การพัฒนาโมเดลเพื่อเป็นเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหาน้ำเค็ม ของการประปานครหลวง [กรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา]

MWA. Model Development toward more Efficient Salt Water Management [The Case Study of Chao Phraya River Basin]

สมศักดิ์ ปัสนานนท์[1] พลเดช ทองขุนดำ[2] นิพนธ์ ลีลารุจิ[3] ภานุวัตร กลิ่นบุบผา[3] อภิโชค เลิศล้ำ[4] อรภา ปรีชาวาท[4]

Somsak Passananon[1] Phondej Thongkhundam[2] Nipon Leelaruji[3] Panuwat Klinbubpha[3] Apichoke Lertlum[4] Orapa Prechawat[4]

ฝ่ายทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อม การประปานครหลวง (กปน.)

Water Resource and Environment Department, Metropolitan Waterworks Authority (MWA.)

Email : somsak_pas@yahoo.com

ผู้อำนวยการฝ่ายทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อม[1] ผู้อำนวยการกองทรัพยากรน้ำ[2] หัวหน้าส่วน[3] วิศวกร[4]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาภัยแล้งในประเทศไทยทวีความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้น้ำกักเก็บในเขื่อนหลักมีปริมาณน้อยลง โดยเฉพาะเขื่อนฝั่งลุ่มน้ำเจ้าพระยา ทำให้บางครั้งไม่สามารถระบายน้ำให้เพียงพอต่อการผลักดันน้ำเค็ม ส่งผลให้น้ำเค็มรุกสูงถึงสถานีสูบน้ำดิบสำแล ของการประปานครหลวง (กปน.) ก่อให้เกิดปัญหาน้ำดิบที่ใช้สำหรับผลิตน้ำประปามีความเค็มสูงขึ้น ดังนั้น กปน. ในฐานะหน่วยงานจัดหาและให้บริการน้ำประปาที่ได้มาตรฐานเพื่อการอุปโภคบริโภค จำเป็นต้องแก้ไขปัญหาอย่างบูรณาการร่วมกับหน่วยงานบริหารจัดการน้ำของประเทศ แต่เนื่องจากปัญหาภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้ อีกทั้ง กปน. มีข้อจำกัดด้านแหล่งน้ำดิบที่มีเพียง 2 แหล่ง ซึ่งปัจจุบันไม่เชื่อมโยงถึงกันและมีความต้องการใช้น้ำดิบจากฝั่งลุ่มน้ำเจ้าพระยามากถึง 4.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ส่งผลให้ไม่สามารถหาแหล่งน้ำดิบใหม่ทดแทนได้ นอกจากนี้ระบบผลิตน้ำประปาของ กปน. ได้รับการออกแบบตามมาตรฐานสำหรับรองรับน้ำดิบผิวดินที่เป็นน้ำจืด จึงไม่สามารถกำจัดค่าความเค็มได้ ทำให้การแก้ไขปัญหาที่ผ่านมายังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ส่งผลกระทบให้ในบางช่วงเวลาคุณภาพน้ำประปาไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำจำนวนมาก และสร้างความเสียหายต่อภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

ดังนั้น กปน. จึงได้พัฒนาเครื่องมือและวิธีการเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเค็มกรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น สามารถลดผลกระทบลงได้มากกว่าที่ผ่านมา ซึ่งการพัฒนาเครื่องมือจำเป็นต้องบูรณาการข้อมูลหลายด้านทั้งข้อมูลย้อนหลังและข้อมูลปัจจุบันจากทั้งภายในและภายนอกองค์กร เช่น ข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดปริมาณและคุณภาพน้ำที่ติดตั้งในแหล่งน้ำดิบ เพื่อจัดทำเป็นแบบจำลองคาดการณ์ค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาแบบอัตโนมัติล่วงหน้า 1-3 วัน โดยใช้เครื่องมือ LSTM (Long short-term memory) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจสูงประมาณ 0.94 เพื่อเป็นเครื่องมือใช้ในการวางแผนบริหารจัดการสูบน้ำดิบที่มีค่าความเค็มเหมาะสมเข้าสู่คลองประปา (กปน. กำหนดเกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 0.25 กรัมต่อลิตร) ซึ่งสามารถลดจำนวนชั่วโมงที่น้ำดิบมีค่าความเค็มเกินเกณฑ์มาตรฐานในช่วง

เดือนมีนาคม พ.ศ.2563 จาก 172 ชั่วโมง เหลือเพียง 72 ชั่วโมง หรือคิดเป็นลดลงร้อยละ 58 และโรงงานผลิตน้ำจะต้องปรับอัตราการผลิตน้ำประปาให้เหมาะสมกับอัตราการสูบน้ำดิบของสถานีสูบน้ำดิบสำแลโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำ นอกจากนี้เครื่องมือดังกล่าวยังสามารถใช้กำหนดเวลาและวางแผนผลักดันน้ำเค็มให้ลงห่างจากสถานีสูบน้ำดิบสำแลได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเรียกว่าปฏิบัติการ Water Hammer Flow Operation in Chao Praya River ซึ่งดำเนินการร่วมกับกรมชลประทาน โดยใช้มวลน้ำก้อนใหญ่ปะทะลิ่มความเค็มที่รุกสูงขึ้นมา โดยเพิ่มการระบายน้ำ/ผันน้ำและเปิดประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์ในช่วงเวลาน้ำลง (ปิดช่วงน้ำขึ้น) พร้อมกับ กปน.หยุดสูบน้ำดิบเข้าในคลองประปา และปรับเพิ่ม/ลดกำลังการผลิตน้ำประปาให้เหมาะสม ซึ่งเครื่องมือและวิธีการดังกล่าวทำให้การแก้ไขปัญหาน้ำเค็มมีประสิทธิภาพสูงขึ้นและลดผลกระทบลงได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: กปน., การแก้ไขปัญหาน้ำเค็ม, แบบจำลองคาดการณ์ความเค็มแบบอัตโนมัติ LSTM, ปฏิบัติการ Water Hammer

ABSTRACT

Currently, drought and estuary saltwater in river basins cause more crisis in Thailand, resulting in more discharge from upstream reservoirs to manage such problems. Sometimes drainage water from the dams of Chao Phraya River basin are not enough to push seawater causing saltwater intrusion to Sam Lae raw water pumping station. Thus, the seawater contamination in raw water leads to increasing salinity of water supply. The Metropolitan Waterworks Authority (MWA) is responsible for the supply and service of standard tap water for consumption, and therefore MWA has to solve this problem together with water managing organizations. However, the drought crisis is a natural disaster which cannot be controlled. Furthermore, MWA possesses only 2 raw water sources which are disconnected. Also, the water use demand from Chao Phraya River basin is highly up to 4.6 million cubic meters per day and MWA cannot find new raw water source. Besides, the water treatment plants of MWA were designed as conventional water treatment processes for surface water that is freshwater. Therefore, the water treatment plants cannot remove salinity from raw water; so, this solution was not effective enough. As a result, in certain times, the tap water quality is not up to the specified standards. Which may have an effect on the health of many water users and causing

damage to the industrial sector and the overall economy of the country.

