

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบสูบน้ำบาดาลด้วยวิธีการ DMAIC กรณีศึกษา โรงพยาบาล พ่от่านคล้ายวาจาสิทธิ์ อำเภอนาง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Optimization of Artesian Water Pump Systems by DMAIC Method

Case Study: Porthanklaivajasit Hospital, Chawang District, Nakhon Si Thammarat Province

ชัยณรงค์ ศรีวะบุตร¹, สุชาติ จันทรมณี^{1,*}, อธิโรจน์ มะโน² และ จรรย์ ธรรมใจ³

¹สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บ่อยาง เมือง สงขลา 90000

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บ่อยาง เมือง สงขลา 90000

³สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บ่อยาง เมือง สงขลา 90000

Chainarong Srivabut¹, Suchart Chantaramanee^{1,*}, Atiroj Mahno² and Jaran Tamjai³

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya,

Bo Yang, Mueang, Songkhla, 90000, Thailand

²Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya,

Bo Yang, Mueang, Songkhla, 90000, Thailand

³Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Education and Technology,

Rajamangala University of Technology Srivijaya, Bo Yang, Mueang, Songkhla, 90000, Thailand

*Corresponding Author E-mail: suchart.c@rmutsv.ac.th

Received: Oct 17, 2022; **Revised:** Jan 03, 2023; **Accepted:** Mar 01, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบสูบน้ำบาดาลด้วยวิธีการ DMAIC กรณีศึกษา โรงพยาบาลพ่от่านคล้ายวาจาสิทธิ์ อำเภอนาง จังหวัดนครศรีธรรมราช ประกอบด้วย การกำหนดสภาพปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุและรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุการปรับปรุงงาน และการควบคุมกระบวนการ วิธีการวิจัย โดยการเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของระบบปั๊มสูบน้ำบาดาล พบว่า สามารถเพิ่มผลผลิตให้การทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลได้ด้วยการติดตั้งเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยการลดเวลาของขั้นตอนการทำงานจาก 295.45 นาที เป็น 256.95 นาที สามารถลดลงเท่ากับ 38.5 นาที สำหรับผลจากการออกแบบการทดลองก่อนปรับปรุง ปั๊มสูบน้ำบาดาลทำงาน 30.50 ชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ได้ 15.19 ลูกบาศก์เมตร และภายหลังการปรับปรุงระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลเวลาทำงานรวม 11.50 ชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ได้ 16.11 ลูกบาศก์เมตร สามารถลดเวลาของระบบได้ 19 ชั่วโมง และเพิ่มปริมาณน้ำบาดาลขึ้น 0.92 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ ส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายได้ทั้งค่าไฟฟ้าและค่าน้ำประปาได้ กระบวนการวิเคราะห์ด้วย DMAIC ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตในงานอุตสาหกรรมอื่นได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ปรับปรุงการทำงาน, บั้มสูบน้ำบาดาล, คูเมอิก, ระบบสูบน้ำ, ประสิทธิภาพ

Abstract

This research aims to increase the efficiency of artesian water pump systems by DMAIC method; A case study of Porthanklaivajasit Hospital, Chawang district, Nakhon Si Thammarat Province, which consists of determining the problems, measuring to determine the cause and gathering data, analyzing the problems and the causes for better work development, and controlling procedures. The result of experiment was compared before and after of the well water pumping system. The experimental results showed that it can increase the productivity of the groundwater pumping system by installing timers, automatic on-off relays, which reduce the time of the work process from 295.45 min to 256.95 min, it can be reduced to 38.5 min. Previous studies have shown that the groundwater pump works for 30.50 h and produces 15.19 cubic meters of water and after the improvement of the groundwater pumping system, the total working time was 11.50 h, the amount of obtained water was 16.11 cubic meters, which could reduce the time system for 19 h and increase the amount of groundwater by 0.92 cubic meters, respectively. Additionally, the cost of electricity and water can be reduced. The DMAIC analysis process can also be used as a guideline to increase productivity in other industries as well.

Keywords: Rework, Deep Well Pump, DMAIC, Pumping Systems, Efficiency

1. บทนำ

น้ำจืดเป็นสิ่งสำคัญต่อมนุษย์บนโลกใบนี้เพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและอุปโภค บริโภค อุตสาหกรรม การคมนาคม การเกษตร การท่องเที่ยวและนันทนาการ อื่น ๆ โดยมีน้ำจืดเป็นจำนวน 3 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น และในขณะเดียวกันน้ำใต้ดินมีปริมาณ 30.1 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำจืดที่ 3 เปอร์เซ็นต์ ทั้งหมดบนโลก [1] หรือที่เรียกว่าน้ำบาดาล (Groundwater) น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำสำคัญอีกแหล่งหนึ่งในการนำมาใช้ในภาคนี้เนื่องจากปัจจุบันได้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในภาวะที่มีแนวโน้มที่จะรุนแรงมากยิ่งขึ้นจากภัยแล้งที่รุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ โลกร้อน แหล่งน้ำเสื่อมโทรม ขาดการบริหารจัดการ สิ่งปนเปื้อนจากชุมชนเมือง อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ขาดการบริหารจัดการน้ำ พฤติกรรมการใช้น้ำ และปริมาณการใช้น้ำที่มีปริมาณสูงขึ้น แม้ในชุมชนเมือง ชนบท หรือหมู่บ้าน โรงงานอุตสาหกรรม และโรงพยาบาลจะมีการใช้น้ำจากการผลิตน้ำจากระบบประปาก็ตามก็ยังไม่เพียงพอต่อการใช้น้ำจากแหล่งน้ำสำรองและในบางครั้งการหยุดจ่ายน้ำจากการเสียหายจากระบบประปา เช่น ท่อประปาแตก และยังทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นทั้งค่าไฟฟ้าและค่าน้ำประปา สำหรับโรงพยาบาลพ่อท่านคล้ายจากสิทธิ์ก็เป็นสถานที่หนึ่งที่เห็นถึงความสำคัญของน้ำจืดในการ

ใช้ภายในโรงพยาบาลจึงได้ดำเนินการขุดเจาะน้ำบาดาล ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โรงเรือนควบคุมระบบปั้มน้ำบาดาลโรงพยาบาลพ่อท่านคล้ายจากสิทธิ์

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำที่ได้มาสำรองใช้ในการอุปโภคและบริโภคในสภาวะขาดแคลนซึ่งขุดเจาะลงไปในระยะความลึก 300 เมตร จึงจะพบน้ำบาดาลมีปริมาณน้ำที่ได้ประมาณ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการสูบน้ำบาดาลของโรงพยาบาลเมื่อเปิดระบบทำงานปั้มน้ำจะสูบน้ำจากบ่อบาดาลขึ้นถึงพัก 2 ถัง ถังพักน้ำขนาด 4 ลูกบาศก์เมตร โดยมีลูกลอยเป็นตัวสั่งระบบทำงานและตัดระบบการทำงานเมื่อน้ำเต็มถึงพักแต่เนื่องด้วยน้ำใน

