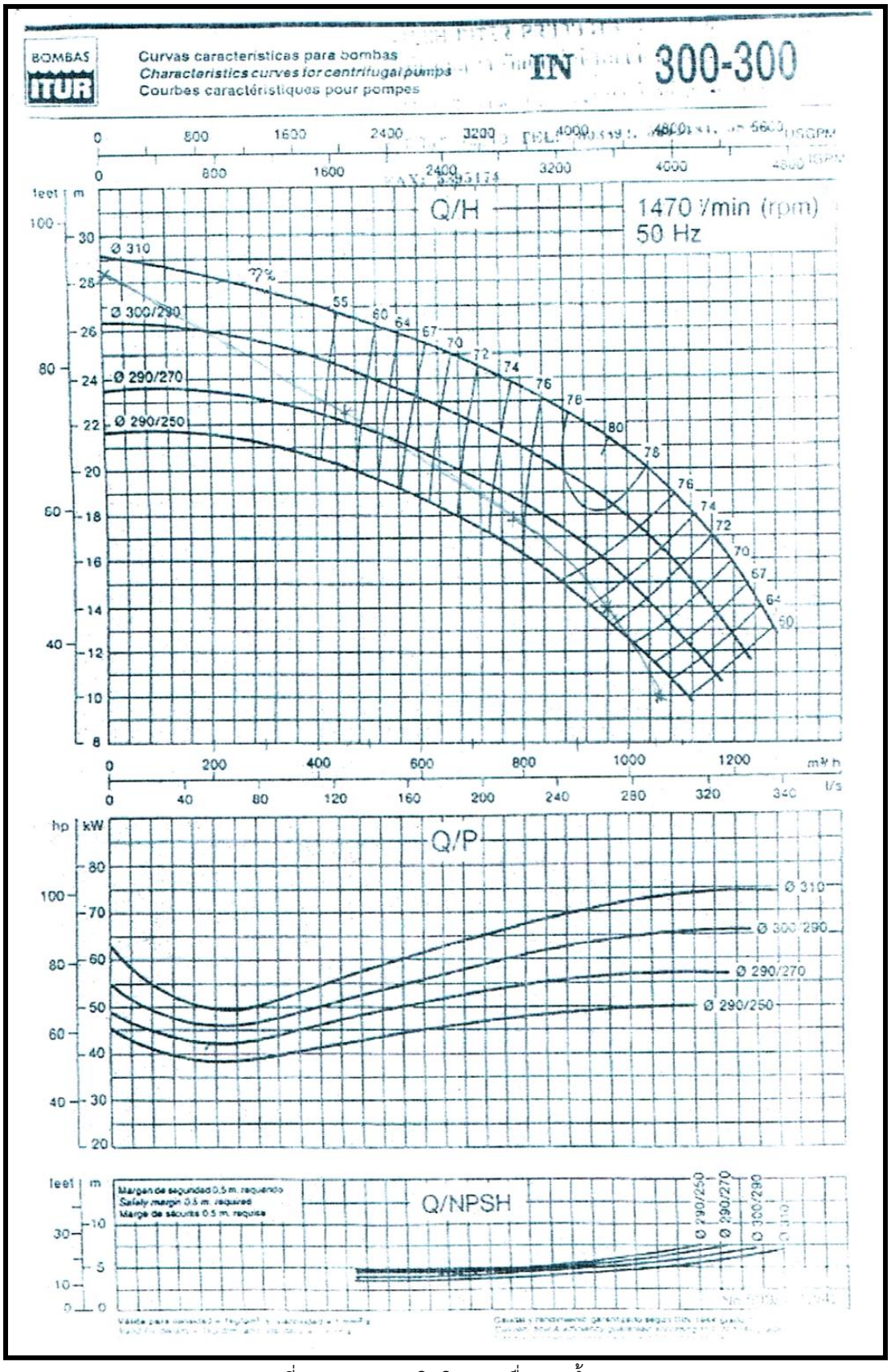
ปริมาณน้ำส่งจ่ายการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ประจำเดือน ธันวาคม 2558																															
เวลา/วันที่	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม)																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
09.00-10.00	1850	1675	1900	1851	1989	1895	1881	1807	1934	1883	1744	2027	2124	1874	1864	1850	1847	1870	1980	1835	1889	1855	1861	1863	1908	1989	2108	1831	1904	1908	2057
10.00-11.00	1850	1709	1930	1760	2010	2019	1871	1851	1874	1855	1912	1971	2018	2075	1941	1918	1932	1798	1944	1843	1849	1889	1798	1804	1852	1948	1849	1807	1848	1658	1825
11.00-12.00	1861	1632	1777	1679	1944	1961	1831	1852	1842	1845	1836	1959	2022	1919	1856	1829	1826	1837	1965	1787	1894	1751	1786	1810	1828	1922	1906	1807	1919	1853	1922
12.00-13.00	1794	1633	1790	1616	1901	1885	1843	1792	1841	1949	1865	1863	1791	1479	1677	1639	1566	1760	1784	1731	1707	1784	1771	1760	1797	1891	1899	1852	1675	1794	1976
13.00-14.00	1802	1640	1830	1650	1958	1966	1878	1834	1860	1801	1830	1929	1999	2000	1858	1921	1925	1908	1959	1779	1788	1769	1802	1806	1841	1928	1944	1704	1871	1717	1915
14.00-15.00	1883	1718	1835	1697	1995	1954	1790	1858	1863	1865	1784	1897	1934	1726	1865	1803	1716	1761	1852	1691	1901	1882	1828	1817	1771	1902	1893	1824	1792	1942	1893
15.00-16.00	2003	1795	1828	1696	1883	1994	1859	1881	1905	1844	1864	1981	1998	1856	1981	1835	1887	1768	1996	1851	2013	2008	1904	1996	1878	1959	1936	1795	1887	1857	1934
16.00-17.00	2015	1801	1940	1858	1992	2012	1998	2016	2087	2010	1975	2008	2026	1877	1909	1972	1911	2151	1948	1847	1609	1935	2010	1926	1979	1986	2030	1967	1930	1999	1941
17.00-18.00	1955	2004	1970	1831	1926	1936	2018	1968	1957	1994	1974	1973	2008	2050	1843	2056	1972	1946	1948	1822	1960	1808	1910	1932	1957	1937	1960	1960	1974	1874	1928
18.00-19.00	1943	2005	2035	1835	1907	1930	1986	1966	1977	1991	1911	1950	1975	1957	2081	1924	1961	1864	1945	1768	1904	1910	1861	1865	1925	1924	1892	1960	1887	1921	1918
19.00-20.00	2044	1998	1858	1679	1918	1942	1937	1964	1941	1958	1922	1919	1963	1884	1882	2058	1910	1808	1885	1791	1858	1861	1891	1909	1929	1904	1920	1885	1889	1862	1856
20.00-21.00	1663	1863	1835	1641	1731	1749	1848	1797	1788	1794	1791	1786	1823	1917	1868	1730	1756	1827	1723	1647	1893	1904	1971	1895	1749	1810	1766	1757	1774	1788	1837
21.00-22.00	1791	1753	1572	1639	1725	1717	1721	1643	1633	1664	1755	1800	1767	1798	1643	1702	1671	1628	1726	1607	1883	1745	1693	1710	1721	1635	1905	1910	1630	1701	1664
22.00-23.00	1332	1318	1338	1294	1246	1245	1298	1327	1314	1303	1265	1250	1348	1199	1294	1299	1299	1267	1262	1307	1258	1274	1345	1397	1287	1327	1342	1339	1347	1342	1359
23.00-00.00	1198	1211	1280	1178	1202	1181	1178	1188	1205	1260	1269	1207	1202	1199	1170	1172	1182	1044	1207	1179	1180	1121	1045	1226	1195	1166	1180	1169	1166	1177	1211
00.00-01.00	1167	1196	1177	1096	1147	1134	1175	1193	1195	1242	1265	1189	1190	1182	1153	1156	1157	1100	1106	1171	1160	1153	1049	1208	1183	1124	1153	1148	1154	1166	1192
01.00-02.00	1184	1170	1178	1101	1099	1094	1099	1156	1162	1226	1242	1169	1175	1160	1134	1145	1170	1116	1104	1176	1155	1139	1049	1217	1163	1147	1147	1125	1161	1110	1133
02.00-03.00	1082	1149	1196	1026	1150	1147	1101	1149	1120	1207	1216	1189	1185	1179	1147	1157	1061	1116	1153	1094	1088	1098	1004	1214	1170	1147	1147	1125	1131	1119	1145
03.00-04.00	1304	1250	1389	1438	1340	1338	1324	1293	1241	1233	1211	1209	1201	1200	1176	1169	1442	1272	1348	1315	1364	1242	1384	1270	1264	1250	1315	1273	1230	1228	1282
04.00-05.00	1669	1580	1701	1543	1498	1560	1896	1534	1505	1597	1588	1494	1498	1539	1502	1513	1626	1549	1434	1475	1602	1545	1446	1701	1584	1575	1499	1322	1148	1677	1670
05.00-06.00	2349	1999	2211	1949	1792	1914	2111	1991	2240	1972	2103	1932	1894	1931	2008	1961	1947	1979	1862	1775	1953	1759	1893	1814	1850	1786	1770	1957	2231	1927	1691
06.00-07.00	1828	2268	2149	2188	2030	2155	2104	2278	2128	2051	2153	2200	2037	2017	2028	2012	1999	2129	2064	1899	2123	2044	2083	2021	2077	2052	1998	2151	2180	2079	2117
07.00-08.00	1995	1936	1977	1993	2048	2139	2175	2203	2113	2244	2066	2057	2045	2018	2032	2045	2029	1996	2142	1947	2008	1992	1995	2081	2081	2055	2022	2091	1869	2210	2103
08.00-09.00	1855	1691	1924	1850	2181	2075	1971	1647	1866	1883	2047	2073	2159	1950	1957	1942	1945	1867	2092	1819	1929	1811	1848	1897	1877	2032	2046	1949	1979	1932	2016

ตารางที่ 19 ปริมาณน้ำส่งจ่ายของการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรีประจำเดือน มกราคม 2559