As a result, MWA develops a tool and methods to solve the saltwater problem (the case study of Chao Phraya River Basin) that is more efficient and can reduce the impact more than before. The development of tools requires integration of various data, both past and present, from both inside and outside the organization, such as data from numerous water quality and quantity analysis equipment installed in raw water sources, in order to create an automatic salinity prediction model in the Chao Phraya River 1-3 day in advance using LSTM (Long Short-Term Memory) tool. This could predict approximately 0.94 of R-squared and be a tool for planning and pumping raw water at an appropriate salinity level into raw water canal (MWA. standard not more than 0.25 grams per liter), which can reduce the number of raw water hours that are over-standard salinity in March 2020 from 172 hours to 72 hours or representing a decrease of approximately 58 percent and adjust the water production rate to suit the raw water pumping rate at the raw water pumping station that will not have impact for customer. The aforementioned tool can be used to schedule and plan to effectively push the seawater away from the raw water pumping station by coordinating with the Royal Irrigation Department (RID). This is called the “Water Hammer Flow Operation in the Chao Praya River”, letting large masses of water repel the high salinity wedge. Which proceeded together; RID increases water drainage/water diversion and opens the Khlong Lat Pho floodgate during low tide (closed during high tide) while MWA stops pumping raw water into raw water canal and adjust the water production rate to suit the raw water pumping rate. The mentioned tool and method can solve saltwater intrusion problem more effectively and concretely.

KEY WORDS: MWA., salt water solution, LSTM automatic salinity prediction model, Water Hammer Flow Operation

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาภัยแล้งในประเทศไทยทวีความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงต้นปี พ.ศ.2563 ที่ผ่านมา กรมอุตุนิยมวิทยาประกาศเตือนภัยพื้นที่ที่มีฝนตกน้อยและมีโอกาสสูงที่จะเกิดภัยแล้ง ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ครอบคลุมพื้นที่ต้นน้ำ 4 เขื่อนหลักที่ กปน. ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา ซึ่งประกอบด้วย เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก เขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลก และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี เพื่อส่ง/จ่ายให้กับผู้ใช้น้ำฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยาในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปราการ โดยปัจจุบัน กปน. ต้องการใช้น้ำดิบจากฝั่งลุ่มน้ำเจ้าพระยามากถึงประมาณ 4.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ส่งผลให้ปริมาณน้ำในเขื่อนหลักไม่เพียงพอผลักดันน้ำเค็มในช่วงที่น้ำทะเลหนุนเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้ค่าความเค็มของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแลสูงเกินเกณฑ์เฝ้าระวัง 0.25 กรัมต่อลิตร ซึ่งหาก กปน. สูบน้ำดิบที่มีค่าความเค็มเกินเกณฑ์ที่กำหนดเข้าสู่คลองประปาจะส่งผลให้คุณภาพน้ำประปามีค่าความเค็มสูงเกินเกณฑ์ที่กำหนดตามไปด้วย เนื่องจากระบบผลิตน้ำประปาของ กปน. ได้รับการออกแบบตามมาตรฐานสำหรับรองรับน้ำดิบผิวดินที่เป็นน้ำจืด ดังนั้นจึงไม่สามารถกำจัดค่าความเค็มออกจากน้ำดิบได้ น้ำประปาที่มีค่าความเค็มเกินเกณฑ์ดังกล่าวจะถูกส่ง/จ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำจำนวนมาก และสร้างความเสียหายต่อภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศได้ ดังนั้น กปน. จึงได้พัฒนาเครื่องมือและวิธีการสำหรับกำหนดแนวทางการสูบน้ำดิบบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล เพื่อหลีกเลี่ยงการการสูบน้ำดิบที่มีค่าความเค็มสูงเกินเกณฑ์เฝ้าระวังเข้าสู่คลองประปา การใช้มวลน้ำก้อนใหญ่เพื่อผลักดันลิ่มความเค็มให้ลงห่างจากสถานีสูบน้ำดิบสำแล รวมถึงการควบคุมการเพิ่ม/ลดกำลังผลิตและจ่ายน้ำประปาให้สอดคล้องกับแผนบริหารจัดการการสูบน้ำดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการให้บริการน้ำประปากับผู้ใช้น้ำ ทำให้สามารถลดผลกระทบจากปัญหาที่เกิดจากภัยแล้งและคุณภาพน้ำดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเครื่องมือและวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำเค็มกรณีศึกษาลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น
2. เพื่อวางแผนบริหารจัดการสูบน้ำดิบที่มีค่าความเค็มเหมาะสมเข้าสู่คลองประปา
3. เพื่อวางแผนปรับอัตราการผลิตน้ำประปาให้เหมาะสมกับอัตราการสูบน้ำดิบที่สถานีสูบน้ำดิบสำแล
4. เพื่อวางแผนและกำหนดเวลาปฏิบัติการ Water Hammer Flow Operation ในแม่น้ำเจ้าพระยา

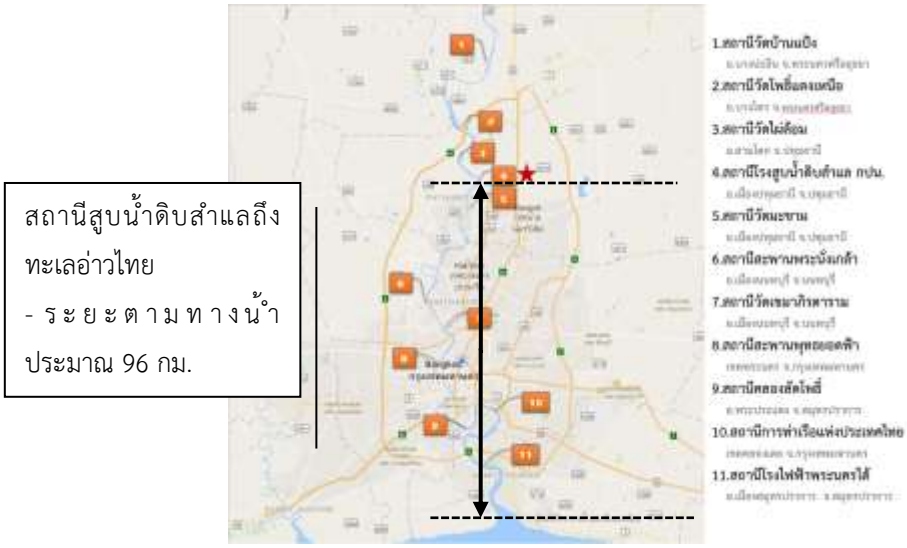
ระเบียบวิธี

กปน. ในฐานะหน่วยงานจัดหาและให้บริการน้ำประปาที่ได้มาตรฐานเพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยปัจจุบัน กปน. มีแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา 2 แหล่ง คือ