บ่อบาดาลมีปริมาณน้ำที่ได้น้อยโดยประมาณ 1.6–1.7 ลูกบาศก์เมตร ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง จึงจำเป็นต้องปิดระบบการทำงานของปั๊มสูบน้ำบาดาลเพื่อให้น้ำในบ่อบาดาลมีปริมาณเพิ่มขึ้นให้มากพอในการสูบน้ำขึ้นถึงพักในครั้งต่อไป โดยมีเจ้าหน้าที่ทำการเปิดปิดและจะปิดระบบการทำงานของปั๊มสูบน้ำเป็นเวลาประมาณ 2–3 ชั่วโมง ซึ่งระบบนี้ต้องใช้เจ้าหน้าที่ควบคุมตลอดเวลา เบื้องต้นได้ทำการปรับปรุงด้วยระบบอัตโนมัติโดยการใช้เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำและเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ เข้าควบคุมการทำงานเปิดและปิดการทำงานแทนเจ้าหน้าที่แต่เมื่อเปิดระบบอัตโนมัติทำงานน้ำจะไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำเข้าถึงพักเมื่อน้ำเต็มถึงพักถูกลอยเป็นตัวสั่งตั้งระบบการทำงาน ในทางตรงกันข้ามกรณีน้ำไม่เต็มถึงพักเนื่องจากน้ำในบ่อบาดาลไม่เพียงพอไม่สามารถสูบน้ำขึ้นมาได้เป็นเวลา 30 วินาที เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำก็จะสั่งตั้งระบบการทำงานของปั๊มและเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ จะสั่งระบบหยุดพักปั๊มสูบน้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อน้ำในบ่อบาดาลมีปริมาณเพิ่มขึ้นและเมื่อครบ 2 ชั่วโมง ระบบจะสั่งปั๊มสูบน้ำทำงานอีกครั้ง จากปัญหาดังกล่าว พบว่า ในรายงานประจำปี พ.ศ. 2563 ของกรมทรัพยากรบาดาล ได้กล่าวถึง น้ำไม่มีศักยภาพน้ำบาดาลอย่างเหมาะสม น้ำเค็ม น้ำกร่อยเค็ม และปริมาณน้ำน้อย [2] ซึ่งปริมาณน้ำน้อยสอดคล้องกับงานวิจัยกำลังดำเนินการเพื่อลดปัญหาของน้ำบาดาลไม่ต่อเนื่องปั๊มสูบน้ำทำงานตลอดเวลาจะทำให้เกิดความเสียหายกับปั๊มสูบน้ำบาดาลได้จึงนำใช้ระบบการบริหารคุณภาพในการปรับปรุงการทำงานจากนักวิจัยก่อนนี้ เช่น งานวิจัยศึกษาการลดจำนวนค่ายในคลังสินค้าโดยใช้แนวคิดของ DMAIC ในอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป [3] พบว่า สามารถลดจำนวนค่ายในคลังสินค้าและได้แนวทางการป้องกันการเกิดจำนวนค่ายในคลังสินค้าใหม่ด้วย ต่อมาการประยุกต์ใช้หลักการของ DMAIC เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนประตูเครื่องบินพาณิชย์ [4] พบว่า ของเสียจากชิ้นส่วน Door lower stop สามารถลดลงเท่ากับ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาการลดปัญหาของเสียในการผลิตเกียร์ด้วยหลักการของ DMAIC กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วน

มอเตอร์ไฟฟ้า [5] พบว่า ของเสียจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกินขนาดในการผลิตเกียร์ลดลงถึง 76.76 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาการลดของเสียผลิตภัณฑ์คอยล์เย็นในอุตสาหกรรมยานยนต์โดยการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกม่า ซิกมา (Six Sigma) [6] พบว่า สามารถลดของเสียได้ประเภทตัวงานคอยล์เย็นจาก 0.216 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 0.107 เปอร์เซ็นต์ หรือลดลง 50.46 เปอร์เซ็นต์ เช่นกันนอกจากนี้ การศึกษาระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเอง ในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด [7] พบว่า สามารถลดค่ากระแสไฟฟ้าของโรงเรียนได้ร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาเดียวกัน

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำแนวทางของซิกม่า ซิกมา โดยการนำหลักการ DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงการทำงานของระบบสูบน้ำบาดาล กรณีศึกษาโรงพยาบาลพ่อท่านคล้ายวาจาสิทธิ์ ในการเพิ่มผลผลิตภาพ ในการลดค่าใช้จ่าย เวลาที่สูญเสียเปล่าและลดความเสียหายที่อาจจะเกิดกับชิ้นกับอุปกรณ์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อเพิ่มผลผลิตภาพให้การทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำบาดาล
- 2) เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำประปาและการใช้ไฟฟ้าจากการปรับปรุงระบบปั๊มสูบน้ำบาดาล

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ซิกม่า ซิกมา เป็นระดับคุณภาพของกระบวนการผลิต เพื่อใช้ลดความบกพร่องที่ซ่อนไว้ของเสียในระบบการผลิตน้อยที่สุด ซึ่งมุ่งเน้นให้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบได้เพียง 3.40 หน่วยต่อล้านหน่วย และยังเป็นเครื่องมือช่วยทางด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม ให้สามารถแก้ไข ปรับปรุงจากปัญหาคุณภาพของระบบการปฏิบัติการได้ สรุปโดยหลักแล้วเป็นแนวคิดในการป้องกันข้อบกพร่องมิให้ขั้นตอนวิธีการอย่างชัดเจน [8] ดังนี้

3.1. การกำหนดสภาพปัญหา (Define Phase)

การกำหนดสภาพปัญหาเป็นการกำหนดเป้าหมายสำคัญที่จะนำมาดำเนินการแก้ไข ปรับปรุงและหรือศึกษาปัญหานั้น

อย่างชัดเจนถ่วงน้ำหนัก โดยพิจารณาตัดสินใจเพื่อระบุปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วนำมาจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่ประสบอยู่และเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียหายมากที่สุดที่เป็นอยู่ เช่น ปัญหาด้านค่าใช้จ่าย ด้านเวลาในการปฏิบัติงาน และเวลาที่สูญเปล่าจากกระบวนการ หรืออื่น ๆ ด้วยแผนภูมิพารโต (Pareto Diagram) [9]

3.2. การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุและรวบรวมข้อมูล (Measure Phase)

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุและรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนในการสืบค้นหรือค้นหาสาเหตุที่แท้จริงที่เกิดขึ้น โดยการศึกษากระบวนการที่กำลังดำเนินการและทำการหาปัจจัยตัวแปรหรือพารามิเตอร์ สำคัญที่ทำให้กระบวนการลดประสิทธิภาพลงซึ่งสามารถนำการศึกษากการทำงาน (Work Study) ช่วยในการวัดด้วยแผนภูมิการเคลื่อนที่ (Flow Process Chart) ได้ [10]

