

แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา
เพื่อรองรับสถานการณ์ปกติ และสถานการณ์วิกฤต

เอกสารวิจัยส่วนบุคคล



โดย

นาย อนรรักษ์ พรหมชัย

ผู้อำนวยการฝ่ายมาตรฐานวิศวกรรมและสารสนเทศภูมิศาสตร์

การประปานครหลวง

วิทยาลัยการทัพบก

กันยายน 2568

อาจารย์ที่ปรึกษา พันเอกหญิง รัญญา สิงห์พันธุ์

พลตรี

(เกียรติชัย โอภาโส)

ผู้บัญชาการวิทยาลัยการทัพบก

คณะกรรมการควบคุมเอกสารวิจัยส่วนบุคคล

พันเอก

(ยุทธนา ชันทอง)

ประธานกรรมการ

(ดร. สุทธิศักดิ์ ลาภประเสริฐ)

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษา

พันเอกหญิง

(กนิษฐา จิตวิวัฒนา)

กรรมการ

พันเอกหญิง

(ฉวีวรรณ ตะเภาพงศ์)

กิจกรรมการ

พันเอกหญิง

(ธัญญช สิงหพันธุ์)

กรรมการ และเลขานุการ

บทคัดย่อ

ผู้วิจัย นายอนุรักษ์ พรหมชัย
เรื่อง แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา
เพื่อรองรับสถานการณ์ปกติ และสถานการณ์วิกฤต
วันที่ ๑ กันยายน 2568 จำนวนคำ : 12,314 จำนวนหน้า : 39
คำสำคัญ น้ำสูญเสียเชิงกายภาพ, น้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์, สมดุลน้ำ
ชั้นความลับ ไม่มีชั้นความลับ

การศึกษาวิจัยเรื่อง แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา เพื่อรองรับสถานการณ์ปกติ และสถานการณ์วิกฤต มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของน้ำสูญเสียในระบบประปา และแนวทางการจัดการน้ำสูญเสียให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีการบริหารจัดการน้ำสูญเสียตามมาตรฐานสากล เพื่อเปรียบเทียบกับกรณีดำเนินงานลดน้ำสูญเสียขององค์กรจัดการน้ำในประเทศไทย (การประปานครหลวง) เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของน้ำสูญเสีย และปัจจัยที่ทำให้ลดน้ำสูญเสียไม่ได้ตามเป้าหมาย โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการประปานครหลวง โดยใช้ SWOT Analysis แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วย TOWS Matrix เพื่อวิเคราะห์ความท้าทายเชิงกลยุทธ์และความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ของการประปานครหลวง และกำหนดแนวทางในการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา ตอบสนองต่อแผนเตรียมพร้อมแห่งชาติและแผนบริหารวิกฤตการณ์ โดยมีแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปาประกอบด้วย 1. การสร้างระบบเฝ้าระวังน้ำสูญเสียในท่อประธานและท่อจ่าย 2. การบริหารจัดการแรงดันน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ 3. การซ่อมและเปลี่ยนท่อที่มีประสิทธิภาพ 4. การควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก 5. การปรับปรุงมาตรวัดน้ำผู้ใช้ น้ำ และ 6. แผนน้ำประปาปลอดภัย ผลการศึกษาพบว่าแนวทางดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยทั้งใน และต่างประเทศรวมทั้งกรณีศึกษาในต่างประเทศสามารถนำแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียจากการวิจัยนี้ ไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง การประปาส่วนภูมิภาค รวมถึงหน่วยงานที่ให้บริการระบบประปาในประเทศไทย

ABSTRACT

AUTHOR: Mr. ANURUK PROMCHAI

TITLE: The approach to develop water loss management in normal and crisis situations for waterworks system.