1. แหล่งน้ำดิบจากลุ่มน้ำเจ้าพระยา (ฝั่งตะวันออก) ซึ่งรับน้ำจากเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ โดย กปน.มีจุดรับน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้าสู่คลองประปาฝั่งตะวันออก บริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ซึ่งมีระยะทางห่างจากอ่าวไทยประมาณ 96 กิโลเมตร จากข้อมูลพบว่าแหล่งน้ำดิบจากลุ่มน้ำเจ้าพระยา ประสบปัญหาน้ำเค็มรุกสูงถึงสถานีสูบน้ำดิบ สำแลในช่วงที่เกิดวิกฤติภัยแล้ง เนื่องจากปริมาณน้ำใช้การในเขื่อนฝั่งลุ่มน้ำเจ้าพระยามีปริมาณน้อย ทำให้บางครั้งไม่สามารถระบายน้ำให้เพียงพอเพื่อผลักดันน้ำเค็มจากอ่าวไทย

2. แหล่งน้ำดิบจากลุ่มน้ำแม่กลอง (ฝั่งตะวันตก) ซึ่งรับน้ำจากเขื่อนวชิราลงกรณ์และเขื่อนศรีนครินทร์ โดย กปน.มีจุดรับน้ำดิบที่บริเวณเขื่อนแม่กลอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เข้าสู่คลองประปาฝั่งตะวันตก ซึ่งมีระยะทางห่างจากอ่าวไทยประมาณ 120 กิโลเมตร จากข้อมูลพบว่าแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตกไม่ประสบปัญหาน้ำเค็ม เนื่องจากจุดรับน้ำดิบอยู่เหนือเขื่อนแม่กลอง และส่วนใหญ่ปริมาณน้ำใช้การเพียงพอต่อการใช้งานทุกกิจกรรม

ปัจจุบันแหล่งน้ำดิบทั้งสองแหล่งไม่เชื่อมโยงถึงกัน ส่งผลให้ยังไม่สามารถผันน้ำจากลุ่มน้ำแม่กลอง เพื่อช่วยแก้ปัญหาวิกฤติน้ำเค็มของแหล่งน้ำดิบจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้ กปน.จึงติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบ สถานีตรวจวัดระดับน้ำ และสถานีตรวจวัดอัตราการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวน 11 สถานี ตั้งแต่บริเวณอำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยาไปจนถึงอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ (แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งสถานีตรวจวัดดังรูปที่ 1) เพื่อติดตามสถานการณ์น้ำและการเคลื่อนตัวของน้ำเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาแบบ Real Time ในช่วงฤดูแล้งที่น้ำเค็มรุกล้ำถึงสถานีสูบน้ำดิบสำแล ซึ่งปัจจุบัน กปน. ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดดังกล่าวในการบริหารจัดการการสูบน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้าสู่คลองประปาฝั่งตะวันออก เพื่อหลบเลี่ยงน้ำดิบที่มีค่าความเค็มสูงเข้าสู่คลองประปาฝั่งตะวันออก อันจะส่งผลให้คุณภาพน้ำประปาเป็นไปตามมาตรฐานและมีปริมาณเพียงพอสำหรับผลิตน้ำประปาตามความต้องการใช้น้ำ



รูปที่ 1 จุดติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบ ระดับน้ำ และอัตราการไหลในแม่น้ำเจ้าพระยา

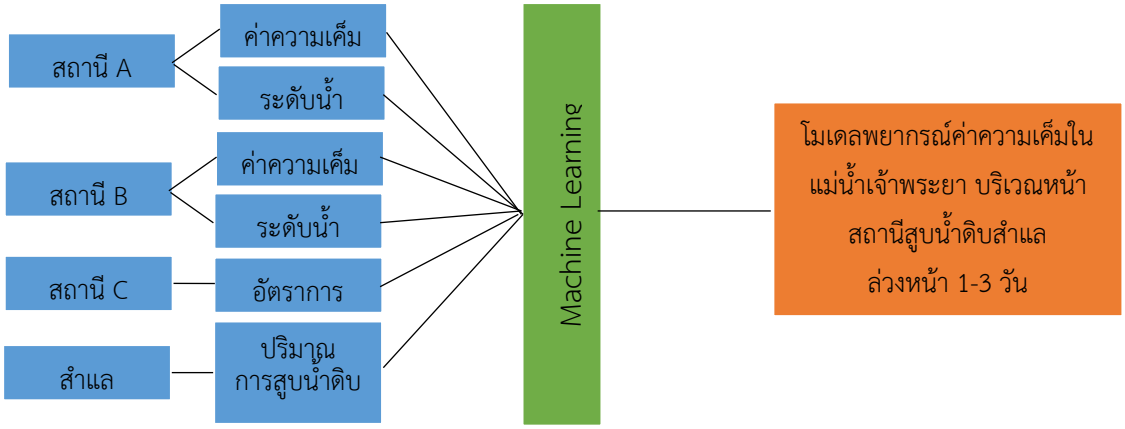
กปน. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสถานการณ์น้ำแบบ Real Time จากสถานีตรวจวัดคุณภาพ ระดับ และอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา พร้อมทั้งสอบถามกระบวนการตัดสินใจและวิธีการปฏิบัติงานในปัจจุบันจากผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังรวบรวมองค์ความรู้จากหน่วยงานภายนอก เช่น

1. การบริหารจัดการน้ำจากกรมชลประทาน
2. ระดับน้ำทำนายบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแลจากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ
3. พยากรณ์ค่าความเค็มล่วงหน้า “ระบบรักษ์น้ำ” จาก NECTEC [1] ที่ กปน. สนับสนุนข้อมูลจากสถานีตรวจวัดต่างๆ [2] ในแม่น้ำเจ้าพระยา

จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา คือระดับการขึ้นลงของน้ำตามช่วงเวลาต่างๆ การบริหารจัดการน้ำของกรมชลประทาน ปริมาณการสูบน้ำออกจากแม่น้ำเจ้าพระยา และ