3.3. วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (Analysis Phase)

การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ เป็นขั้นตอนภายหลังจากการพบปัญหาหรือสาเหตุที่แท้จริงแล้วและปัญหานั้นจะถูกนำมาประมวลผลด้วยกันของผู้รับผิดชอบโดยตรงใช้การประชุมระดมสมอง (Brain Storming) [3] ร่วมกับแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) [4] ซึ่งจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุหลาย ๆ สาเหตุที่เป็นไปได้และที่ส่งผลกระทบต่อให้เกิดปัญหาหนึ่งปัญหาที่เป็นปัญหาจริงของกระบวนการนั้น [11] หรือการนำหลักการ เช่น CP Cpk อัตราของเสีย ฯลฯ ประยุกต์ใช้

3.4. การปรับปรุงงาน (Improve Phase)

จากการวิเคราะห์ปัญหาโดยการระดมความคิดจากผู้รับผิดชอบกระทั่งเจอสาเหตุหลักแล้วดำเนินการวางแผนงานในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อไม่ให้เกิดปัญหานั้นเกิดขึ้นต่อไปอีก

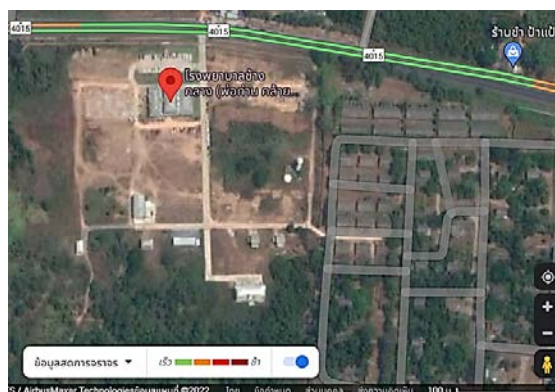
3.5. การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

จากข้อผิดพลาดหรือปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วเมื่อถึงขั้นตอนในการควบคุมจะต้องวางแผนในการจัดการควบคุมอย่างต่อเนื่องโดยมีการติดตามกระทั่งมั่นใจในกระบวนการควบคุมแล้วทำการจัดทำมาตรฐานในการทำงานต่อไป

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1. สถานที่ในงานวิจัย

การศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นกรณีศึกษา ณ โรงพยาบาลพ่อบ้านคล้ายวาจาสิทธิ์ เลขที่ 199 หมู่ 10 ตำบลหลักช้าง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา 30250 โทรศัพท์ 075-466104 สังกัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา เป็นโรงพยาบาลซึ่งประกอบด้วย 12 กลุ่มงาน จำนวนเตียงผู้ป่วยใน 30 เตียง ซึ่งส่วนของระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลอยู่ในกลุ่มงานบริหารทั่วไป แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ที่ตั้งโรงพยาบาลพ่อบ้านคล้ายวาจาสิทธิ์

4.2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

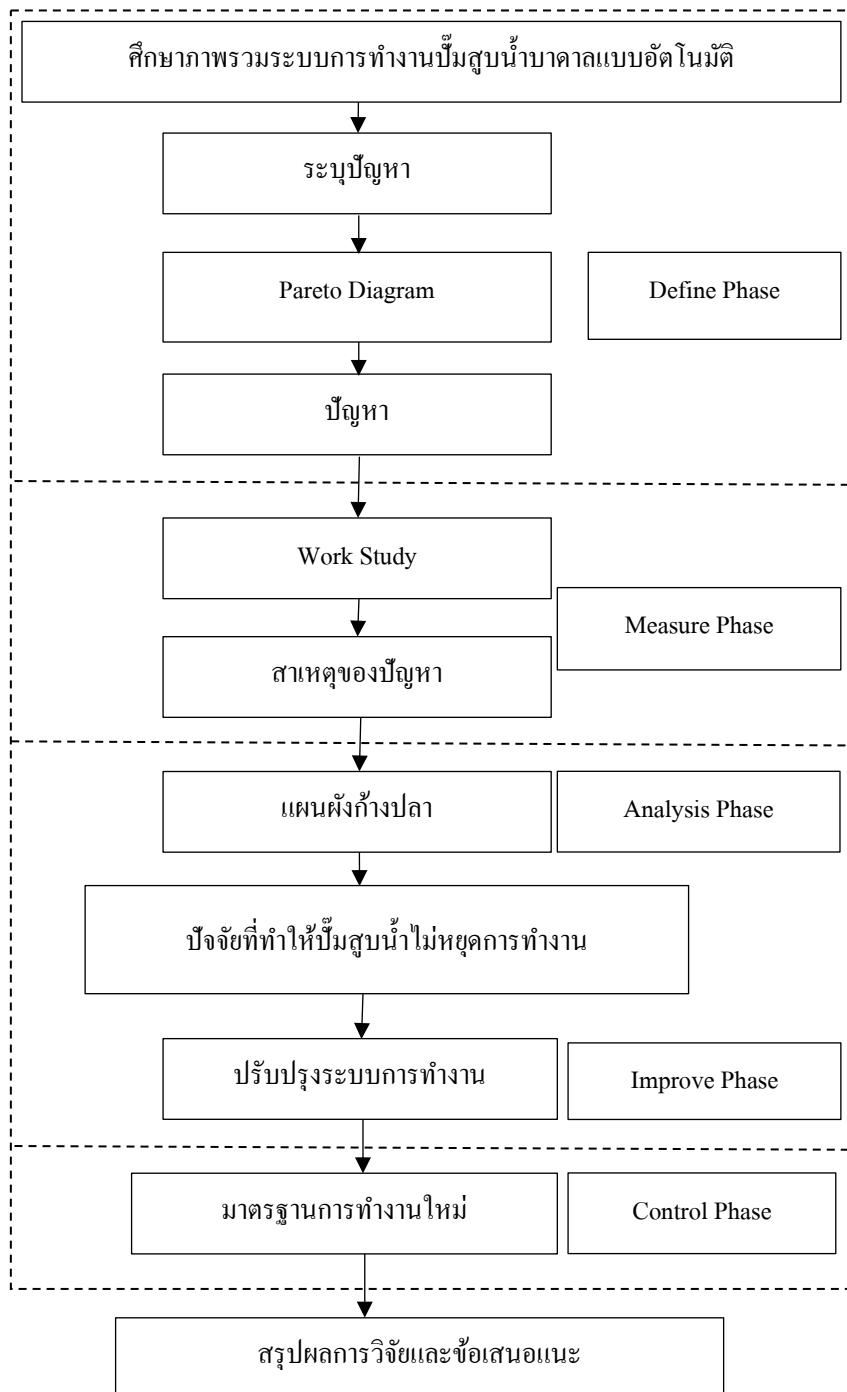
จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้นำแนวทางในการดำเนินงานใช้ตามหลักการ DMAIC ซึ่งเป็นกระบวนการทางคุณภาพและการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อลดของเสียให้น้อยที่สุดและเพิ่มประสิทธิภาพโดยซิกส์ ซิกมา [3-6] โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 3 ดังนี้