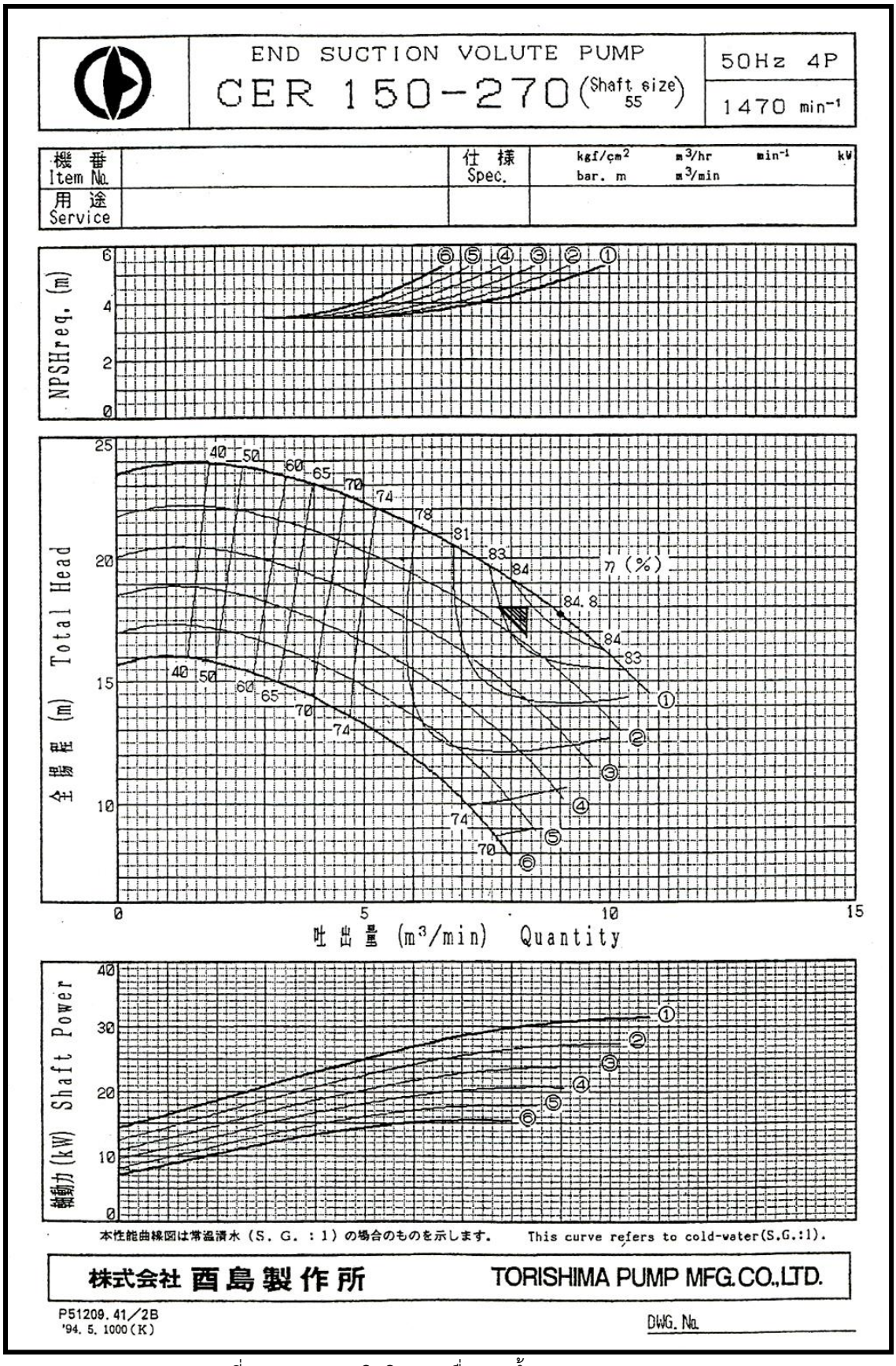
ปริมาณน้ำส่งจ่ายการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี ประจำเดือน มกราคม 2559																															
เวลา/วันที่	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม)																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
09.00-10.00	2126	2038	2024	1884	1892	1808	1880	1893	1953	1970	1866	1828	1917	1784	2015	1998	2022	1857	1761	1726	1932	1895	1987	1982	2121	1792	1814	1820	1850	2078	2020
10.00-11.00	1879	1902	1894	1809	1785	1901	1794	1831	1945	2111	1872	1853	1822	1833	1728	1985	1971	1883	1928	1818	1875	1830	1797	1803	1732	1881	1831	1879	1867	1984	2005
11.00-12.00	1818	1904	1886	2171	1619	1754	1777	1836	1909	1823	1917	1815	1782	1808	1827	1961	1948	1749	1799	1746	1797	1887	1897	2262	1747	1815	1751	1772	1844	1950	1970
12.00-13.00	1879	1917	2147	1678	1861	1855	2111	1791	1890	1899	1781	1826	1823	1766	1799	1924	1918	1811	1884	1726	1855	1745	1900	1875	1539	1910	2081	1805	1871	1922	1928
13.00-14.00	1923	1902	1925	1936	1711	1929	1596	1833	2021	1838	1841	1820	1814	1813	1824	1997	1949	1766	1773	1742	1803	1692	1857	1943	1767	1821	1833	1825	1733	2045	2029
14.00-15.00	1861	1892	1908	2025	1852	1823	1844	1834	1852	2005	1786	1826	1843	1899	1849	1901	1881	1810	1788	1758	1821	1933	1910	1879	1946	1763	1868	1826	1857	1923	1922
15.00-16.00	1931	1961	1917	1703	1912	1773	1938	1737	1923	1926	1974	1863	1955	1840	1838	1914	1935	1924	1888	1750	1913	1835	1952	1912	1727	1925	1763	1803	1875	1933	1948
16.00-17.00	1897	1958	2000	1921	1928	2017	1610	2113	1992	2009	2016	1950	2005	2003	1967	1961	2016	1876	1909	1822	1887	2055	2044	1987	1714	2016	2057	2067	1997	1899	1896
17.00-18.00	1904	1942	1965	1950	1919	2018	1920	1872	2002	1879	1930	2021	1801	1940	1967	2010	1961	2001	1970	1914	1885	1968	2046	1935	1741	2004	2058	1930	2248	2060	1999
18.00-19.00	1914	1916	1952	1978	1953	1931	2133	1972	1918	1951	1822	2003	1902	1926	1924	1902	2010	1934	1942	1810	1947	1979	1956	1909	1883	1964	1905	1976	1767	1819	1878
19.00-20.00	1854	1934	1920	1745	1873	1731	1550	1930	1773	1876	2342	1784	1876	1460	1913	1875	1904	1943	1894	1814	1998	1876	1930	1879	1833	1908	1902	1840	1830	1884	1944
20.00-21.00	1866	1757	1740	1736	1814	1896	1843	1686	1821	1792	1426	1918	1696	1830	1756	1766	1782	1808	1731	1710	1785	1788	1800	1724	1653	1743	1721	1797	1845	1760	1714
21.00-22.00	1665	1807	1791	1564	1782	1490	1580	1499	1495	1478	1393	1442	1548	1555	1455	1459	1495	1572	1585	1534	1469	1625	1569	1431	1407	1396	1409	1667	1401	1483	1483
22.00-23.00	1203	1375	1279	1292	1316	1304	1428	1400	1310	1320	1344	1192	1355	1239	1316	1270	1272	1336	1361	1350	1210	1280	1276	1104	1130	1146	1224	935	1314	1340	1292
23.00-00.00	1205	1197	1217	1233	1203	1200	1241	981	1232	1246	1218	1361	1201	1156	1284	1249	1176	1242	1224	1232	1254	1269	1210	1196	1154	1131	1121	1051	1138	1219	1117
00.00-01.00	1178	1183	1199	1213	1184	1185	1182	1234	1169	1198	1172	1162	1149	1175	1295	1151	1158	1254	1224	1233	1242	1256	1193	1183	1137	1118	1102	1103	1158	1226	1109
01.00-02.00	1120	1163	1180	1197	1166	1168	1180	1231	1141	1177	1161	1155	1134	1173	1070	1160	1126	1175	1213	1227	1243	1271	1181	1165	1127	1100	1084	1067	1111	1090	1127
02.00-03.00	1134	1178	1193	1206	1180	1179	1204	1126	1163	1156	1154	1160	1133	1177	1201	1164	1156	1173	1155	1240	1282	1187	1191	1176	1138	1109	1097	1074	1122	1069	1113
03.00-04.00	1270	1196	1212	1228	1200	1192	1251	1322	1261	1301	1311	1191	1396	1264	1313	1250	1313	1305	1280	1349	1365	1418	1206	1182	1149	1131	1118	1143	1450	1347	1232
04.00-05.00	1689	1483	1503	1514	1601	1538	1597	1613	1727	1564	1576	1539	1685	1679	1353	1768	1550	1447	1383	1371	1670	1466	1585	1532	1559	1563	1497	1600	1303	1632	1556
05.00-06.00	2015	1834	1811	1953	1843	1936	1904	1894	1591	1855	1960	1873	1901	1824	2006	1786	1780	1881	1962	1662	1756	1950	2095	1858	1928	1865	1895	1921	1870	1888	1820
06.00-07.00	2015	2008	2009	2014	2117	2111	2010	2139	2079	2098	2108	2064	2024	2034	1899	1990	1995	2015	2095	2002	2202	2159	1995	2073	2004	1922	2028	2023	2074	2136	2106
07.00-08.00	2153	2023	2014	1968	2060	2052	2038	1993	2057	1998	2055	2041	2325	2004	2002	2071	2115	2021	2012	1874	2111	2052	2106	2092	2004	2018	1921	2020	2004	1955	2029
08.00-09.00	1953	2053	2040	1843	1905	1799	1894	1904	2005	2092	1900	1891	1565	1880	1908	2118	2040	2022	1957	1826	1982	2035	2010	1991	2135	1837	1908	1913	1988	2036	2051



ภาพที่ 16 กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ RVM01BL-RVM03BL



ภาพที่ 17 กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ RVM04BL



ภาพที่ 18 กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ RVM05BL-RVM06BL

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ Total Head และ Quantity

เครื่องสูบน้ำตัวที่ 1-3		เครื่องสูบน้ำตัวที่ 4		เครื่องสูบน้ำตัวที่ 5-6	
Head	Flow	head	flow	Head	Flow
20.4	410	20.5	400	24	108
20.3	420	20.4	415	23.9	120
20.2	440	20.3	430	23.8	132
20.1	450	20.2	445	23.7	156
20	460	20.1	460	23.6	180
19.9	470	20	475	23.5	204
19.8	480	19.9	485	23.4	210
19.7	500	19.8	495	23.3	216
19.6	520	19.7	505	23.2	228
19.5	530	19.6	515	23.1	234
19.4	540	19.5	525	23	240
19.3	550	19.4	535	22.9	252
19.2	560	19.3	545	22.8	258
19.1	570	19.2	555	22.7	264
19	580	19.1	565	22.6	270
18.9	590	19	575	22.5	276
18.8	600	18.9	585	22.4	282
18.7	610	18.8	595	22.3	288
18.6	620	18.7	605	22.2	294
18.5	630	18.6	615	22.1	300
18.4	635	18.5	625	22	318
18.3	640	18.4	635	21.9	336
18.2	645	18.3	645	21.8	342
18.1	650	18.2	655	21.7	348
18	660	18.1	665	21.6	354