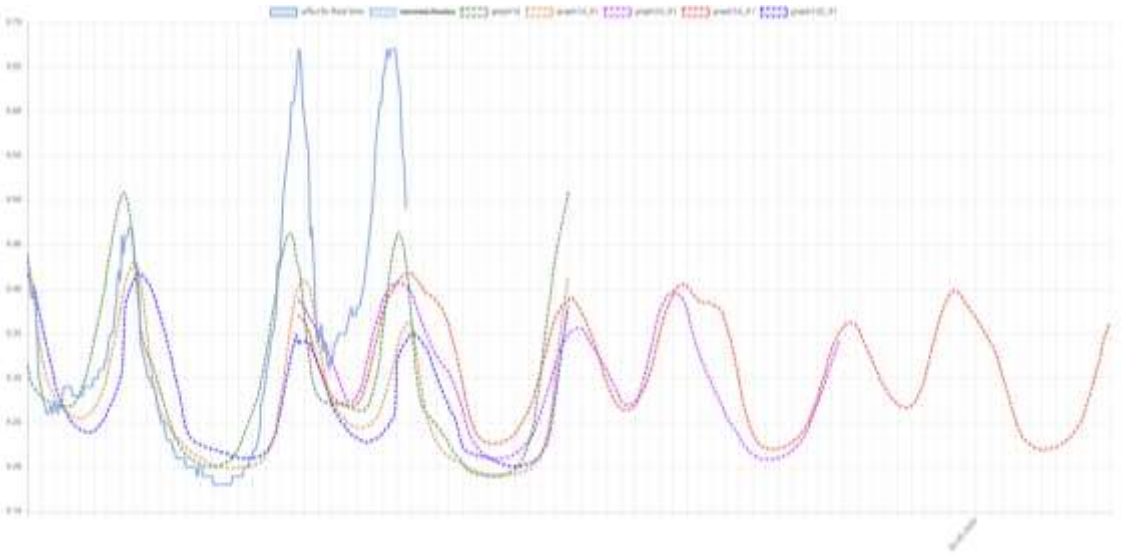
ระดับน้ำทะเลหนุนสูงจากปรากฏการณ์น้ำทะเลยกตัว (Surge) ซึ่งหากในช่วงเวลาที่ระดับน้ำทะเลหนุนสูงเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ในขณะที่การระบายน้ำจืดจากเขื่อนไม่เพียงพอที่จะผลักดันน้ำเค็มจะส่งผลให้ค่าความเค็มรุกเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาสูงถึงบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแล และถูกสูบเข้าสู่คลองประปาฝั่งตะวันออกเพื่อลำเลียงไปยังโรงงานผลิตน้ำบางเขน โรงงานผลิตน้ำธนบุรี และโรงงานผลิตน้ำสามเสน ตามลำดับ ซึ่งหากน้ำดิบที่สูบเข้าสู่คลองประปามีความเค็มเกินเกณฑ์มาตรฐานจะส่งผลให้น้ำประปามีค่าความเค็มเกินเกณฑ์ตามไปด้วย เนื่องจากระบบผลิตน้ำประปาของ กปน. ได้รับการออกแบบตามมาตรฐานสำหรับรองรับน้ำดิบผิวดินที่เป็นน้ำจืด จึงไม่สามารถกำจัดค่าความเค็มได้

กปน. พัฒนาเครื่องมือที่ช่วยกำหนดช่วงเวลาบริหารจัดการการสูบน้ำดิบ ซึ่งใช้หลักการคาดการณ์ช่วงเวลาที่น้ำเค็มจะมาถึงหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล และกำหนดช่วงเวลาบริหารจัดการการสูบน้ำดิบ โดยนำข้อมูลด้านคุณภาพน้ำ ระดับน้ำ และอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาจากสถานีตรวจวัดต่างๆของ กปน. และข้อมูลการบริหารจัดการน้ำของกรมชลประทาน เพื่อดำเนินการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล ด้วยวิธีการ Machine Learning เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล ล่วงหน้า 1 – 3 วัน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วิธีการ Machine Learning เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ค่าความเค็ม

กปน. ดำเนินการจัดทำแบบจำลองหลายรูปแบบเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ แบบจำลองเส้นกราฟสีเขียว ซึ่งมีค่า R-Squared = 0.94 แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบจำลองพยากรณ์ค่าความเค็มล่วงหน้า 1-3 วัน

ผลลัพธ์

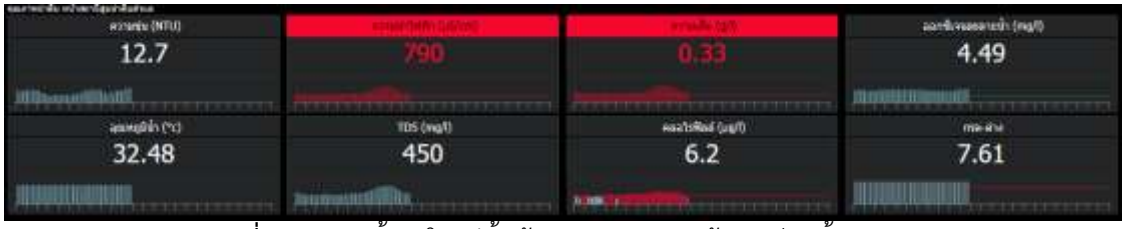
กปน. ได้จัดทำโมเดลคาดการณ์ค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล เพื่อใช้เป็นแนวทางการบริหารจัดการสูบน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยแสดงผลในรูปแบบเว็บไซต์ที่แสดงข้อมูลคาดการณ์ค่าความเค็ม และข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพ ระดับน้ำ และอัตราการสูบน้ำในรูปแบบตัวเลขและกราฟ (ดังรูปที่ 4) ซึ่งเว็บไซต์ดังกล่าว [3] สามารถแสดงข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย นอกจากนี้ทีมพัฒนาเว็บไซต์ออกแบบให้แสดงผลคล้ายกับระบบ SCADA ที่ผู้ปฏิบัติงานใช้งานอยู่เป็นประจำเพื่อให้เกิดความคุ้นเคยและสะดวก พร้อมทั้งเลือกใช้โทนสีเข้มเพื่อให้ผู้ใช้งานสบายตาและช่วยรักษาประสิทธิภาพการทำงานของจอภาพ เนื่องจากอาจมีความจำเป็นต้องใช้เว็บไซต์นี้บ่อยครั้ง นอกจากนี้ผู้บริหารยังสามารถใช้งานเว็บไซต์เพื่อติดตามสถานการณ์น้ำดิบได้อีกด้วย

รูปที่ 4 ตัวอย่างเว็บไซต์ “กราฟเพื่อสนับสนุนการสูบน้ำดิบสถานีสูบน้ำดิบสำแล”

อภิปรายผล

เว็บไซต์กราฟเพื่อสนับสนุนการสูบน้ำดิบสถานีสูบน้ำดิบสำแลสามารถแบ่งรายละเอียดของเว็บไซต์ ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล ประกอบด้วย ค่าความขุ่น ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความเค็ม ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าอุณหภูมิ ค่า Total Dissolved Solids (TDS) ค่าคลอโรฟิลล์ และค่าความเป็นกรดและด่าง แสดงดังรูปที่ 5