DATE: 9 September, 2025 **WORD COUNT :** 12,314 **PAGES :** 39

KEY TERMS: Real Losses, Apparent Losses, Water Balance

CLASSIFICATION: Unclassified

This research, “The Approach to Develop Water Loss Management in Normal and Crisis Situations for Waterworks Systems,” aims to analyze the causes of water loss in water supply systems and develop management strategies to maintain an appropriate level of water loss. The researcher studied international standards for water loss management and compared them with the water loss reduction efforts of the Metropolitan Waterworks Authority (MWA). The goal was to identify the causes of water loss and the key factors hindering effective water loss reduction. This study used SWOT Analysis to evaluate the MWA’s situation; then, applied TOWS Matrix to understand its strategic challenges and advantages. Based on this analysis, the researcher proposed methods for improving water loss management in water supply systems to respond to national preparedness plans and crisis management strategies. The proposed methods include: 1. Developing a water loss monitoring system for trunk main and distribution pipes 2. Managing water pressure efficiently 3. Repairing and replacing pipes effectively 4. Proactively controlling water loss 5. Improving customer water meters 6. Developing a water safety plan. The findings show that these methods align with both domestic and international researches and case studies. The proposed methods can help improving water loss reduction efforts in the MWA, the Provincial Waterworks Authority (PWA), and other water service agencies in Thailand.

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความรู้และความกรุณาจากคณาจารย์วิทยาลัยการทัพบกทุกท่านที่ได้กรุณาประสิทธิประสาทวิชาให้ความรู้และประสบการณ์ที่ทรงคุณค่า โดยเฉพาะพลตรี เกียรติชัย โอภาโส ผู้บัญชาการวิทยาลัยการทัพบก อาจารย์ที่ปรึกษา พันเอกหญิง ธัญญะ สิงห์พันธุ์ รวมทั้ง พันเอก ยุทธนา ชันทอง พันเอกหญิง กนิษฐา จิตวิวัฒนา พันเอกหญิง ฉวีวรรณ ตะเภาพงศ์ คณะกรรมการ ดร. วีระพัฒน์ กฤตธนาทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษประจำกลุ่มวิจัยที่กรุณาสันนิษฐานให้คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องจนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษา ดร. สุทธิศักดิ์ ลาภประเสริฐ ผู้ช่วยผู้ว่าการ (ทรัพยากรบุคคล) การปราบปรามคหฬว ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ช่วยสนับสนุนและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ตลอดห้วงระยะเวลาในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายทีปกรณ ฉลาดธัญกิจ นายพันธกานต์ วงศ์ษา นายธนิตศักดิ์ ธัญพิทักษ์ตระกูล พนักงานการปราบปรามคหฬว ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่กรุณาให้การสนับสนุนข้อมูล อีกทั้งเสนอแนะแนวคิดที่มีประโยชน์ต่อการวิจัย ความดีอันเกิดจากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัยดังกล่าวข้างต้นทุกท่านด้วยความเคารพ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวิทยาลัยการทัพบก และผู้ที่สนใจที่ต้องการศึกษาข้อมูล และนำเอกสารวิจัยฉบับนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เป็นรูปธรรมต่อไป

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
กรอบแนวคิดการวิจัย	3
วิธีการศึกษา	4
ประโยชน์ที่ได้รับ	5
บทที่ 2 บทแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
น้ำสูญเสียในระบบประปา	7
น้ำสูญเสียเชิงกายภาพ	9
กลยุทธ์การควบคุมน้ำสูญเสียเชิงกายภาพ	12
น้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์	13
กลยุทธ์การควบคุมน้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์	14
การแบ่งพื้นที่เพื่อเฝ้าระวังน้ำสูญเสีย	15
แผนเตรียมความพร้อมแห่งชาติและแผนบริหารวิกฤตการณ์ (พ.ศ.2566 – 2570)	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 3 บทวิเคราะห์	
สาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง	19
วิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง ในปัจจุบัน	20
การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม	24
แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา เพื่อรองรับสถานการณ์ปกติ และสถานการณ์ฉุกเฉิน	28
บทที่ 4 บทอภิปรายผล	
สอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศไทยและต่างประเทศ	32
ความสอดคล้องกับกรณีศึกษาในประเทศ	34
ความสอดคล้องกับกรณีศึกษาในต่างประเทศ	34
บทที่ 5 บทสรุป	
ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย	38
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	39
เอกสารอ้างอิง	
ประวัติย่อผู้วิจัย	