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ Total Head และ Quantity (ต่อ)

เครื่องสูบน้ำตัวที่ 1-3		เครื่องสูบน้ำตัวที่ 4		เครื่องสูบน้ำตัวที่ 5-6	
Head	Flow	head	flow	Head	Flow
17.9	670	18	675	21.5	360
17.8	680	17.9	683	21.4	366
17.7	690	17.8	691	21.3	372
17.6	700	17.7	699	21.2	374
17.5	710	17.6	707	21.1	378
17.4	720	17.5	715	21	384
17.3	725	17.4	723	20.9	386
17.2	730	17.3	731	20.8	390
17.1	735	17.2	739	20.7	392
17	740	17.1	747	20.6	396
16.9	745	17	750	20.5	400
16.8	755	16.9	757	20.4	402
16.7	760	16.8	764	20.3	408
16.6	770	16.7	771	20.2	407
16.5	780	16.6	778	20.1	414
16.4	790	16.5	785	20	420
16.3	795	16.4	792	19.9	420
16.2	800	16.3	799	19.8	426
16.1	805	16.2	806	19.7	444
16	810	16.1	813	19.6	450
15.9	820	16	825	19.5	456
15.8	825	15.9	830	19.4	462
15.7	835	15.8	835	19.3	468
15.6	840	15.7	840	19.2	471
15.5	845	15.6	845	19.1	474
15.4	850	15.5	850	19	480
15.3	855	15.4	855	18.9	486

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ Total Head และ Quantity (ต่อ)

เครื่องสูบน้ำตัวที่ 1-3		เครื่องสูบน้ำตัวที่ 4		เครื่องสูบน้ำตัวที่ 5-6	
Head	Flow	head	flow	Head	Flow
15.2	860	15.3	860	18.8	489
15.1	870	15.2	865	18.7	492
15	875	15.1	870	18.6	495
14.9	880	15	880	18.5	498
14.8	885	14.9	884	18.4	504
14.7	890	14.8	888	18.3	507
14.6	895	14.7	892	18.2	510
14.5	900	14.6	896	18.1	513
14.4	905	14.5	900	18	516
14.3	910	14.4	904	17.9	522
14.2	915	14.3	908	17.8	528
14.1	920	14.2	912	17.7	534
14	925	14.1	916	17.6	537
13.9	935	14	920	17.5	540
13.8	940	13.9	926	17.4	546
13.7	945	13.8	932	17.3	549
13.6	950	13.7	938	17.2	552
13.5	955	13.6	944	17.1	555
13.4	960	13.5	950	17	558
13.3	965	13.4	956	16.9	564
13.2	970	13.3	962	16.8	570
13.1	972.5	13.2	968	16.7	576
13	975	13.1	974	16.6	582
12.9	980	13	980	16.5	588
12.8	982.5	12.9	986	16.4	591
12.7	985	12.8	992	16.3	594
12.6	990	12.7	998	16.2	597

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ Total Head และ Quantity (ต่อ)

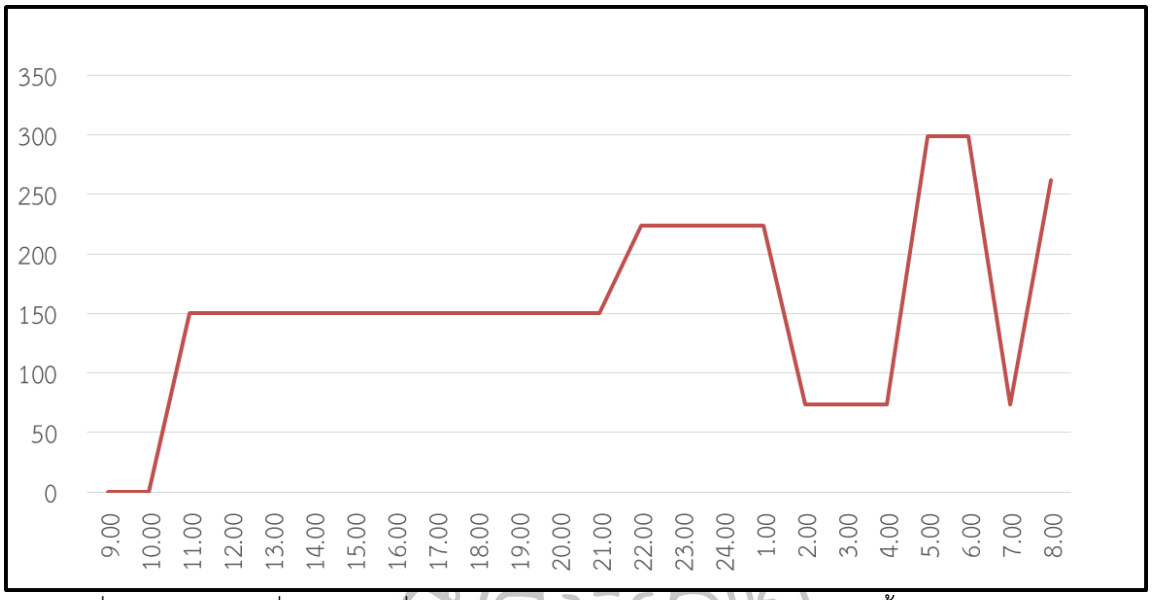
เครื่องสูบน้ำตัวที่ 1-3		เครื่องสูบน้ำตัวที่ 4		เครื่องสูบน้ำตัวที่ 5-6	
Head	Flow	head	flow	Head	Flow
12.5	995	12.6	1004	16.1	600
12.4	1000	12.5	1010	16	601.5
12.3	1005	12.4	1016	15.9	603
12.2	1010	12.3	1022	15.8	604.5
12.1	1015	12.2	1028	15.7	606
12	1020	12.1	1034	15.6	609
11.9	1025	12	1040	15.5	612
11.8	1030	11.9	1044		
11.7	1035	11.8	1048		
11.6	1040	11.7	1052		
11.5	1042.5	11.6	1056		
11.4	1045	11.5	1060		
11.3	1047.5	11.4	1064		
11.2	1050	11.3	1068		
11.1	1055	11.2	1072		
11	1060	11.1	1076		
10.9	1065	11	1080		
10.8	1070	10.9	1084		
10.7	1075	10.8	1088		
10.6	1080	10.7	1092		
10.5	1082.5	10.6	1096		
10.4	1085	10.5	1100		
10.3	1082.5	10.4	1104		
10.2	1090	10.3	1108		
10.1	1095	10.2	1112		
10	1100	10.1	1116		
9.9	1105	10	1120		

ภาคพนวก ข.

ผลที่ได้จากกำหนดการเชิงเส้น

ตารางที่ 21 การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการคงน้ำคงเหลือ 2,000 ลบ.ม.

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		9,500.00	0.00	0	0	0.00	0.00
10.00-11.00	1,901.00		7,580.00	0.00	0	0	0.00	0.00
11.00-12.00	1,894.00		5,679.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
12.00-13.00	1,677.00		5,785.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
13.00-14.00	1,864.00		6,108.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
14.00-15.00	1,861.00		6,244.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
15.00-16.00	1,899.00		6,383.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
16.00-17.00	1,865.00		6,484.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
17.00-18.00	1,913.00		6,619.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
18.00-19.00	1,849.00		6,706.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
19.00-20.00	1,873.00		6,857.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
20.00-21.00	1,726.00		6,984.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
21.00-22.00	1,572.00		7,258.00	2,000.00	2	0	150.00	631.46
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	7,686.00	3,000.00	2	2	224.00	589.01
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	4,929.00	3,000.00	2	2	224.00	589.01
00.00-01.00	1,111.00		2,300.00	3,000.00	2	2	224.00	589.01
01.00-02.00	1,089.00		4,189.00	3,000.00	2	2	224.00	589.01
02.00-03.00	1,082.00		6,100.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
03.00-04.00	1,113.00		6,018.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
04.00-05.00	1,602.00		5,905.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
05.00-06.00	1,914.00		5,303.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		7,389.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
07.00-08.00	1,990.00		9,410.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
08.00-09.00	1,983.00		8,420.00	3,500.00	3	1	262.00	688.93
	40,163.00		9,937.00	49,500.00				12,341.74



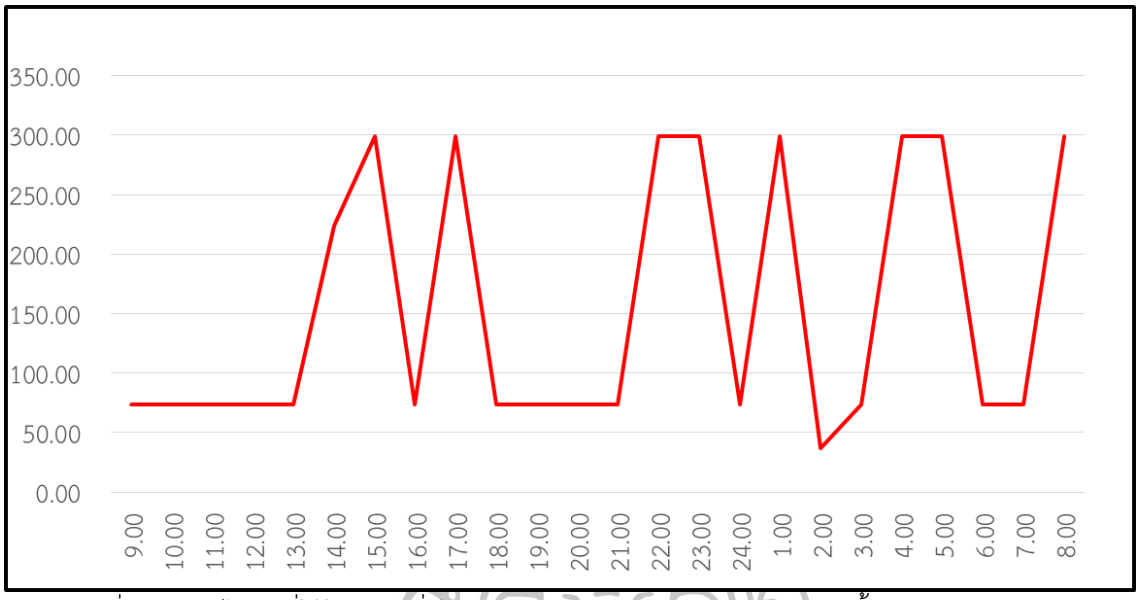
ภาพที่ 19 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงของการทำงานหลังการจัดกำหนดการคงน้ำคงเหลือ2,000 ลบ.ม.