4.2.1. การกำหนดสภาพปัญหา

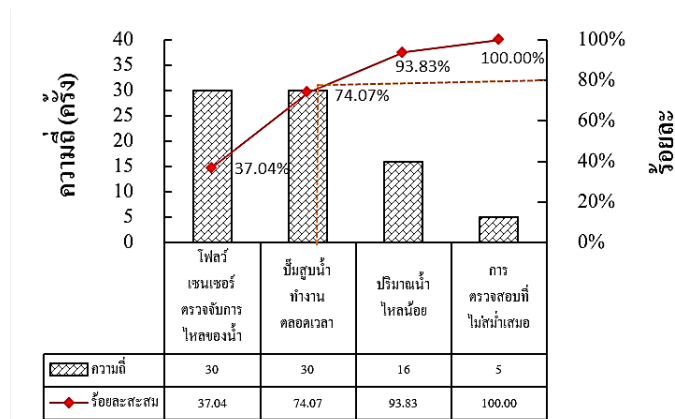
การกำหนดสภาพปัญหาได้ทำการวิเคราะห์จากข้อมูลในการใช้น้ำประปาย้อนหลังปี พ.ศ. 2564 โดยได้มีการใช้น้ำในสระน้ำของโรงพยาบาลพ่อบ้านคล้ายวาจาสิทธิ์ และพบว่า มีค่าใช้จ่ายค่าน้ำประปารวมทั้งสิ้น 113,574.13 บาทต่อปี และมีลักษณะการทำงานในปัจจุบันของกระบวนการทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลอัตโนมัติเป็นปัญหาที่สำคัญด้านเวลาปฏิบัติงาน โดยดำเนินการเก็บบันทึกข้อมูลสภาพปัญหาโดยใช้ใบบันทึกข้อมูลในการเก็บข้อมูล

ภายใน 1 วันทำงาน ระหว่างเปิดระบบจนกระทั่งปิดระบบ เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงต่อครั้ง จะได้รับความถี่เท่ากับ 4 ครั้ง ต่อวัน เก็บข้อมูลทั้งหมดจำนวน 30 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลจากการบันทึกทำการวิเคราะห์เพื่อกำหนดสภาพปัญหาโดย กฎ 80 : 20 ตามหลักการของพาเรโตโดย พบปัญหา 4 ปัญหา คือ การทำงานของเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำในการตรวจจับการไหลของน้ำ บั้มสูบน้ำทำงาน

ตลอดเวลา ปริมาณน้ำไหลน้อย และมีการตรวจสอบที่ไม่สม่ำเสมอ ดังแสดงในตารางที่ 1 เลือกปัญหาที่จะใช้ในการ ศึกษาค้นคว้าจากหลักการของพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่า สาเหตุหลัก คือ การทำงานของเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำในการตรวจจับการไหลของน้ำและบั้มสูบน้ำบาดาลทำงานตลอดเวลา



รูปที่ 3 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 4 ปัญหาในระบบปั้มน้ำบาดาลก่อนปรับปรุง

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของปัญหาสำคัญในระบบปั้มน้ำบาดาลก่อนปรับปรุง

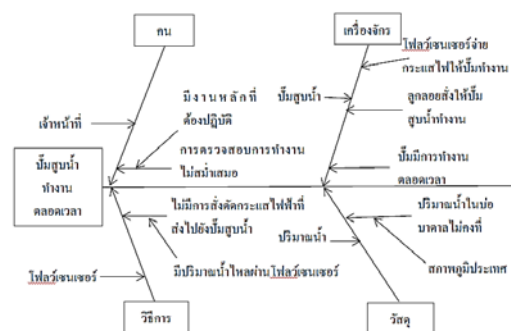
จำนวนและร้อยละของปัญหาในระบบการปั้มน้ำบาดาล				
ปัญหา/สาเหตุ	ความถี่ (ครั้ง)	ความถี่สะสม	ร้อยละ	ร้อยละสะสม
การทำงานของเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำในการตรวจจัดการไหลของน้ำ	30	30	37.04	37.04
ปั้มน้ำทำงานตลอดเวลา	30	60	37.04	74.07
ปริมาณน้ำไหลน้อย	16	76	19.75	93.83
การตรวจสอบที่ไม่สม่ำเสมอ	5	81	6.17	100.00

4.2.2. การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุและรวบรวมข้อมูล

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุและรวบรวมข้อมูล เนื่องจากกระบวนการปั้มน้ำบาดาลสามารถทำงานได้ 2 ระบบ คือ ระบบเปิดด้วยมือ (Manual) และระบบอัตโนมัติ (Automatic) ได้ทำการเปิดใช้งานทั้งสองระบบ และเก็บข้อมูลปริมาณน้ำนำมาเปรียบเทียบ เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดระบบการทำงานในกระบวนการปั้มน้ำบาดาล จำนวน 66 ครั้งได้เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เปิดระบบ ระหว่าง 30 ที่ของเวลาทำงาน 8.00–16.00 นาฬิกา ในการเก็บข้อมูลที่ให้ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อน 0.125 พบว่า มีปริมาณน้ำระบบเปิดด้วยมือ 12.01 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำระบบอัตโนมัติ 15.19 ลูกบาศก์เมตร และแสดงจำนวนขั้นตอนการทำงานก่อนปรับปรุง คือ การปฏิบัติงาน การเคลื่อนย้าย การรอกคอย การตรวจสอบ และการเก็บรักษา มีขั้นตอนเท่ากับ 12 9 3 1 และ 0 ขั้นตอน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

4.2.3. วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ปั้มน้ำบาดาลทำงานตลอดเวลา โดยการระดมสมองกับผู้รับผิดชอบเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยในการเกิดปัญหาในการทำงานผิดพลาดของกระบวนการด้วยแผนผังก้างปลา ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยหาสาเหตุของการทำงานปั้มน้ำบาดาลระบบอัตโนมัติ ดังแสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 5 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์หาสาเหตุของการทำงานปั้มน้ำบาดาลระบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 2 แผนภูมิการเคลื่อนที่ระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลก่อนปรับปรุง