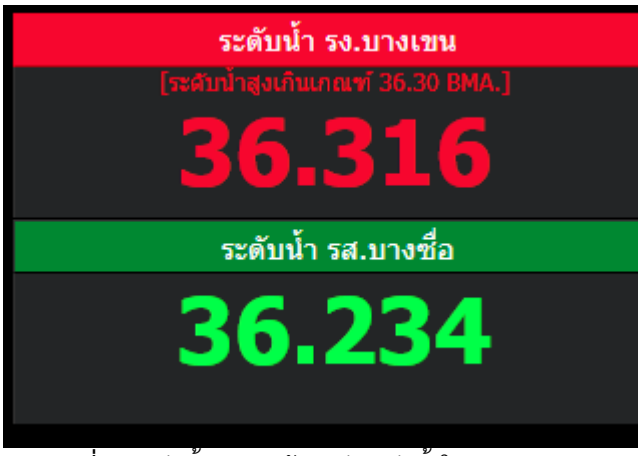
รูปที่ 5 คุณภาพน้ำดิบในแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล

ส่วนที่ 1 แสดงข้อมูลคุณภาพน้ำดิบที่อยู่หน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแลแบบ Real Time ซึ่งค่าคุณภาพน้ำที่แสดงในส่วนที่ 1 แต่ละค่ามีเกณฑ์ควบคุมที่แตกต่างกัน หากค่าคุณภาพน้ำต่างๆช่วงใดไม่เกินเกณฑ์ควบคุมจะแสดงเป็นกราฟแท่งสีฟ้า และหากช่วงใดเกินเกณฑ์ควบคุมจะแสดงเป็นกราฟแท่งสีแดงเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลและโรงงานผลิตน้ำสามารถติดตามคุณภาพน้ำที่กำลังสูบเข้าสู่คลองประปา และโรงงานผลิตน้ำสามารถเตรียมสารเคมีหรือปรับกระบวนการผลิต เพื่อแก้ไขสถานการณ์คุณภาพน้ำที่ต่ำกว่าเกณฑ์ควบคุมได้ทัน โดยระยะเวลาที่น้ำเดินทางจากสถานีสูบน้ำดิบ สำแลถึงโรงงานผลิตน้ำแห่งแรกคือโรงงานผลิตน้ำบางเขน ประมาณ 13 - 15 ชั่วโมง

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลระดับน้ำในคลองประปาบริเวณโรงงานผลิตน้ำบางเขนและสถานีสูบน้ำดิบบางซื่อ แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 6

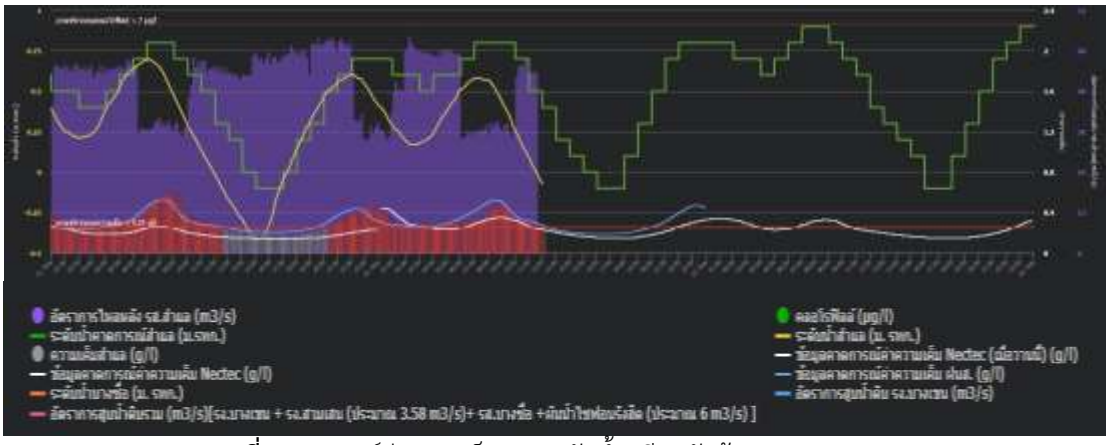
ส่วนที่ 2 แสดงข้อมูลระดับน้ำในจุดเฝ้าระวังของคลองประปา เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานของสถานีสูบน้ำดิบสำแลสามารถบริหารจัดการระดับน้ำในคลองประปาได้อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการตัดสินใจเพิ่มหรือลดการสูบน้ำดิบโดยไม่ทำให้คลองประปาและพื้นที่โดยรอบได้รับผลกระทบจากระดับน้ำในจุดเฝ้าระวัง ซึ่งหากระดับน้ำสูงเกินเกณฑ์น้ำอาจล้นออกจากคลองประปาเข้าท่วมที่พักอาศัยและถนนที่อยู่ริมคลองประปา และหากระดับน้ำต่ำเกินไปอาจทำให้ตลิ่งริมคลอง

พังทลายได้ เนื่องจากคลองประปาบางช่วงยังเป็นคลองดินที่มีอายุการใช้งานยาวนาน โดยการแสดงค่าระดับน้ำที่อยู่ในช่วงเกณฑ์ควบคุมเป็นตัวเลขสีเขียว และแสดงค่าระดับน้ำที่ไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ควบคุมเป็นตัวเลขสีแดง พร้อมระบุว่าระดับน้ำสูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติงานว่าควรเพิ่มหรือลดน้ำในคลองประปา หรือหากกรณีฉุกเฉินระดับน้ำสูงเกินเกณฑ์ปริมาณมากควรเร่งประสานงานระบายน้ำออกจากคลองอย่างรวดเร็ว



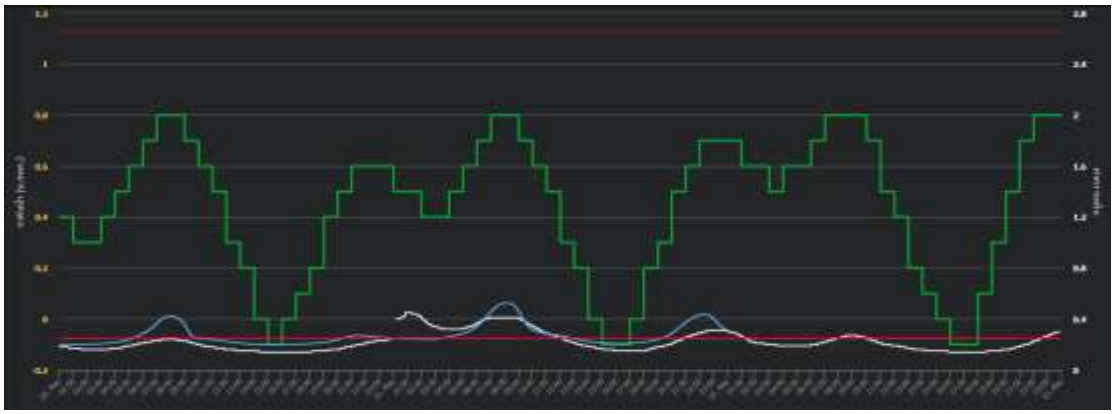
รูปที่ 6 ระดับน้ำ ณ จุดเฝ้าระวังระดับน้ำในคลองประปา