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการคงน้ำคงเหลือ2,000 ลบ.ม.

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำ ผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	22,000 (44.44%)	1,650 (44.57%)	6946.01 (56.28%)
Off Peak	2.6295	27,500 (55.56%)	2,052 (55.43%)	5395.73 (43.72%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,702 (100.00%)	12,341.74 (100.00%)

ตารางที่ 23 การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 3,000 ลบ.ม.

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		9,500.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
10.00-11.00	1,901.00		8,580.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		7,679.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		6,785.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
13.00-14.00	1,864.00		6,108.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
14.00-15.00	1,861.00		5,244.00	3,000.00	2	2	224.00	942.97
15.00-16.00	1,899.00		6,383.00	4,000.00	3	2	299.00	1,258.70
16.00-17.00	1,865.00		8,484.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
17.00-18.00	1,913.00		7,619.00	4,000.00	3	2	299.00	1,258.70
18.00-19.00	1,849.00		9,706.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
19.00-20.00	1,873.00		8,857.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
20.00-21.00	1,726.00		7,984.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
21.00-22.00	1,572.00		7,258.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	6,686.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	4,929.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		3,300.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
01.00-02.00	1,089.00		3,189.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
02.00-03.00	1,082.00		6,100.00	500.00	0	1	37.00	97.29
03.00-04.00	1,113.00		5,518.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
04.00-05.00	1,602.00		5,405.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
05.00-06.00	1,914.00		7,803.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		9,889.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
07.00-08.00	1,990.00		8,910.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
08.00-09.00	1,983.00		7,920.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
	40,163.00		9,937.00	49,500.00				12,168.50



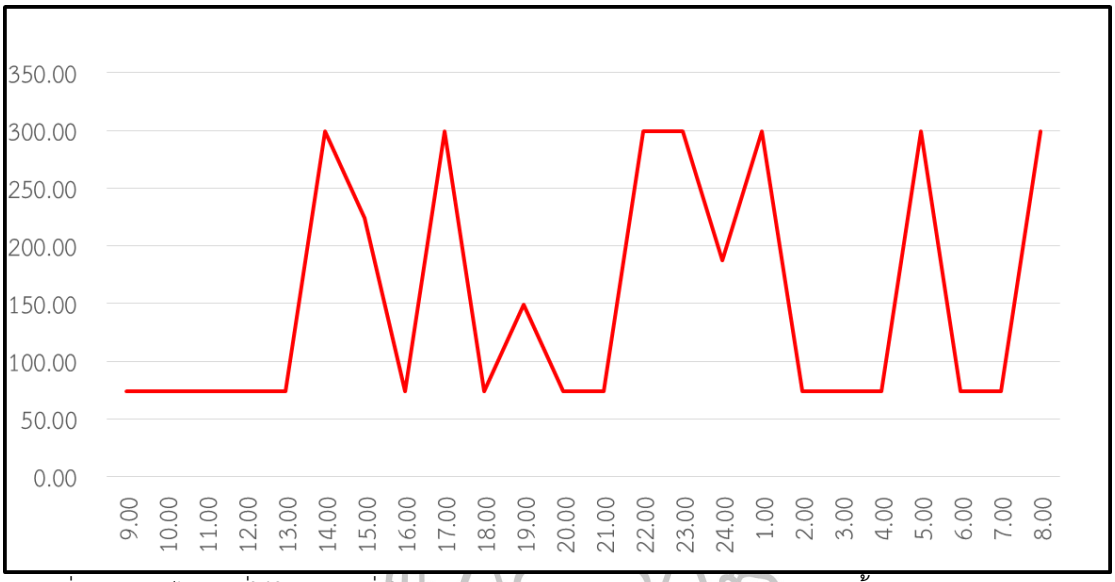
ภาพที่ 20 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการคงน้ำคงเหลือ 3,000 ลบ.ม.

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 3,000 ลบ.ม.

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	21,000 (42.42%)	1,562 (42.34%)	6,575.55 (54.04%)
Off Peak	2.6295	28,500 (57.58%)	2,127 (57.22%)	5,592.95 (45.96%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,689 (100.00%)	12,168.50 (100.00%)

ตารางที่ 25 ตารางการเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 4,000 ลบ.ม.

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		9,500.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
10.00-11.00	1,901.00		8,580.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		7,679.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		6,785.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
13.00-14.00	1,864.00		6,108.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
14.00-15.00	1,861.00		5,244.00	4,000.00	3	2	299.00	1,258.70
15.00-16.00	1,899.00		7,383.00	3,000.00	2	2	224.00	942.97
16.00-17.00	1,865.00		8,484.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
17.00-18.00	1,913.00		7,619.00	4,000.00	3	2	299.00	1,258.70
18.00-19.00	1,849.00		9,706.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
19.00-20.00	1,873.00		8,857.00	2,000.00	1	2	149.00	627.25
20.00-21.00	1,726.00		8,984.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
21.00-22.00	1,572.00		8,258.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	7,686.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	5,929.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		4,300.00	2,500.00	2	1	187.00	491.72
01.00-02.00	1,089.00		5,689.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
02.00-03.00	1,082.00		8,600.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
03.00-04.00	1,113.00		8,518.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
04.00-05.00	1,602.00		8,405.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
05.00-06.00	1,914.00		7,803.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		9,889.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
07.00-08.00	1,990.00		8,910.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
08.00-09.00	1,983.00		7,920.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
	40,163.00		9,937.00	49,500.00				12,287.01



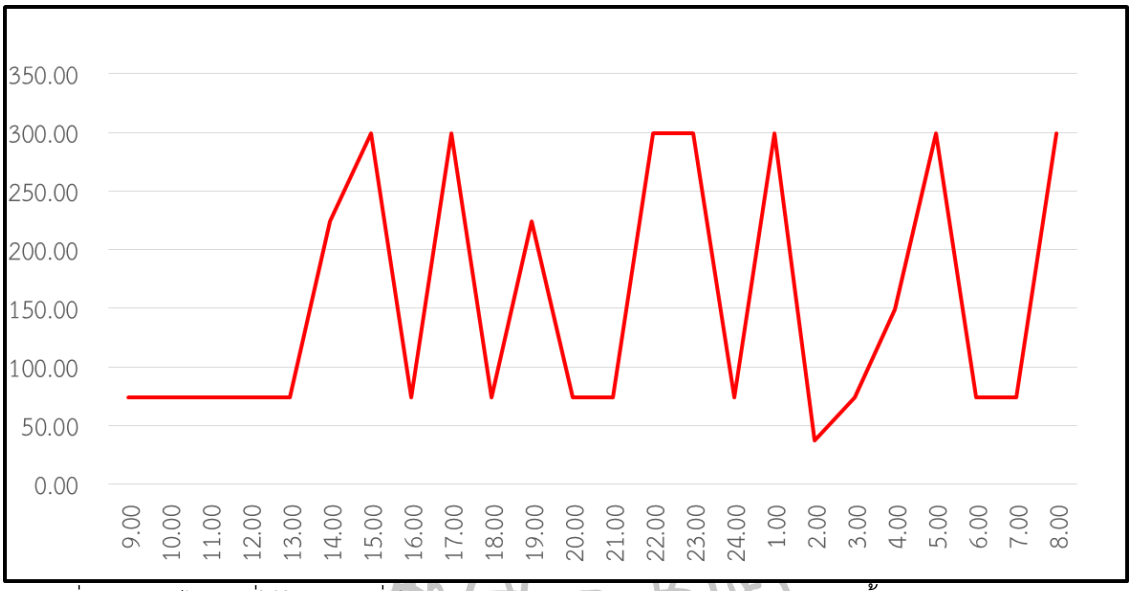
ภาพที่ 22 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 4,000 ลบ.ม.

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 4,000 ลบ.ม.

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	22,000 (44.44%)	1,637 (44.38%)	6,891.28 (56.09%)
Off Peak	2.6295	27,500 (55.56%)	2,052 (55.26%)	5,395.73 (43.91%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,689 (100.00%)	12,287.01 (100.00%)

ตารางที่ 27 การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 5,000 ลบ.ม.

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		9,500.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
10.00-11.00	1,901.00		8,580.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		7,679.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		6,785.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
13.00-14.00	1,864.00		6,108.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
14.00-15.00	1,861.00		5,244.00	3,000.00	2	2	224.00	942.97
15.00-16.00	1,899.00		6,383.00	4,000.00	3	2	299.00	1,258.70
16.00-17.00	1,865.00		8,484.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
17.00-18.00	1,913.00		7,619.00	4,000.00	3	2	299.00	1,258.70
18.00-19.00	1,849.00		9,706.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
19.00-20.00	1,873.00		8,857.00	3,000.00	2	2	224.00	942.97
20.00-21.00	1,726.00		9,984.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
21.00-22.00	1,572.00		9,258.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	8,686.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	6,929.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		5,300.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
01.00-02.00	1,089.00		5,189.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
02.00-03.00	1,082.00		8,100.00	500.00	0	1	37.00	97.29
03.00-04.00	1,113.00		7,518.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
04.00-05.00	1,602.00		7,405.00	2,000.00	1	2	149.00	391.80
05.00-06.00	1,914.00		7,803.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		9,889.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
07.00-08.00	1,990.00		8,910.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
08.00-09.00	1,983.00		7,920.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
	40,163.00		9,937.00	49,500.00				12,405.53



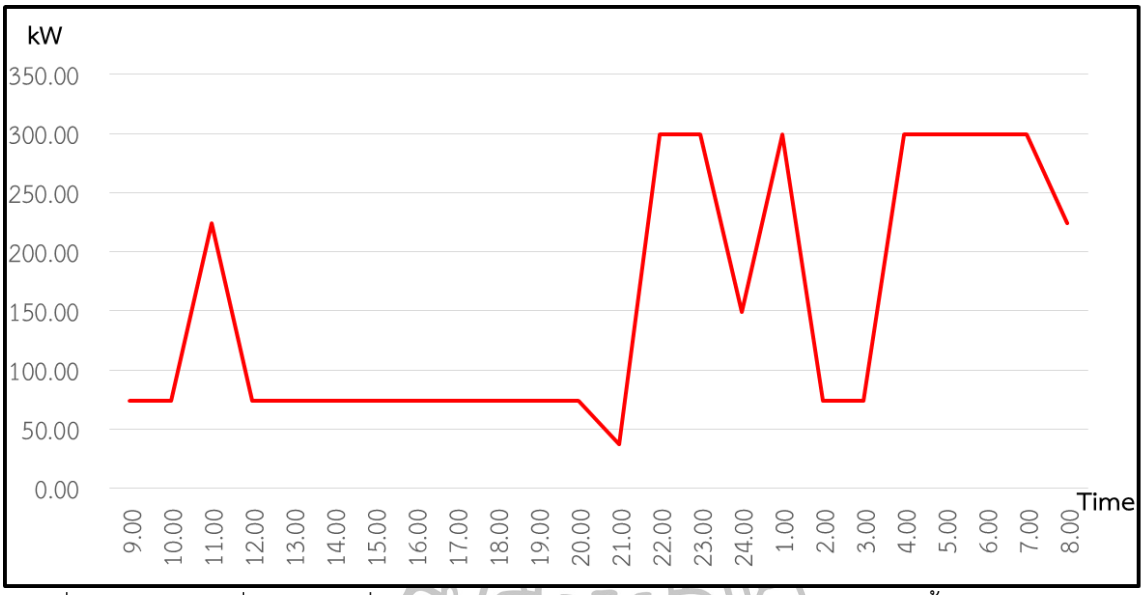
ภาพที่ 23 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 5,000 ลบ.ม.