แผนภูมิการเคลื่อนที่ : ☐ คน ☐ วัสดุ ☒ เครื่องจักร							
แผนภูมิหมายเลข 1	สรุปผล						
สถานที่ : โรงพยาบาลพ่อท่านคล้ายวาจาสิทธิ์	สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง		
กรรมวิธี : ระบบสูบน้ำบาดาล	การปฏิบัติงาน	○	12				
☒ วิธีปัจจุบัน ☐ วิธีเสนอ	การเคลื่อนย้าย	⇒	9				
ตำแหน่งที่ตั้ง : 199 หมู่ที่ 10 ตำบลหลักช้าง อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80250	การรอกอย	⊔	3				
	การตรวจสอบ	□	1				
	การเก็บรักษา	▽	0				
	ระยะทาง (เมตร)	900.00					
ผู้บันทึก : ญัฐภัทร เพชรฤทธิ์	เวลา (นาท)	295.45					
รายการ	ระยะทาง	เวลา	สัญลักษณ์				
	เมตร	นาท	○	⇒	⊔	□	▽
1. ห้องปฏิบัติงาน	0.00	0.00	●				
2. เจ้าหน้าที่เดินไปเปิดระบบปั้มสูบน้ำบาดาล	150.00	1.25		●			
3. เปิดระบบปั้มสูบน้ำบาดาลระบบอัตโนมัติ		0.05	●				
4. ถูกลอยตรวจจับระดับน้ำบาดาล		0.02	●				
5. ปั้มสูบน้ำบาดาลทำงาน		0.02	●				
6. ตรวจสอบการทำงานของปั้มสูบน้ำบาดาล		2.00			●		
7. เจ้าหน้าที่เดินกลับห้องปฏิบัติงาน		1.25		●			
8. น้ำไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ		2.01		●			
9. เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำตรวจจับการไหลของน้ำ		0.01	●				
10. ปั้มสูบน้ำบาดาลทำงาน		32.02	●				
11. ไม่มีน้ำไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ		0.02	●				
12. ปั้มสูบน้ำบาดาลทำงาน		62.00	●				
13. เจ้าหน้าที่เดินปิดระบบปั้มสูบน้ำบาดาล		1.25		●			
14. ปิดระบบปั้มสูบน้ำแบบอัตโนมัติ		0.05	●				
15. เจ้าหน้าที่เดินกลับห้องปฏิบัติงาน	150.00	1.25		●			
16. รอเปิดระบบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง		120.00			●		
17. เจ้าหน้าที่เดินมาเปิดระบบปั้มสูบน้ำบาดาล	150.00	1.15		●			
18. เปิดระบบปั้มสูบน้ำอัตโนมัติ		0.05	●				
19. เจ้าหน้าที่เดินกลับห้องปฏิบัติงาน	150.00	1.25		●			
20. รอระดับน้ำในถังมากกว่าครึ่งถัง		60.00			●		
21. สูบน้ำออกบรรจุไปยังถังหลัก		5.00	●				
22. เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำตรวจจับการไหลของน้ำ		0.02	●				

ตารางที่ 2 แผนภูมิการเคลื่อนที่ระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลก่อนปรับปรุง (ต่อ)

แผนภูมิการเคลื่อนที่ : ☐ น ☐ ศ ☒ ร							
แผนภูมิหมายเลข 1	สรุปผล						
สถานที่ : โรงพยาบาลพ่อท่านคล้ายวาจาสิทธิ์	สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง		
กรรมวิธี : ระบบสูบน้ำบาดาล	การปฏิบัติงาน	○	12				
☒ วิธีปัจจุบัน ☐ วิธีเสนอ	การเคลื่อนย้าย	⇨	9				
ตำแหน่งที่ตั้ง : 199 หมู่ที่ 10 ตำบลหลักช้าง อำเภอช้าง กลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80250	การรอกคอย	D	3				
	การตรวจสอบ	□	1				
	การเก็บรักษา	▽	0				
	ระยะทาง (เมตร)	900.00					
ผู้บันทึก : ญัฐภัทร เพชรฤทธิ์	เวลา (นาท)	295.45					
รายการ	ระยะทาง	เวลา	สัญลักษณ์				
	เมตร	นาท	○	⇨	D	□	▽
23. ส่งต่อไปยังระบบกรองน้ำ		0.10					
24. ทำการกรองน้ำ		1.00					
25. ส่งต่อไปยังถังเก็บน้ำหลัก		3.11					
ไม่มีน้ำไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ ภายใน 30 วินาที ปั๊มสูบน้ำหยุดการทำงาน 1 ชั่วโมง		0.57					

ตารางที่ 3 การกรองปัญหาระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลระบบอัตโนมัติ

ปัจจัย	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
คน	เจ้าหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของปั๊มสูบน้ำบาดาลที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ไม่ทราบถึงการทำงานของปั๊มสูบน้ำบาดาลที่แน่นอน	จัดทำตารางในการตรวจสอบชัดเจน
เครื่องจักร	การทำงานของปั๊มสูบน้ำบาดาลที่ทำงานตลอดเวลาส่งผลให้ปั๊มสูบน้ำบาดาลอาจเสียหายและมีค่าใช้จ่ายที่สูงต่อการซ่อมแซม	หยุดพักปั๊มสูบน้ำบาดาลให้ทำงานน้อยลง
วิธีการทำงาน	เครื่องตั้งเวลาเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ ไม่มีการสั่งตัดระบบกระแสไฟที่ส่งไปยังปั๊มสูบน้ำบาดาล ส่งผลให้การทำงานของปั๊มสูบน้ำบาดาลที่ทำงานตลอดเวลาเนื่องจากไม่มีน้ำไหลอย่างต่อเนื่อง	ติดตั้งเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ รีเลย์เพื่อสั่งให้ปั๊มสูบน้ำหยุดการทำงานตามเวลา
วัตถุดิบ	ปริมาณน้ำบาดาลที่มีปริมาณน้อยเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ	รอให้ปริมาณน้ำใต้ดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น

4.2.4. การปรับปรุงงาน

จากการวิเคราะห์ปัญหาโดยการระดมความคิดจากผู้รับผิดชอบพบแนวทางการปรับปรุงแก้ไข โดยการนำ

วงจรรีเลย์ติดตั้งเพิ่มเติมให้ใช้งานได้ควบคู่กันขึ้นตอนใช้งานระบบอัตโนมัติแบบเดิม ซึ่งเมื่อเปิดใช้งานระบบอัตโนมัติวงจรเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำและวงจร

เครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติจะทำงานพร้อมกัน โดยวงจรเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำจะสั่งหยุดพักการทำงานเมื่อไม่มีน้ำไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำเป็นเวลา 30 วินาที และวงจรรีเลย์จะทำงานตั้งแต่เริ่มเปิดใช้งานระบบอัตโนมัติเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หากวงจรเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำไม่สั่งหยุดพักการทำงาน เมื่อปั้มน้ำทำงานครบ 2 ชั่วโมง วงจรเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติก็จะสั่งหยุดพักการทำงาน 2 ชั่วโมง แทนการสั่งหยุดพักการทำงานของปั้มน้ำด้วยเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ ทั้ง 2 ระบบจะทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อปั้มน้ำหยุดพักการทำงานครบ 2 ชั่วโมง และระบบจะทำงานวนซ้ำจนน้ำบาดาลเต็มถึงบรรจุ เมื่อปริมาณน้ำเต็มถึงบรรจุและไม่มีปริมาณน้ำไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ โดยสร้างแผนภูมิการเคลื่อนที่ทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำงานเดิม

4.2.5. การควบคุมกระบวนการ

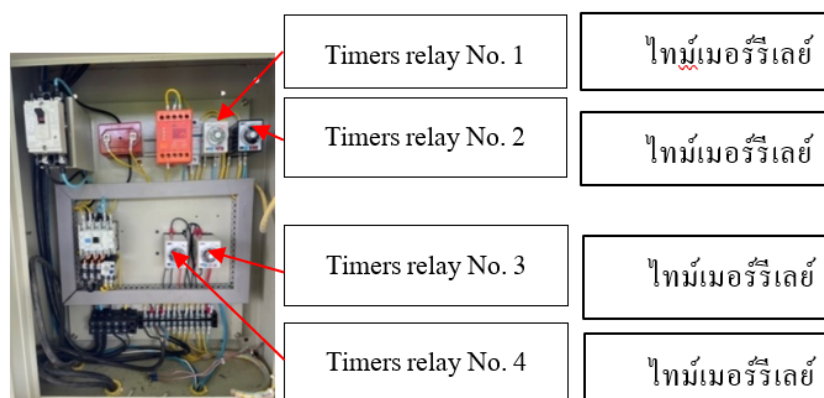
จากการปรับปรุงกระบวนการทำงานกำหนดให้มีระยะเวลาในการทำงานของปั้มน้ำจากบ่อบาดาลขึ้นสู่ถังบรรจุเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และหยุดหน่วงเวลา 2 ชั่วโมง หยุดหน่วงเวลาเมื่อปริมาณน้ำเต็มถึงบรรจุและไม่มีปริมาณน้ำไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำและติดตามบันทึกเวลาการทำงานของปั้มน้ำบาดาลหลังการปรับปรุง

5. ผลการวิจัย

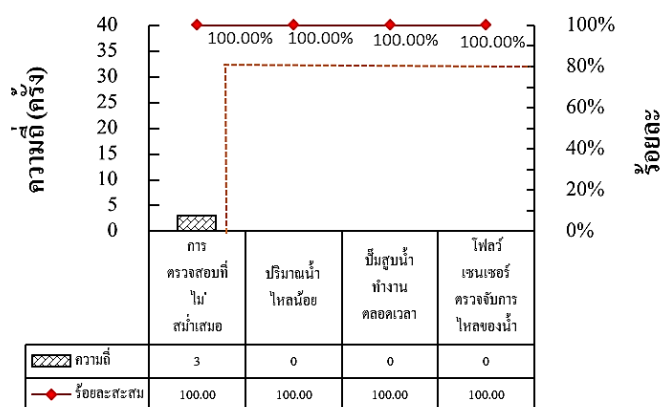
ผลการวิจัยจากการนำแนวคิด DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสูบน้ำบาดาลในงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังนี้

5.1. ผลการปฏิบัติงานหลังปรับปรุง

ผลการดำเนินงานตามขั้นตอนหลังปรับปรุงแก้ไขกระบวนการจากข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงปั้มน้ำบาดาลทำงานและปริมาณน้ำบาดาลก่อนปรับปรุง พบว่า การทำงานของปั้มน้ำบาดาลและปริมาณน้ำบาดาลที่สูบได้ไม่สอดคล้องกัน โดยค่าชั่วโมงปั้มน้ำบาดาลทำงานเท่ากับ 30.50 ชั่วโมง และปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 15.19 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สาเหตุเนื่องจากปริมาณน้ำบาดาลชั้นใต้ดินไม่เพียงพอและไม่มีการหยุดพักการทำงานของปั้มน้ำบาดาลเพื่อให้เกิดการซึมของชั้นน้ำใต้ดินกระทั่งปริมาณมากพอ จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยได้ติดตั้งวงจรเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ จำนวน 2 ตัว คือ วงจรเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติตัวที่ 3 และ 4 ดังแสดงในรูปที่ 6 และหลังจากการปรับปรุงจากการติดตั้งวงจรเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติและทำการจดบันทึกสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อประเมินผลภายหลังปรับปรุง พบว่า ปัญหาเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำตรวจจับการทำงานของปั้มน้ำบาดาลและปริมาณน้ำบาดาลมีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 7 โดยค่าชั่วโมงปั้มน้ำบาดาลทำงานเท่ากับ 11.50 ชั่วโมง และปริมาณน้ำบาดาลเท่ากับ 16.11 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 5



รูปที่ 6 ตู้ควบคุมระบบปั้มน้ำบาดาลหลังปรับปรุง



รูปที่ 7 ปัญหาในระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลหลังปรับปรุง

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละสะสมของปัญหาสำคัญในระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลหลังปรับปรุง

จำนวนและร้อยละสะสมของปัญหาในกระบวนการปั๊มสูบน้ำบาดาล				
ปัญหา/สาเหตุ	ความถี่ (ครั้ง)	ความถี่สะสม	ร้อยละ	ร้อยละสะสม
การตรวจสอบที่ไม่สม่ำเสมอ	3	3	100.00	100.00
ปริมาณน้ำไหลน้อย	0	3	0.00	100.00
ปั๊มสูบน้ำทำงานตลอดเวลา	0	3	0.00	100.00
การทำงานของเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำในการตรวจจับการไหลของน้ำ	0	3	0.00	100.00

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานปั๊มสูบน้ำบาดาลและปริมาณน้ำบาดาลที่สูบได้ด้วยระบบอัตโนมัติก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ปั๊มสูบน้ำบาดาลทำงาน (ชั่วโมง)	30.50	11.50
ปริมาณน้ำที่ได้ (ลูกบาศก์เมตร)	15.19	16.11
อัตราของน้ำต่อเวลา (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	0.50	1.40

5.2.ผลการดำเนินงานตามขั้นตอนการควบคุม

เมื่อทำการปรับปรุงโดยติดตั้งวงจรเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติและทำการจดบันทึกกระบวนการทำงานด้วยแผนภูมิการเคลื่อนที่หลังปรับปรุงพบว่าคือ การปฏิบัติงาน การเคลื่อนย้าย การรอคอย การตรวจสอบ และการเก็บรักษามีขั้นตอนเท่ากับ 10 5 4 1 และ 0 ขั้นตอนตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 6 เนื่องจากลดขั้นตอนลำดับที่ 13, 14, 15, 17, 18 และ 19 ดังแสดงในตารางที่ 2

5.3.ผลการเปรียบเทียบการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการทำงานของปั๊มสูบน้ำบาดาลแล้วทำการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ผลที่ได้ เปรียบเทียบผลระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ดังนี้

จากตารางที่ 7 พบว่า ผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานของระบบก่อนปรับปรุงมี 12 ขั้นตอน ภายหลังปรับปรุงลดลง 2 ขั้นตอน เวลาการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง 100.26 นาที ภายหลังปรับปรุงเวลาการปฏิบัติงาน 127.08 นาที ได้เวลาการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น 26.83 นาที สำหรับ

ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายก่อนปรับปรุงมี 9 ขั้นตอน ภายหลังปรับปรุงลดลง 4 ขั้นตอน เวลาการเคลื่อนย้ายก่อนปรับปรุง 12.62 นาที ภายหลังปรับปรุงเวลาการเคลื่อนย้าย 9.52 นาที ลดลง 3.10 นาที แต่อย่างไรก็ตาม จากการปรับปรุงระบบการทำงานได้เพิ่มการรอคอย 1 ขั้นตอน แต่เวลาการรอคอย

ลดลงถึง 60.23 นาทีเช่นกัน

สรุปได้ว่าเมื่อมีการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานจะทำให้เวลาในการทำงานของปั้มน้ำบาดาลเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเคลื่อนย้าย การรอคอย และการตรวจสอบลดเวลาลงทั้งหมด

ตารางที่ 6 แผนภูมิการเคลื่อนที่ระบบสูบน้ำบาดาลหลังปรับปรุง

แผนภูมิการเคลื่อนที่ : ☐ คน ☐ วัสดุ ☒ เครื่องจักร							
แผนภูมิหมายเลข 1	สรุปผล						
สถานที่ : โรงพยาบาลพ่อท่านคล้ายวาจาสิทธิ์	สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง	เพิ่มขึ้น	
กรรมวิธี : ระบบสูบน้ำบาดาล	การปฏิบัติงาน	○	12	10	2	0	
☐ วิธีปัจจุบัน ☒ วิธีเสนอ	การเคลื่อนย้าย	⇒	9	5	4	0	
ตำแหน่งที่ตั้ง : 199 หมู่ที่ 10 ตำบลหลักช้าง อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80250	การรอคอย	D	3	4	0	1	
	การตรวจสอบ	□	1	1	0	0	
	การเก็บรักษา	▽	0	0	0	0	
	ระยะทาง (เมตร)	300					
ผู้บันทึก : ณัฐภัทร เพชรฤทธิ์	เวลา (นาที)	256.96					
รายการ	ระยะทาง	เวลา	สัญลักษณ์				
	เมตร	นาที	○	⇒	D	□	▽
1. ห้องปฏิบัติงาน	0.00	0.00	●				
2. เจ้าหน้าที่เดินมาเปิดระบบปั้มน้ำบาดาล	150.00	1.25		●			
3. เปิดระบบปั้มน้ำระบบอัตโนมัติ		0.02	●				
4. ลูกคอยตรวจระดับน้ำภายในถัง		0.02	●				
5. ปั้มน้ำบาดาลทำงาน		0.02	●				
6. ตรวจสอบการทำงานของปั้มน้ำบาดาล		0.02				●	
7. เจ้าหน้าที่เดินกลับไปยังห้องปฏิบัติงาน	150.00	1.25		●			
8. น้ำไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ		2.00		●			
9. เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำตรวจจบการไหลของน้ำ		2.01	●				
10. ปั้มน้ำบาดาลทำงาน		0.01	●				
11. เครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติสั่งปั้มทำงาน 1 ชั่วโมง		60.00	●				

ตารางที่ 6 แผนภูมิการเคลื่อนที่ระบบสูบน้ำบาดาลหลังปรับปรุง (ต่อ)

แผนภูมิการเคลื่อนที่ : ☐ คน ☐ วัสดุ ☒ เครื่องจักร							
แผนภูมิตามเลข 1	สรุปผล						
สถานที่ : โรงพยาบาลพ่อท่านคล้ายวาจาสิทธิ์	สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง	เพิ่มขึ้น	
กรรมวิธี : ระบบสูบน้ำบาดาล	การปฏิบัติงาน	○	12	10	2	0	
☐ วิธีปัจจุบัน ☒ วิธีเสนอ	การเคลื่อนย้าย	⇒	9	5	4	0	
ตำแหน่งที่ตั้ง : 199 หมู่ที่ 10 ตำบลหลักช้าง อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80250	การรอกคอย	⊖	3	4	0	1	
	การตรวจสอบ	□	1	1	0	0	
	การเก็บรักษา	▽	0	0	0	0	
	ระยะทาง (เมตร)	300					
ผู้บันทึก : ณัฐภัทร เพชรฤทธิ์	เวลา (นาฬิกา)	256.96					
รายการ	ระยะทาง	เวลา	สัญลักษณ์				
	เมตร	นาฬิกา	○	⇒	⊖	□	▽
12. เครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า อัตโนมัติรีเลย์สั่งปั๊มสูบน้ำบาดาลหยุดทำงาน		0.02			●		
13. ปั๊มสูบน้ำบาดาลหยุดทำงาน 2 ชั่วโมง		120.00			●		
14. รอระดับน้ำในถังบรรจุมีมากกว่าครึ่ง		0.02			●		
15. สูบน้ำออกจากถังบรรจุไปถังบรรจุหลัก		60.00	●				
16. เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำตรวจจับน้ำ ไหลผ่าน		4.00	●				
17. มีน้ำผ่านส่งต่อไปยังระบบกรองน้ำ		0.02		●			
18. ทำการกรองน้ำ		1.00	●				
19. ส่งน้ำไปยังถังบรรจุหลัก		5.00		●			
20. ไม่มีน้ำไหลผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ ภายใน 30 วินาที ปั๊มน้ำหยุดทำงาน 1 ชั่วโมง		0.30			●		

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานของระบบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

สัญลักษณ์	ความหมาย	กระบวนการทำงาน					
		ก่อนปรับปรุง (ขั้นตอน)	หลังปรับปรุง (ขั้นตอน)	จำนวน (ขั้นตอน)	เวลาก่อนปรับปรุง (นาฬิกา)	เวลาหลังปรับปรุง (นาฬิกา)	เวลา (นาฬิกา)
○	การปฏิบัติงาน	12	10	-2	100.26	127.08	+26.82
⇒	การเคลื่อนย้าย	9	5	-4	12.62	9.52	-3.10
⊖	การรอกคอย	3	4	+1	180.57	120.34	-60.23
□	การตรวจสอบ	1	1	0	2.00	0.02	-1.98

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานของระบบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	กระบวนการทำงาน					
		ก่อนปรับปรุง (ขั้นตอน)	หลังปรับปรุง (ขั้นตอน)	จำนวน (ขั้นตอน)	เวลาก่อนปรับปรุง (นาที)	เวลาหลังปรับปรุง (นาที)	เวลา (นาที)
▽	การเก็บรักษา	0	0	0	0	0	0
เวลารวม					295.45	256.95	-38.5