<u>ส่วนที่ 3</u> ข้อมูลพยากรณ์ค่าความเค็มและระดับน้ำเทียบกับข้อมูล Real Time แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 พยากรณ์ค่าความเค็มและระดับน้ำ เทียบกับข้อมูล Real Time

ส่วนที่ 3 แสดงข้อมูลพยากรณ์ค่าความเค็มและระดับน้ำ เทียบกับข้อมูล Real Time โดยกราฟดังกล่าวแสดงข้อมูลในระยะเวลา 3 วัน ซึ่งจะแสดงข้อมูลวันที่ผ่านมา(เมื่อวาน) วันนี้ และวันพรุ่งนี้ เพื่อให้ง่ายต่อการติดตามผล ตัดสินใจ และวางแผนการบริหารจัดการน้ำดิบในคลองประปา แต่หากต้องการทราบข้อมูลย้อนหลังจะสามารถกดเลือกวันที่ที่ต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมได้ ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลคาดการณ์ล่วงหน้าแสดงดังรูปที่ 8 และข้อมูล Real time แสดงดังรูปที่ 9



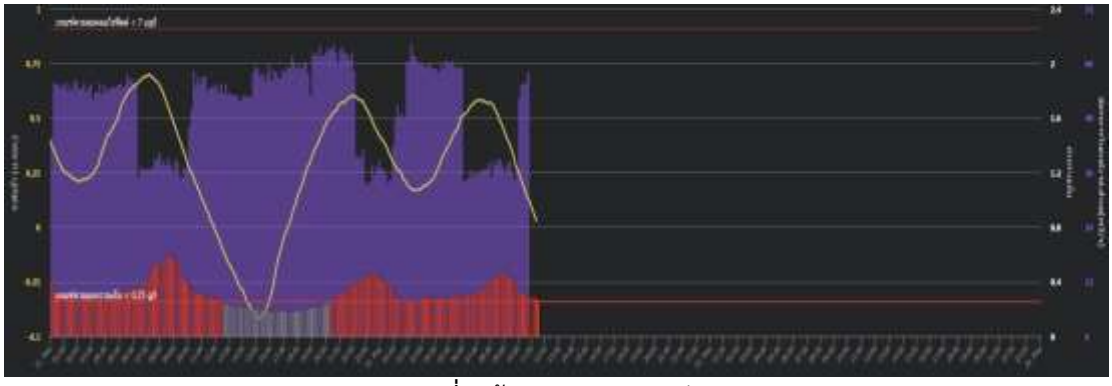
รูปที่ 8 คาดการณ์ค่าความเค็มและระดับน้ำ

กราฟเส้นสีเขียว แสดงผลการคาดการณ์ระดับน้ำ จากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ

กราฟเส้นสีขาว แสดงผลการคาดการณ์ค่าความเค็ม จากแบบจำลองของ NECTEC

กราฟเส้นสีฟ้า แสดงผลการคาดการณ์ค่าความเค็ม จากแบบจำลองของ กปน.

การแสดงผลการคาดการณ์ค่าความเค็มจาก 2 แบบจำลอง ประกอบด้วย ผลการคาดการณ์ค่าความเค็มจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) (กราฟเส้นสีขาว) และผลการคาดการณ์ค่าความเค็มจาก กปน. (กราฟเส้นสีฟ้า) ซึ่งผลการคาดการณ์จากทั้ง 2 แบบจำลองมีขั้นตอนการคาดการณ์และค่า Input ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลทำให้ค่าความเค็มที่พยากรณ์ได้ไม่เท่ากัน แต่มีแนวโน้มการขึ้นและลงของค่าความเค็มไปในทิศทางเดียวกัน และช่วงเวลาที่ค่าความเค็มขึ้นสูงใกล้เคียงกัน โดยกราฟเส้นสีขาวจะสามารถคาดการณ์ค่าความเค็มล่วงหน้าได้ 3 วัน ซึ่งนานกว่ากราฟเส้นสีฟ้าที่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้าจำนวน 1 วัน แต่จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงประมาณ 0.94 ซึ่งผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้กราฟเส้นสีฟ้าควบคู่ไปกับกราฟเส้นสีเขียว ซึ่งแสดงระดับน้ำทำนายมาประกอบการพิจารณาช่วงเวลาที่ค่าความเค็มขึ้นสูงสุดภายหลังระดับน้ำขึ้นสูงสุดประมาณ 2 ชั่วโมง โดยผู้ปฏิบัติงานสามารถกำหนดการลดอัตราการสูบน้ำดิบช่วงเวลาก่อนและหลังจุดที่น้ำเค็มขึ้นสูงสุด ช่วงละ 2 ชั่วโมง รวมเป็น 4 ชั่วโมง



รูปที่ 9 ข้อมูล Real Time ต่างๆ

กราฟพื้นที่สีม่วง แสดงอัตราการไหลน้ำดิบในคลองประปาบริเวณหลังสถานีสูบน้ำดิบสำแล (ตัวแทนอัตราการสูบน้ำดิบเข้าสู่คลองประปา)

กราฟเส้นสีเหลือง แสดงระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล

กราฟแท่ง แสดงค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล

กรณี ค่าความเค็มที่ตรวจวัดได้ต่ำกว่าเกณฑ์เฝ้าระวัง 0.25 กรัมต่อลิตร กราฟแท่งจะแสดงเป็นสีเทา

กรณี ค่าความเค็มที่ตรวจวัดได้สูงกว่าเกณฑ์เฝ้าระวัง 0.25 กรัมต่อลิตร กราฟแท่งจะแสดงเป็นสีแดง

การแสดงข้อมูล Real Time ที่ใช้ติดตามผลการบริหารจัดการการสูบน้ำดิบของสถานีสูบน้ำดิบสำแล เพื่อประเมินและวางแผนการกำหนดช่วงเวลาเพิ่มหรือลดอัตราการสูบน้ำดิบ อีกทั้งยังเป็นข้อมูลให้โรงงานผลิตน้ำปรับอัตราการใช้น้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำในคลองประปา เช่น เมื่อสถานีสูบน้ำดิบสำแลลดการสูบน้ำดิบเข้าสู่คลองประปาเพื่อหลบเลี่ยงน้ำเค็ม (กราฟพื้นที่สีม่วงจะปรับลงอย่างชัดเจน) โรงงานผลิตน้ำจะเริ่มปรับลดอัตราการสูบน้ำเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปาลง เพื่อช่วยรักษาระดับน้ำในคลองประปาให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และควบคุมปริมาณน้ำดิบสำรองในคลองประปาให้เพียงพอสำหรับการผลิตน้ำประปา ซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาการลดอัตราการสูบน้ำดิบให้นานขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์และติดตามสถานการณ์น้ำกรณีที่น้ำเค็มเข้าสู่คลองประปา เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้น้ำล่วงหน้าได้