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงน้ำคงเหลือ 5,000 ลบ.ม.

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำ ผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	23,000 (46.46%)	1,712 (46.41%)	7,207.01 (58.10%)
Off Peak	2.6295	26,500 (53.54%)	1,977 (53.59%)	5,198.52 (41.49%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,689 (100.00%)	12,405.53 (100.00%)

ตารางที่ 29 การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบปรับถังน้ำใสเป็น 15,000 ลบ.ม.

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		14,000.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
10.00-11.00	1,901.00		13,080.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		12,179.00	3,000.00	2	2	224.00	942.97
12.00-13.00	1,677.00		13,285.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
13.00-14.00	1,864.00		12,608.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
14.00-15.00	1,861.00		11,744.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
15.00-16.00	1,899.00		10,883.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
16.00-17.00	1,865.00		9,984.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
17.00-18.00	1,913.00		9,119.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
18.00-19.00	1,849.00		8,206.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
19.00-20.00	1,873.00		7,357.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
20.00-21.00	1,726.00		6,484.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
21.00-22.00	1,572.00		5,758.00	500.00	0	1	37.00	155.76
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	4,686.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	2,929.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		1,300.00	2,000.00	1	2	149.00	391.80
01.00-02.00	1,089.00		2,189.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
02.00-03.00	1,082.00		5,100.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
03.00-04.00	1,113.00		5,018.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
04.00-05.00	1,602.00		4,905.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
05.00-06.00	1,914.00		7,303.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		9,389.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
07.00-08.00	1,990.00		11,410.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
08.00-09.00	1,983.00		13,420.00	3,000.00	2	2	224.00	589.01
	40,163.00		14,437.00	49,500.00				11,398.94



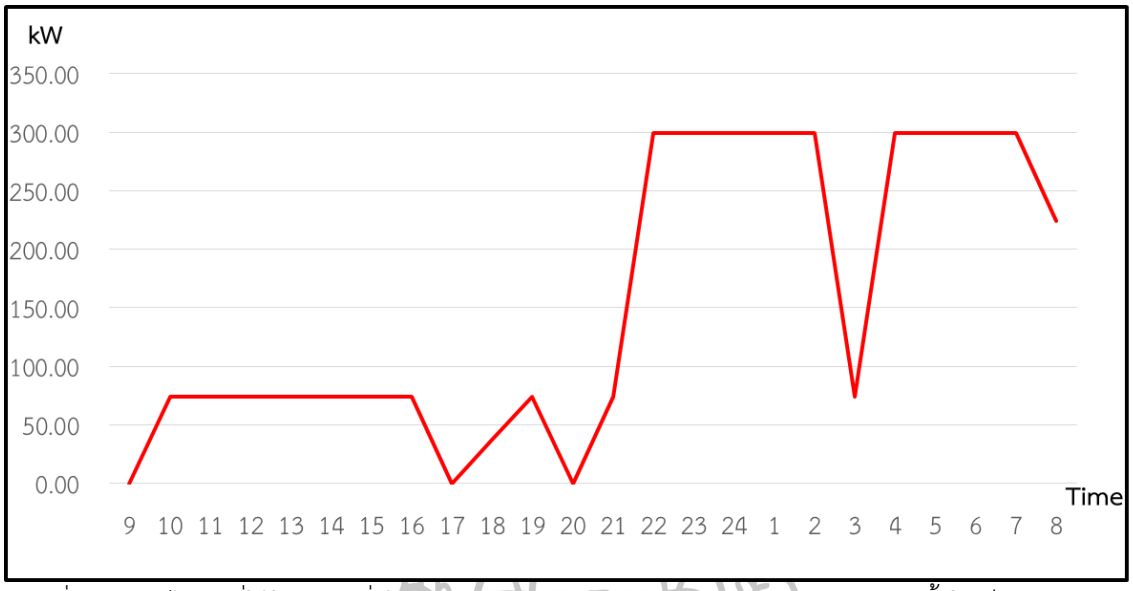
ภาพที่ 23 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 15,000 ลบ.ม.

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 15,000 ลบ.ม.

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	14,500 (29.29%)	1,075 (29.14%)	4,525.43 (39.70%)
Off Peak	2.6295	35,000 (70.71%)	2,614 (70.86%)	6,873.51 (60.30%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,689 (100.00%)	11,398.94 (100.00%)

ตารางที่ 31 การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 20,000 ลบ.ม.

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		19,000.00	0.00	0	0	0.00	0.00
10.00-11.00	1,901.00		17,080.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		16,179.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		15,285.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
13.00-14.00	1,864.00		14,608.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
14.00-15.00	1,861.00		13,744.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
15.00-16.00	1,899.00		12,883.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
16.00-17.00	1,865.00		11,984.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
17.00-18.00	1,913.00		11,119.00	0.00	0	0	0.00	0.00
18.00-19.00	1,849.00		9,206.00	500.00	0	1	37.00	155.76
19.00-20.00	1,873.00		7,857.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
20.00-21.00	1,726.00		6,984.00	0.00	0	0	0.00	0.00
21.00-22.00	1,572.00		5,258.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	4,686.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	2,929.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		1,300.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
01.00-02.00	1,089.00		4,189.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
02.00-03.00	1,082.00		7,100.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
03.00-04.00	1,113.00		10,018.00	1,000.00	0	2	74.00	194.58
04.00-05.00	1,602.00		9,905.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
05.00-06.00	1,914.00		12,303.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		14,389.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
07.00-08.00	1,990.00		16,410.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
08.00-09.00	1,983.00		18,420.00	3,000.00	2	2	224.00	589.01
	40,163.00		19,437.00	49,500.00				10,818.99



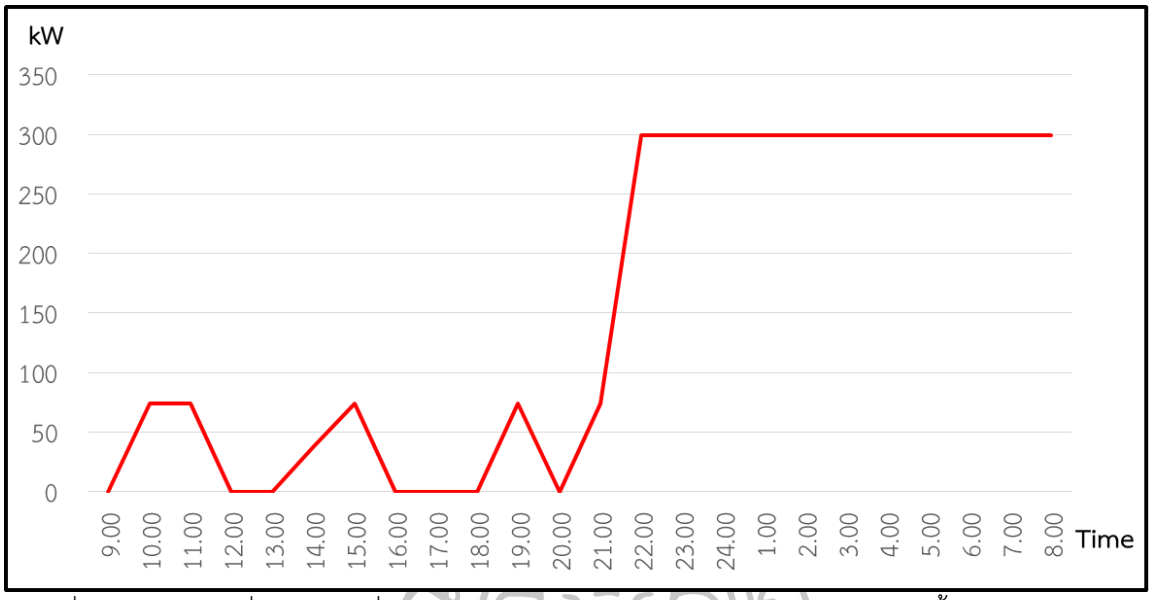
ภาพที่ 24 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 20,000 ลบ.ม.

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 20,000 ลบ.ม.

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	9,500 (19.19%)	703 (19.04%)	2,959.42 (27.35%)
Off Peak	2.6295	40,000 (80.81%)	2,989 (80.96%)	7,859.58 (72.65%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,692 (100.00%)	10,818.99 (100.00%)

ตารางที่ 33 การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 25,000 ลบ.ม.

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		24,000.00	0.00	0	0	0.00	0.00
10.00-11.00	1,901.00		22,080.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		21,179.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		20,285.00	0.00	0	0	0.00	0.00
13.00-14.00	1,864.00		18,608.00	0.00	0	0	0.00	0.00
14.00-15.00	1,861.00		16,744.00	500.00	0	1	37.00	155.76
15.00-16.00	1,899.00		15,383.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
16.00-17.00	1,865.00		14,484.00	0.00	0	0	0.00	0.00
17.00-18.00	1,913.00		12,619.00	0.00	0	0	0.00	0.00
18.00-19.00	1,849.00		10,706.00	0.00	0	0	0.00	0.00
19.00-20.00	1,873.00		8,857.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
20.00-21.00	1,726.00		7,984.00	0.00	0	0	0.00	0.00
21.00-22.00	1,572.00		6,258.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	5,686.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	3,929.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		2,300.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
01.00-02.00	1,089.00		5,189.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
02.00-03.00	1,082.00		8,100.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
03.00-04.00	1,113.00		11,018.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
04.00-05.00	1,602.00		13,905.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
05.00-06.00	1,914.00		16,303.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		18,389.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
07.00-08.00	1,990.00		20,410.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
08.00-09.00	1,983.00		22,420.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
	40,163.00		24,437.00	49,500.00				10,361.77



ภาพที่ 25 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 25,000 ลบ.ม.