5.4. ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ผลค่าใช้จ่ายไฟฟ้าที่ใช้งานเครื่องสูบน้ำบาดาล ใช้อัตราค่าไฟฟ้าอ้างอิงจากการคิดค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย โดยชั่วโมงการทำงานของปั๊มสูบน้ำที่ทำงานจากการออกแบบการทดลอง ก่อนปรับปรุงระบบรวมทั้ง 30.50 ชั่วโมง ใช้ปั๊มสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า กำลัง 1,491.4 วัตต์ ได้จำนวนการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 45.4877 หน่วยเมื่อ (หน่วยที่ 1–150 หน่วยละ 3.62 บาท) แทนค่าจากค่าไฟฟ้าพื้นฐานบวกค่าไฟฟ้าแปรผันบวกภาษีมูลค่าเพิ่มเป็นเงินค่าไฟฟ้าเท่ากับ 177.18 บาท สำหรับภายหลังการปรับปรุงระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลเวลาทำงานรวม 11.50 ชั่วโมง คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเท่ากับ 67.43 บาท สรุปได้ว่าเวลาในการทำงานของเครื่องสูบน้ำบาดาลลดลง 19 ชั่วโมง คิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าเท่ากับ 109.75 บาท หรือ 5.78 บาทต่อชั่วโมง สอดคล้องกับงานวิจัย [7] สามารถลดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าได้

ผลค่าใช้จ่ายน้ำประปาที่ใช้งานเครื่องสูบน้ำบาดาล ใช้อัตราค่าน้ำประปาอ้างอิงจากการคิดค่าน้ำประปาส่วนภูมิภาค โดย (ปริมาณน้ำที่ใช้ × ราคาต่อหน่วยเท่ากับ 6 บาท) + ค่าบริการเท่ากับ 25 บาท + ภาษี 7 % จากปั๊มสูบน้ำที่ทำงานจากการออกแบบการทดลอง ก่อนปรับปรุงระบบรวมทั้ง 30.50 ชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ได้ 15.19 ลูกบาศก์เมตร ค่าใช้น้ำประปาเท่ากับ 286.80 บาท สำหรับภายหลังการปรับปรุงระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลเวลาทำงานรวม 11.50 ชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ได้ 16.11 ลูกบาศก์เมตร ค่าใช้น้ำประปาเท่ากับ 302.55 บาท สรุปได้ว่าเมื่อปริมาณน้ำจากเครื่องสูบน้ำบาดาลได้เพิ่มขึ้น 0.92 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเงินค่าน้ำประปาเท่ากับ 15.75 บาทหรือ 17.12 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้น

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของปั๊มบาดาลทำให้ลดเวลาการทำงานและปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น

6. สรุป

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบสูบน้ำบาดาลด้วยวิธีการ DMAIC กรณีศึกษา โรงพยาบาลพ้อท่านคล้ายวาจาสิทธิ์ อำเภอบาง จังหวัด นครศรีธรรมราช นั้นสามารถสรุปได้ประเด็นสำคัญ คือ สามารถเพิ่มผลผลิตภาพให้การทำงานของระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลได้ด้วยการติดตั้งเครื่องตั้งเวลา เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยการลดเวลาของขั้นตอนการทำงานจาก 295.45 นาที เป็น 256.95 นาที สามารถลดลงเท่ากับ 38.5 นาที สำหรับผลจากการออกแบบการทดลองก่อนปรับปรุง ปั๊มสูบน้ำบาดาลทำงาน 30.50 ชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ได้ 15.19 ลูกบาศก์เมตร และภายหลังการปรับปรุงระบบปั๊มสูบน้ำบาดาลเวลาทำงานรวม 11.50 ชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ได้ 16.11 ลูกบาศก์เมตร สามารถลดเวลาของระบบได้ 19 ชั่วโมง และเพิ่มปริมาณน้ำบาดาลขึ้น 0.92 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ ส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายได้ทั้งค่าไฟฟ้าและค่าน้ำประปาได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวฉนิชนันท์ สระทอง ตำแหน่งเจ้าพนักงานพัสดุชำนาญงาน และบุคลากร โรงพยาบาลพ้อท่านคล้ายวาจาสิทธิ์ทุกท่าน ที่ได้สนับสนุนช่วยเหลือทางด้านเครื่องมือ สถานที่ และข้อมูลต่าง ๆ แก่ผู้ช่วยวิจัย ขอขอบคุณ นายณัฐภัทร เพชรฤทธิ์ นายศรัณย์ ชูชื่น นายภักพล ราชทองเลิศ นายกณินทร์ ตัวตั้ง และนายจิรวัฒน์ ชัยศรี ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล และขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุต-

สหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนด้านวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Wide Fund for Nature. “Freshwater.” WWF.or.th.https://www.wwf.or.th/_our_work_th/freshwater_th/ (accessed: Apr. 15, 2022).
- [2] Department of Groundwater Resource. “Groundwater.” dgr.go.th. <http://www.dgr.go.th/th/intro> (accessed: Apr. 15, 2022).
- [3] S. Sornnarindra and S. Sukto, “Reduction of Sewing Thread Stock by DMAIC Concept in Garment Industry,” in *Proc. Industrial Engineering Network Conference 2018*, Ubonratchathani, Thailand, Jul. 23–26, pp. 47–52.
- [4] C. Nakvachiratrakul, K. Pipatpanyanukul, R. Sukhasem and M. Chankham, “Implementing the DMAIC for defect reduction in the aircraft parts manufacturing,” in *Proc. Industry Engineering Network Conference 2018*, Ubonratchathani, Thailand, Jul. 23–26, pp. 227–231.
- [5] K. Wangkhahad and N. Kuptasthien, “Defect reduction in gear production: a case study of motor component manufacturing,” *Journal of Engineering, RMUTT*, vol 2, no. 2, pp. 29–41, 2014.
- [6] P. Panumpai and D. Thawesaengskulthai, “Defect reduction for evaporator product in automotive industry using six sigma approach DMAIC,” *Research and Development Journal*, vol 22, no. 2, pp. 56–64, 2011.
- [7] S. Chitphutthanakul, K. Chantasit, K. Muisee and N. Pongthong, “Solar energy borehole pumps for self-reliance in Anubankohkood school, Trat province,” *Rajabhat Rambhai Barni Research Journal*, vol 13, no. 2, pp. 5–16, 2019.
- [8] R. D. Bothe, “Statistical reason for the 1.5 σ Shift,” *Quality Engineering*, vol. 14, no. 3, pp. 479–487, 2002, doi:10.1081/QEN-120001884
- [9] K. Ploypanichcharoen, “Graph methods for presentation,” in *Statistics for Engineering Book 1*, 10th ed., Bangkok, Thailand: Technology Promotion Association (Thai-Japan), 2011, ch. 4, sec. 4.4, pp. 51–100.
- [10] K. Pipatpanyanugoon, “Process analysis and method of works,” in *Work Study*, 2nd ed., Bangkok, Thailand: Metri Publishing House, 1992, ch. 5, sec. 5.2, pp. 55–93.
- [11] P. Saenpakdee, “Fish Bone Diagram & Mind Map®.” prachasan.com. <http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm>. (accessed: Aug. 18, 2022)