บทสรุป

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแนะนำการบริหารจัดการระบบสูบน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแลเข้าสู่คลองประปาฝั่งตะวันออก ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 10 ดังนี้

รูปที่ 10 การบริหารจัดการน้ำดิบในคลองประปาฝั่งตะวันออก

ขั้นตอนที่ 1 การเพิ่มอัตราการสูบน้ำดิบ เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำกักเก็บสำรองในคลองประปาไว้ล่วงหน้าก่อนที่ค่าความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแลจะขึ้นสูงสุด เนื่องจากในช่วงที่ลดการสูบน้ำดิบกระบวนการผลิตน้ำประปาจะยังคงดำเนินต่อไปเพื่อให้มีน้ำประปาเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำตลอดเวลา

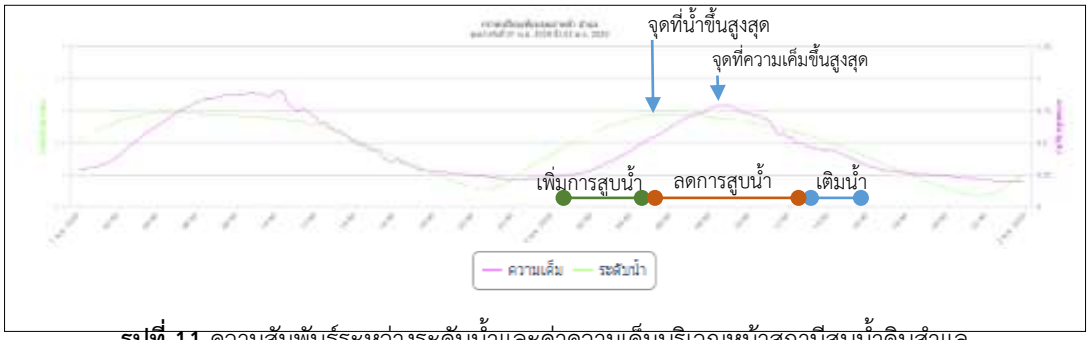
ขั้นตอนที่ 2 การลดอัตราการสูบน้ำดิบช่วงที่ค่าความเค็มสูงสุด ซึ่งสามารถลดอัตราการสูบน้ำดิบได้สูงสุด 4 ชั่วโมง เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องปริมาณน้ำดิบที่สามารถกักเก็บล่วงหน้าเพื่อสำรองไว้ใช้ และระดับน้ำในคลองประปาที่ยังไม่สามารถใช้งานได้สูงหรือต่ำมากเกินเกณฑ์ที่กำหนดในเวลานี้ได้

ขั้นตอนที่ 3 การเพิ่ม (เติม) อัตราการสูบน้ำดิบเมื่อค่าความเค็มของน้ำในคลองประปาผ่านจุดสูงสุดและมีแนวโน้มลดลง เพื่อชดเชยปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปในช่วงที่ลดอัตราการสูบ

ขั้นตอนที่ 4 การเลี้ยงอัตราการสูบน้ำดิบให้สอดคล้องกับปริมาณการผลิตรวมของโรงงานผลิตน้ำ

จากการศึกษาข้อมูลค่าความเค็มและระดับน้ำย้อนหลังภายในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล พบว่าเมื่อเวลาที่ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาขึ้นสูงสุด อีกประมาณ 2 ชั่วโมงต่อมา ค่าความเค็มบริเวณดังกล่าวจะขึ้นสูงสุดตามไปด้วย ซึ่งสามารถบริหารจัดการการสูบน้ำดิบเข้าคลองประปาได้ดังรูปที่ 11 ดังนี้

- ช่วงเวลาที่เหมาะสมการเพิ่มการสูบน้ำดิบ คือ ก่อนระดับน้ำจะขึ้นสูงสุด
- ช่วงเวลาที่เหมาะสมการลดการสูบน้ำดิบ คือ ช่วงที่น้ำขึ้นสูงสุด



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและค่าความเค็มบริเวณหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลผลการใช้งานเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหาน้ำเค็มของ กปน. พบว่าในเดือนมีนาคม พ.ศ.2563 มีช่วงเวลาที่ค่าความเค็มของน้ำดิบในแม่น้ำเจ้าพระยาสูงเกิน 0.25 กรัมต่อลิตร จำนวน 172 ชั่วโมง แต่ช่วงเวลาที่ค่าความเค็มของน้ำดิบในคลองประปาสูงเกิน 0.25 กรัมต่อลิตร จำนวน 72 ชั่วโมง นั่นหมายถึงการปฏิบัติการดังกล่าวสามารถลดจำนวนชั่วโมงที่น้ำดิบมีค่าความเค็มสูงเกินเกณฑ์ 100 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 58 ส่งผลให้น้ำประปามีค่าความเค็มเกินเกณฑ์ลดลงตามไปด้วย

ผู้ที่ได้รับประโยชน์ คือ กลุ่มผู้ใช้น้ำฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งรับน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวนรวมทั้งสิ้น 1.59 ล้านราย (จำนวนมิเตอร์น้ำ) คิดเป็นจำนวนคนประมาณ 7-8 ล้านคน โดยประเภทผู้ใช้น้ำที่ได้รับผลกระทบมาก ได้แก่