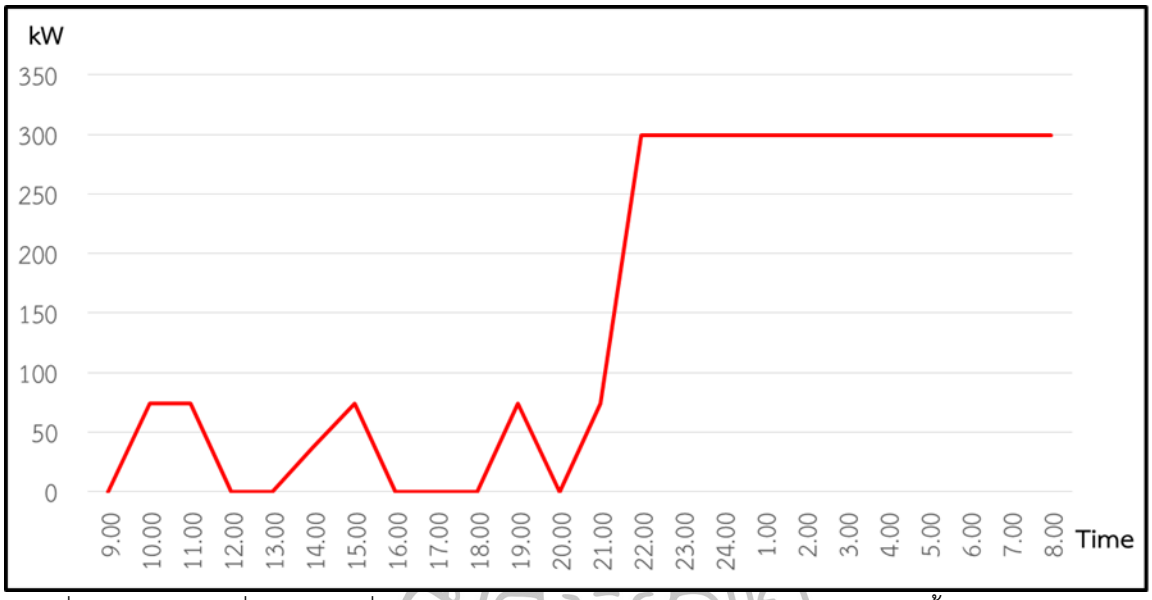
ตารางที่ 34 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 25,000 ลบ.ม.

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	5,500 (11.11%)	407 (11.01%)	1,713.35 (16.54%)
Off Peak	2.6295	44,000 (88.89%)	3,289 (88.99%)	8,648.43 (83.46%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,696 (100.00%)	10,361.77 (100.00%)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 35 การเดินเครื่องสูบน้ำหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 30,000 ลบ.ม.

Time	Water Supply (mm^3)	for backwash (mm^3)	Volume in the tank (mm^3)	Water production (mm^3)	1000 (mm^3)	500 (mm^3)	Power Electricity (kW)	electricity charge (Bath)
09.00-10.00	1,920.00		29,000.00	0.00	0	0	0.00	0.00
10.00-11.00	1,901.00		27,080.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
11.00-12.00	1,894.00		26,179.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
12.00-13.00	1,677.00		25,285.00	0.00	0	0	0.00	0.00
13.00-14.00	1,864.00		23,608.00	0.00	0	0	0.00	0.00
14.00-15.00	1,861.00		21,744.00	500.00	0	1	37.00	155.76
15.00-16.00	1,899.00		20,383.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
16.00-17.00	1,865.00		19,484.00	0.00	0	0	0.00	0.00
17.00-18.00	1,913.00		17,619.00	0.00	0	0	0.00	0.00
18.00-19.00	1,849.00		15,706.00	0.00	0	0	0.00	0.00
19.00-20.00	1,873.00		13,857.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
20.00-21.00	1,726.00		12,984.00	0.00	0	0	0.00	0.00
21.00-22.00	1,572.00		11,258.00	1,000.00	0	2	74.00	311.52
22.00-23.00	1,307.00	4,450.00	10,686.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
23.00-00.00	1,179.00	4,450.00	8,929.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
00.00-01.00	1,111.00		7,300.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
01.00-02.00	1,089.00		10,189.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
02.00-03.00	1,082.00		13,100.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
03.00-04.00	1,113.00		16,018.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
04.00-05.00	1,602.00		18,905.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
05.00-06.00	1,914.00		21,303.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
06.00-07.00	1,979.00		23,389.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
07.00-08.00	1,990.00		25,410.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
08.00-09.00	1,983.00		27,420.00	4,000.00	3	2	299.00	786.22
	40,163.00		29,437.00	49,500.00				10,361.77



ภาพที่ 26 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 30,000 ลบ.ม.

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าหลังการจัดกำหนดการแบบคงปรับถังน้ำใสเป็น 25,000 ลบ.ม.

ช่วงเวลา	อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อยูนิต)	ปริมาณน้ำผลิตได้ (ลบ.ม)	ยูนิตที่ใช้งาน (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)
On Peak	4.2097	5,500 (11.11%)	407 (11.01%)	1,713.35 (16.54%)
Off Peak	2.6295	44,000 (88.89%)	3,289 (88.99%)	8,648.43 (83.46%)
รวม		49,500 (100.00%)	3,696 (100.00%)	10,361.77 (100.00%)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคพนวก ค.

ผลจากการนำไปใช้งานในองค์กร

ประกาศคณะกรรมการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ.
เรื่อง หลักเกณฑ์การพิจารณาผลงานวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ. ประจำปี ๒๕๕๙

ตามที่ กปภ. มีนโยบายส่งเสริมพัฒนาให้พนักงาน มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการศึกษาวิจัยพัฒนา เพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ ซึ่งคณะกรรมการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ. ได้กำหนดหลักเกณฑ์การพิจารณาผลงานวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ. ไว้แล้ว จึงให้มีประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

๑. ประกาศนี้เรียกว่า *"ประกาศคณะกรรมการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ. เรื่องหลักเกณฑ์การพิจารณาผลงานวิจัยพัฒนาและนวัตกรรม ของ กปภ.ปี ๒๕๕๙"*

๒. ลักษณะและหัวข้อของการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรม ต้องเป็นสิ่งที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง มีประโยชน์อย่างเด่นชัด ไม่ใช่เป็นเพียงแนวคิด เป็นผลงานที่ไม่เคยได้รับรางวัลการประกวดมาก่อน โดยอาจใช้งานอยู่แล้วในปัจจุบัน หรือ *"ต่อยอด"* มาจากสิ่งที่มีอยู่เดิมในส่วนที่เป็นสาระสำคัญ เป็นผลงานของบุคคล กลุ่มบุคคล หรือหน่วยงานภายใน กปภ. เท่านั้น เป็นผลงานที่ต้องไม่มีกรณีพิพาทหรือการเรียกร้องสิทธิความเป็นเจ้าของทางกฎหมาย และหากมีการดำเนินการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาจะได้รับการพิจารณาให้คะแนนเป็นพิเศษ โดยหัวข้อผลงานวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมที่เสนอ ต้องอยู่ในข้อใดข้อหนึ่ง ดังนี้

๒.๑ การพัฒนาส่งเสริมให้มีการใช้น้ำประปาอย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงการจัดการหรือลดน้ำสูญเสีย
๒.๒ การทดแทนการนำเข้าเทคโนโลยี วัสดุและอุปกรณ์จากต่างประเทศ
๒.๓ การเพิ่มประสิทธิภาพ เพิ่มรายได้หรือลดต้นทุนหรืออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน
๒.๔ การป้องกันและลดผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อม
๒.๕ หัวข้อการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมพิเศษในปี ๒๕๕๙ ซึ่งคณะกรรมการจะได้รับการพิจารณาให้คะแนนเป็นพิเศษ เนื่องจากสอดคล้องกับยุทธศาสตร์องค์กร เป็นความต้องการของลูกค้าและองค์กร และสอดคล้องนโยบายภาครัฐ แบ่งเป็น ๓ กลุ่มหลัก ดังแสดงใน ตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หัวข้อการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมพิเศษ ปี ๒๕๕๙

กลุ่ม	หัวข้อวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมพิเศษ
๑. เพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตจ่ายน้ำ	นวัตกรรมหรือแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการส่งผลิต จ่ายน้ำ รวมถึงการลดน้ำสูญเสีย
๒. เพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการลูกค้า	นวัตกรรมหรือแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการผู้ใช้น้ำ
๓. การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างรู้คุณค่า : Demand Side Management : DSM	นวัตกรรมหรือแนวทางบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างรู้คุณค่า : Demand Side Management : DSM

ภาพที่ 27 หลักเกณฑ์พิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 1

๓. ประเภทของการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรม แบ่งออกเป็น ๒ ประเภท คือ
๓.๑ การให้ทุนวิจัยพัฒนา เพื่อส่งเสริมการวิจัยพัฒนาและค้นหานวัตกรรม
๓.๒ การให้รางวัลผลงานนวัตกรรมดีเด่น เพื่อส่งเสริมและเป็นกำลังใจให้กับผู้สร้างผลงาน

๔. แนวทางการคัดเลือก ให้บุคคล กลุ่มบุคคล หรือหน่วยงานภายใน กปภ. ที่สนใจ เสนอผลงานผ่านตามสายงานไปยังประธานคณะกรรมการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ. (รผว.) และกรอกข้อมูลเสนอผลงานวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมผ่านเว็บไซต์ http://rdi.pwa.co.th ซึ่งผลงานและการนำเสนอจะต้องเป็นไปตาม *"หลักเกณฑ์การพิจารณาผลงานวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ.ปี ๒๕๕๙"* ที่คณะกรรมการฯ กำหนดไว้ ดัง. เอกสารหลักเกณฑ์แนบ โดยผลงานที่เสนอขอรับรางวัลนวัตกรรมดีเด่น ต้องส่งภายในวันที่ ๓๐ กันยายน ๒๕๕๙ ส่วนผลงานที่เสนอขอทุนวิจัยพัฒนา สามารถส่งผลงานได้ตลอดเวลา โดยผลการพิจารณาของคณะกรรมการฯ ถือเป็นข้อยุติ

ประกาศ ณ วันที่ ๙ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

(นายสมชาย มนต์บุรีนนท์)
รองผู้ว่าการ (วิชาการ)
ประธานคณะกรรมการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ.

เรียน หัวหน้าหน่วยงานส่วนกลางและส่วนภูมิภาค
เพื่อโปรดทราบ

(นายจรัล บุญสอง)
ผู้อำนวยการกองบริการกลาง
๑๑ มี.ค. ๒๕๕๙

ภาพที่ 28 หลักเกณฑ์พิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 2

กองบริการกลาง
เลขที่ -
วันที่ 25 มี.ค. 2560
เวลา 14.00 น.

ประกาศคณะทำงานพิจารณาผลงานที่เสนอขอ
ทุนวิจัยและรางวัลนวัตกรรมดีเด่นปี ๒๕๕๙
เรื่อง ผลงานที่ได้รับทุนวิจัยและรางวัลนวัตกรรมดีเด่น ของ กปภ. ปี ๒๕๕๙

ตามที่ กปภ. มีนโยบายส่งเสริมพัฒนาให้พนักงาน มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ โดยมีหน่วยงานสนใจเสนอผลงานเพื่อเสนอขอรับทุนวิจัยและรางวัลนวัตกรรมดีเด่นนั้น บัดนี้ คณะทำงานพิจารณาผลงานที่เสนอขอทุนวิจัยและรางวัลนวัตกรรมดีเด่นปี ๒๕๕๙ ได้สรุปผลการคัดเลือกผลงานวิจัยและนวัตกรรมดีเด่นของ กปภ. ปี ๒๕๕๙ นำเสนอคณะกรรมการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ. และได้รับความเห็นชอบแล้ว ตามมติประชุมคณะกรรมการวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมของ กปภ. ครั้งที่ ๑/๒๕๖๐ วันที่ ๑๒ มกราคม ๒๕๖๐ จึงขอประกาศผลการคัดเลือกผลงานที่ได้รับทุนวิจัยและรางวัลนวัตกรรมดีเด่นของ กปภ. ปี ๒๕๕๙ จำนวน ๒๙ ผลงาน ดังนี้

๑. ผลงานนวัตกรรมดีเด่น รางวัลเหรียญทอง (ไม่มีผลงานที่ได้รับรางวัล)

๒. ผลงานนวัตกรรมดีเด่น รางวัลเหรียญเงิน จำนวน ๔ ผลงาน ดังนี้

ผลงาน	หน่วยงาน/สังกัด
การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบผสมเพื่อจัดตารางการผลิตน้ำประปา	สาขาเพชรบุรี กปภ.ข.๓
ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นพร้อมทั้งแสดงผลอุณหภูมิความชื้นภายในห้องเครือข่ายคอมพิวเตอร์และตู้อุปกรณ์เครือข่าย	กทส๕. กปภ.ข.๕
เครื่องดักฝุ่นละอองสารเคมี	สาขามุกดาหาร กปภ.ข.๘
โปรแกรมประยุกต์ Wnet ๒.๐	กรจ๙. กปภ.ข.๙

๓. ผลงานนวัตกรรมดีเด่น รางวัลเหรียญทองแดง จำนวน ๑๒ ผลงาน ดังนี้

ผลงาน	หน่วยงาน/สังกัด
อุปกรณ์ต่อท่อแก๊สคลอรีน	สาขาบ้านฉาง กปภ.ข.๑
อุปกรณ์เตือนไฟฟ้าดับทั้ง ๑ เฟส และ ๓ เฟส	สาขากาญจนบุรี กปภ.ข.๓
ซ่อมแซม Solenoid Valve ของ PRV ให้นำกลับมาใช้ใหม่เพื่อควบคุมอัตราน้ำสูญเสีย	กรจ๙. กปภ.ข.๙
เครื่องจ่ายปูนขาวพร้อมกาก	สาขาเทิง กปภ.ข.๙
ระบบควบคุมและตรวจวัดข้อมูลระบบผลิตน้ำประปา v.๑	กรค๖. กปภ.ข.๖
เครื่องบันทึกปริมาณการใช้น้ำผ่านมาตรวัดน้ำ infrared (ir) เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุน้ำสูญเสีย	สาขานครสวรรค์ กปภ.ข.๑๐
ระบบ PWA CLOUD CAMERA V๔.๐๑	กทน. ผชท.
ชุดทดสอบปริมาณคลอไรด์อย่างง่าย สำหรับเฝ้าระวังน้ำเค็ม	กรค๓. กปภ.ข.๓
CIS Spotlight	กทส๒. กปภ.ข.๒
๑-Click Non-Stop Service	กทส๗. กปภ.ข.๗
GIS for Find	สาขาเชียงราย กปภ.ข.๙
ระบบแสดงผลข้อมูลด้านผลิตจ่ายน้ำพร้อมการแจ้งเตือนผ่านไลน์	กทน. ผชท.

- ๒ - / ๔. ผลงานนวัตกรรม ...

ภาพที่ 29 ผลการพิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 1

๔. ผลงานนวัตกรรมดีเด่น รางวัลชมเชย จำนวน ๑๑ ผลงาน ดังนี้

ผลงาน	หน่วยงาน/สังกัด
ระบบฐานข้อมูลเครื่องจักรกลในระบบผลิตแบบรวมศูนย์	สาขาเพชรบุรี กปภ.ข.๓
สัญญาณเตือนระดับน้ำถังสูงต่ำผิดปกติ	สาขาเลาขวัญ กปภ.ข.๓
เครื่องแสดงข้อมูลการจ่ายน้ำจากระบบ SCADA	กรค๕. กปภ.ข.๕
เครื่องแจ้งเตือนก๊าซคลอรีนหมดด้วยพร็อกซิมิตี้คาปาซิทีฟเซนเซอร์	สาขาเชียงใหม่ กปภ.ข.๙
โปรแกรมบันทึกข้อมูลสัญญาการใช้น้ำ	สาขาธัญบุรี กปภ.ข.๒
ระบบติดตามความก้าวหน้าโครงการ	กทส.๓ กปภ.ข.๓
ระบบบริหารจัดการงบประมาณ	กทส.๓ กปภ.ข.๓
ระบบเฝ้าระวังการรับซื้อน้ำจากบริษัทเอกชน (PWA๓ Service)	กทส.๓ กปภ.ข.๓
ระบบควบคุมงบประมาณ กปภ.ข.๕	กทส.๕ กปภ.ข.๕
แบบสอบถามออนไลน์ e-Questionnaire ใช้ในการประเมินผลการฝึกอบรม	กฝภ.๑ รผบ.
โปรแกรมตรวจสอบหนี้ค่าน้ำพร้อมบาร์โค้ดสำหรับชำระผ่านตัวแทนด้วยโปรแกรม Line	กทส.๖ กปภ.ข.๖

๕. ผลงานที่ได้รับทุนวิจัยปี ๒๕๕๙ จำนวน ๒ ผลงาน ดังนี้

ผลงาน	หน่วยงาน/สังกัด
ระบบเติมอากาศแบบเทอร์ไบน์ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	สาขาเชียงใหม่ กปภ.ข.๙
ชุดทดสอบ ColiFast	กคน. รผว.

โดยในส่วนของเงินรางวัลผลงานนวัตกรรม คณะกรรมการ กปภ. ได้อนุมัติแล้ว ในส่วนของผลงานที่ได้รับทุนวิจัยให้ผู้นำเสนอผลงานทบทวนเอกสารเสนอผลงานตามข้อสังเกตของคณะทำงานฯ และนำเสนอคณะทำงานฯ เพื่อประกอบการจัดทำบันทึกข้อตกลงในการรับทุนวิจัย เพื่อเสนอผู้ว่าการเห็นชอบต่อไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๐

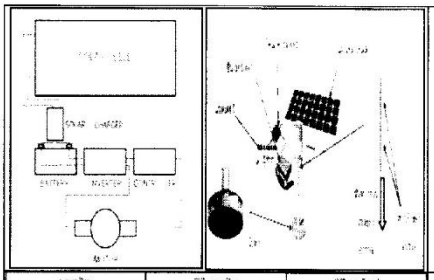
(นายสมชาย มนต์บุรีนนท์)
รองผู้ว่าการ (วิชาการ)
ประธานคณะทำงานพิจารณาผลงานที่เสนอขอ
ทุนวิจัยและรางวัลนวัตกรรมดีเด่นปี ๒๕๕๙

เรียน หัวหน้าหน่วยงานส่วนกลางและส่วนภูมิภาค
เพื่อโปรดทราบ

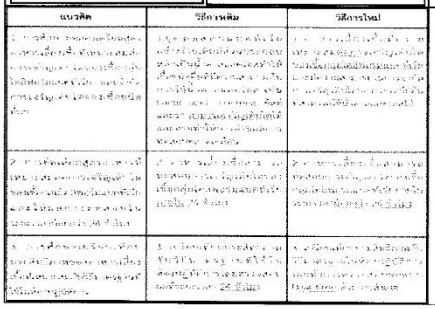
(นายจรัล ปุญสอง)
ผู้อำนวยการกองบริการกลาง
๒๕ ม.ค. ๒๕๖๐

ภาพที่ 30 ผลการพิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 2

ผลงานที่ได้รับทุนวิจัยปี ๒๕๕๙



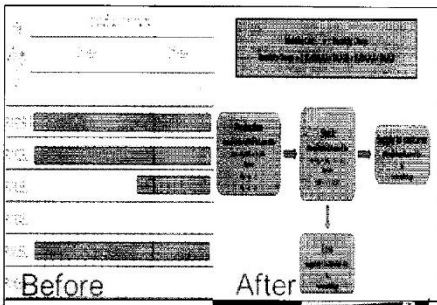
๐๒/๕๙ ระบบเติมอากาศแบบเทอร์ไบน์ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
เสนอโดย กปภ.สาขาเชียงใหม่ กปภ.ข.๙
- จะสร้างระบบเติมอากาศให้กับน้ำ เพื่อช่วยลดพวกเหล็กและแมงกานีสในน้ำดิบ โดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ขับมอเตอร์เพื่อดูดอากาศจากผิวน้ำ และกระจายอากาศใต้น้ำ
ดำเนินการ ๕ เดือน ลงทุน ๓๕,๐๐๐ บาท