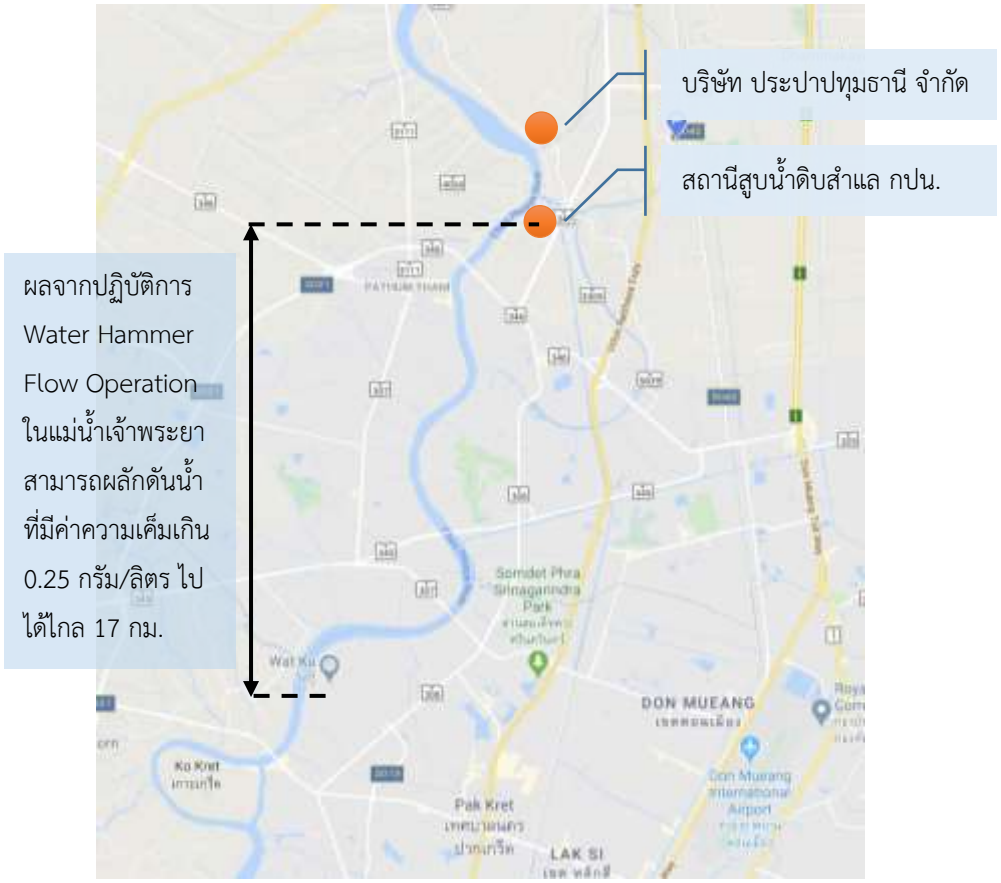
- ประเภทที่อยู่อาศัย จำนวน 1.29 ล้านราย
- ประเภทอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องหนัง จำนวน 262 ราย
- ประเภทโรงงานผลิตน้ำแข็ง อาหารและเครื่องดื่ม และน้ำดื่มบรรจุขวด จำนวน 201 ราย
- ประเภทโรงแรม จำนวน 782 ราย

หากผู้ใช้น้ำประเภทที่อยู่อาศัยต้องการแก้ไขปัญหาน้ำที่มีค่าเค็มสูงเกินเกณฑ์สามารถติดตั้งเครื่องกรองน้ำแบบ Reverse Osmosis (RO) ที่ราคาเริ่มต้นประมาณ 3,000 บาท (ราคาขึ้นอยู่กับขนาด รุ่น และยี่ห้อ) สำหรับผู้ใช้น้ำประเภทที่ต้องใช้น้ำปริมาณมาก เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องหนัง โรงงานผลิตน้ำแข็ง อาหารและเครื่องดื่ม น้ำดื่มบรรจุขวด และโรงแรม เป็นต้น สามารถติดตั้งระบบกรองน้ำแบบ RO ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

นอกจากนี้จากเครื่องมือดังกล่าวนี้ทำให้สามารถกำหนดวิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาความเค็มสูงและกระทบต่อคุณภาพน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของ กปน. โดยการผลักดันลิ่มความเค็มให้ลงห่างจากสถานีสูบน้ำดิบสำแลได้มากขึ้น เรียกว่าปฏิบัติการ **Water Hammer Flow Operation** ในแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นการดำเนินงานร่วมกันกับกรมชลประทาน เริ่มปฏิบัติการดังกล่าวตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2562 จนถึงปัจจุบัน จำนวน 11 ครั้ง โดยใช้มวลน้ำก้อนใหญ่ปะทะลิ่มความเค็มที่รุกสูงขึ้นมาให้ถอยลงสู่อ่าวไทย ซึ่งกรมชลประทานจะเพิ่มการระบายน้ำจากเขื่อนต่างๆทางตอนบนของแม่น้ำเจ้าพระยาและเปิดประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์ตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงเวลาน้ำลงเพื่อเร่งการลงของน้ำให้เร็วขึ้นและทำการปิดประตูดังกล่าวในช่วงเวลาน้ำขึ้นเพื่อชลอเวลาให้น้ำขึ้นช้าลง โดย กปน. จะหยุดสูบน้ำดิบเข้าสู่คลองประปา เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อให้เหลือมวลน้ำก้อนใหญ่สามารถผลักดันลิ่มความเค็มให้ลงต่ำไปจากสถานีสูบน้ำดิบสำแล ซึ่งจากผลการปฏิบัติการสามารถผลักดันน้ำที่มีค่าความเค็มเกินเกณฑ์ 0.25 กรัมต่อลิตร ได้ไกลจากสถานีสูบน้ำดิบสำแลสูงสุดประมาณ 17 กิโลเมตร แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 12 ซึ่งการปฏิบัติการดังกล่าวยังส่งผลดีให้กับโรงงานผลิตน้ำประปาของบริษัท ประปาปทุมธานี จำกัด ซึ่งผลิตน้ำประปา

ให้กับการประปาส่วนภูมิภาค สาขารังสิต สาขาปทุมธานี และสาขาคลองหลวง ที่มีจำนวนผู้ใช้น้ำรวมมากกว่า 280,000 ราย ได้รับผลประโยชน์จากการปฏิบัติการผลักดันน้ำเค็มนี้ด้วย โดยน้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปามีค่าความเค็มลดลง รวมถึงชุมชนริมแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองแขนงต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยาในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีและนนทบุรีบางส่วนยังสามารถใช้น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับทำกิจกรรมต่างๆได้มากขึ้น และทำให้สัตว์น้ำจืดต่างๆ สามารถกลับมาอยู่ในถิ่นอาศัยเดิมได้ ส่งผลดีกับระบบนิเวศน์และการทำประมงพื้นบ้าน

ในอนาคต กปน. มีโครงการที่จะปรับวิธีการสูบน้ำดิบให้เป็นระบบอัตโนมัติ โดยใช้ AI ในการตัดสินใจ แต่เนื่องจากเครื่องสูบน้ำ ณ สถานีสูบน้ำดิบสำแลเป็นเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ และมีความสำคัญกับความมั่นคงด้านการผลิตน้ำประปาที่ให้บริการกับผู้ใช้น้ำในจังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องวางแผนการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างรอบคอบ ซึ่งในปัจจุบันอยู่ระหว่างการศึกษาความเป็นไปได้ในการวางแนวทางการปรับปรุงสถานีสูบน้ำดิบสำแลให้สามารถควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ ก่อนที่จะนำองค์ความรู้ที่ได้จากการจัดทำเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหาน้ำเค็มของ กปน. มาเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจของระบบ AI ต่อไป



รูปที่ 12 ผลการปฏิบัติการ Water Hammer Flow Operation ในแม่น้ำเจ้าพระยา

บรรณานุกรม

[1] Siriwat, K., Sirod. S., Lagrangian Analysis of The Chao Phraya River Estuarine Circulation, ASEAN Academic Network

[2] รายงานการติดตามสถานการณ์น้ำรายสัปดาห์, การประปานครหลวง

[3] เว็บไซต์กราฟเพื่อสนับสนุนการสูบน้ำดิบ รส.สำแล, กองทรัพยากรน้ำ, ฝ่ายทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อม, การประปานครหลวง