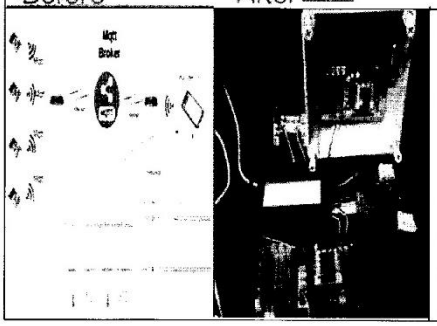
๓๘/๕๙ ชุดทดสอบ ColiFast
เสนอโดย กคน. รผว.
- จากผลงานชุดทดสอบแบคทีเรียอย่างง่ายเดิมที่ใช้เวลาในการรอผล ๒๔ ชั่วโมง จึงได้คิดวิธีเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์โดยสามารถใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าเดิม และให้ผลการทดสอบที่เที่ยงตรง
ดำเนินการ ๑๒ เดือน ลงทุน ๗๘,๐๐๐ บาท

ผลงานที่ได้รับรางวัลนวัตกรรมดีเด่น ปี ๒๕๕๙

๑. รางวัลเหรียญทอง (ไม่มีผลงานที่ได้รับรางวัล)
๒. รางวัลเหรียญเงิน จำนวน ๔ รางวัล ดังนี้



๐๔/๕๙ การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบผสมเพื่อจัดตารางการผลิตน้ำประปา
เสนอโดย กปภ.สาขาเพชรบุรี กปภ.ข.๓
- จากปัญหาการควบคุมระบบผลิตจ่ายน้ำรวมถึงค่ากระแสไฟฟ้า จึงจัดทำโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดทำตารางการผลิตจ่ายน้ำเพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้าและการจ่ายน้ำให้เหมาะสม
ดำเนินการ ๑ เดือน ลงทุน ๐ บาท



๑๕/๕๙ ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นพร้อมทั้งแสดงผลอุณหภูมิความชื้น ภายในห้องเครือข่ายคอมพิวเตอร์และตู้อุปกรณ์เครือข่าย
เสนอโดย กทส๕. กปภ.ข.๕
- จากปัญหาความชื้นและอุณหภูมิในห้องเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จึงจัดทำ สร้างชุดวงจรตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น เชื่อมโยงสัญญาณผ่าน PC และ โทรศัพท์มือถือแบบ Realtime
ดำเนินการ ๓ เดือน ลงทุน ๓,๙๗๐ บาท

๘

ภาพที่ 31 ผลการพิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 3

รายชื่อผู้ได้รับทุนและรางวัลผลงานวิจัยและนวัตกรรมดีเด่นของ กปภ. ปี ๒๕๕๙

ผลงาน	หน่วยงาน/สังกัด	ชื่อผู้เสนอผลงาน	ตำแหน่ง	เบอร์โทรศัพท์/e-mail
รางวัลเหรียญเงิน ๔ ผลงาน				
การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบผสมเพื่อจัดตารางการผลิตน้ำประปา	สาขาเพชรบุรี กปภ.เขต ๓	นายเอกพล ปัทมดลก นายสุคนธ์ จับใจ	วิศวกร ๕ ผจก.กปภ.สาขาเพชรบุรี	eakapolp@pwa.co.th ๐๘๓๐๘๒๘๖๗๓
ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นพร้อมทั้งแสดงผลอุณหภูมิความชื้น ภายในห้องเครือข่ายคอมพิวเตอร์และตู้อุปกรณ์เครือข่าย	กทส๕. กปภ.เขต ๕	นายสุทธิศักดิ์ ฟูธนากร ว่าที่ ร.ต.นิพนธ์ อ่อนแก้ว น.ส.รัชฎาภรณ์ แสงแก้ว	พนักงานคอมพิวเตอร์ ๕ หนง.บริการคอมฯ หนง.ประมวลข้อมูล	suthisakf@pwa.co.th ๐๘๘-๓๙๖๔๔๕๕
เครื่องดักฝุ่นละอองสารเคมี	สาขามุกดาหาร กปภ.ข.๘	นายปัญญา หาระสาร นายฐานิต อินทรวงศ์	หัวหน้างานผลิต นายช่างไฟฟ้า ๖	panyah@pwa.co.th ๐๘๕-๓๐๐๘๔๔๒
โปรแกรมประยุกต์ Wnet ๒.๐	กรจ๙. กปภ.ข.๙	นายธนพล อัตถวิบูลย์กุล น.ส.นันทพัทธ์ ทิตย์ประวรรณ นางพงศธร พิจิตรธรรม นายธุวชิต แฉล้มเขตต์ นางศรประภา ทิพย์เดโช	หนง.แผนที่และแนวท่อ นักวิชาการภูมิสารสนเทศ ๗ นักวิชาการภูมิสารสนเทศ ๗ นักวิชาการภูมิสารสนเทศ ๕ นักวิชาการภูมิสารสนเทศ ๗	tanapona@pwa.co.th ๐๘๔-๔๘๐๑๒๒๐
รางวัลเหรียญทองแดง ๑๒ ผลงาน				
อุปกรณ์ต่อท่อแก๊สคลอรีน	สาขาบ้านฉาง กปภ.ข.๑	นายพรรษวัชร์ กิมานันโท นายสายชล มิติโก นายวิทยา จิ๋วแก้ว นายนันทวัฒน์ สืบเรือง	หนง.๘ งานผลิต นายช่างไฟฟ้า ๖ ช่างเครื่องกล ๔ ช่างเครื่องกล ๓	sinwere.cm@hotmail.com ๐๓๘-๖๐๒๐๐๘
อุปกรณ์เตือนไฟฟ้าดับทั้ง ๑ เฟส และ ๓ เฟส	สาขากาญจนบุรี กปภ.ข.๓	นายพิชัย พันธ์อร่าม นายธีรพงษ์ เทอมหวาย นายเชาวลิต แดงสาย นายอภินันท์ แจ่มจ้า นายกัมพล มีตา นายไพโรจน์ จิระธนานันต์	ผจก.กปภ.สาขากาญจนบุรี ช่างไฟฟ้า ๔ ช่างไฟฟ้า ๓ ช่างไฟฟ้า ๓ ผช.ผจก.กปภ.สาขากาญจนบุรี รก.หนง.ผลิต	pichaip@pwa.co.th ๐๘๑-๗๑๙๓๘๗๕

ภาพที่ 32 ผลการพิจารณาผลงานวิจัยและนวัตกรรมแผ่นที่ 4

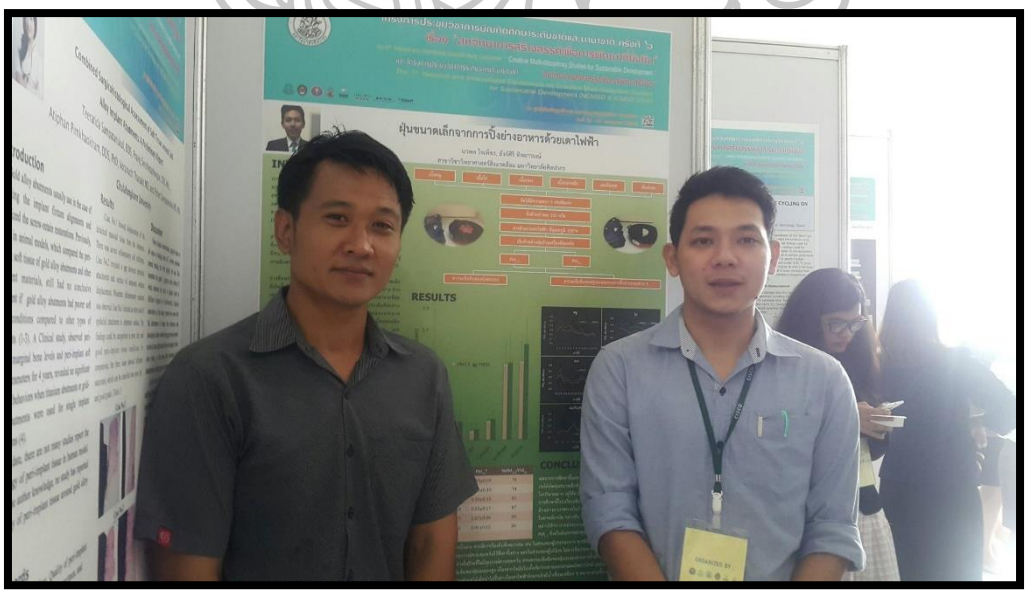
มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคพนวก ง.

การพัฒนาตนเอง

เข้าร่วมประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2558 จัดโดย ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ระหว่าง วันที่ 6-7 สิงหาคม 2558 ณ โรงแรมดิ เอมเมอรัลด์ กรุงเทพมหานคร ภายใต้หัวข้อ “Academics – Industrial Research Collaborations in order to be Excellence in ASEAN”

เข้าร่วมประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 จัดโดย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ระหว่าง วันที่ 11-12 กรกฎาคม 2559 ณ ศูนย์สันสกฤตศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพมหานคร ภายใต้หัวข้อ “สหวิทยาการสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”



เข้าร่วมประชุมและนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายในการประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2560 จัดโดย ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี วันที่ 2-3 มีนาคม 2560 ณ โรงแรมบาลิออส รีสอร์ท เขาใหญ่ (Balios Resort Khaoyai) อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา
ผู้ทรงคุณวุฒิ ดร.สุดารัตน์ วงศ์วีระเกียรติ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2560

National Operations Research Network Conference 2017

เกียรติบัตรนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

เอกพล ปัทมดิลก คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ และ เกษรินทร์ พูลทรัพย์

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิชาการในหัวข้อ

" การพัฒนาการจัดกำหนดการเครื่องสูบน้ำในระบบการผลิตน้ำประปาโดยใช้การเขียนโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม : กรณีศึกษาการประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี "

ระหว่างวันที่ 2 - 3 มีนาคม 2560

ณ โรงแรมบาลิออส รีสอร์ท เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนาริน จันทะ)

ประธานคณะกรรมการจัดงานประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2560

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นาย เอกพล ปัทมดิลก
ที่อยู่	12/1 ม.4 ต.ท่าราบ อ.เมือง จ.ราชบุรี 70000
ที่ทำงาน	การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี 90 หมู่ที่ 1 ตำบลบ้านหม้อ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
พ.ศ. 2557	ศึกษาต่อระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2556 – ปัจจุบัน	วิศวกรไฟฟ้า การประปาส่วนภูมิภาคสาขาเพชรบุรี 90 ม.1 ต.บ้านหม้อ อ.เมือง จ.เพชรบุรี

มหาวิทยาลัยศิลปากร