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

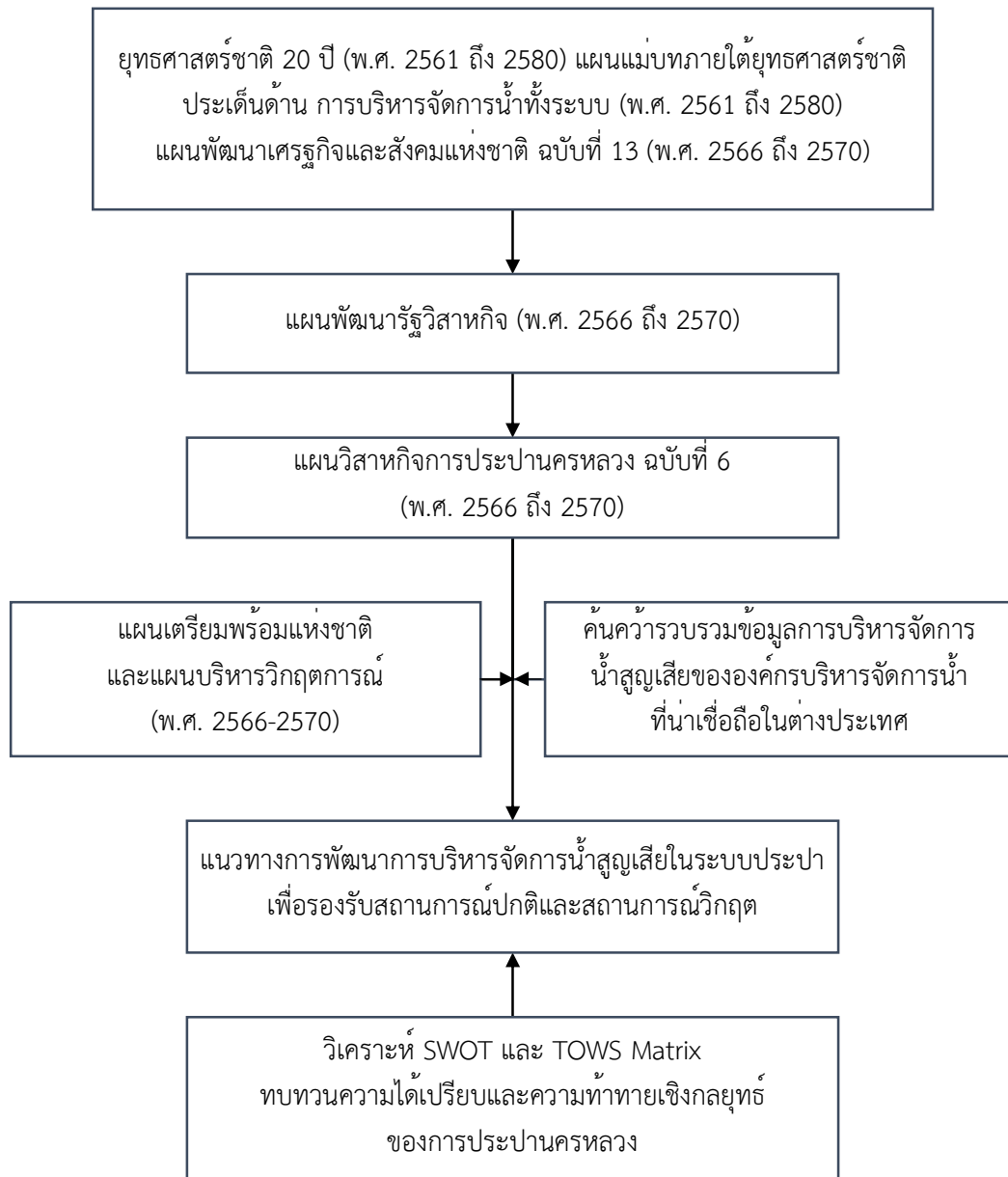
น้ำสูญเสีย (Water Losses) ในระบบท่อประปาเป็นปัญหาหลักของการประปานครหลวงมาอย่างยาวนาน ตัวเลขอัตราน้ำสูญเสียทั้งองค์กรที่ร้อยละ 27 หมายถึงน้ำประปาที่ผลิตได้ 100 ลูกบาศก์เมตร มีน้ำประปาที่ปล่อยทิ้งไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์เป็นจำนวน 27 ลูกบาศก์เมตร การประปานครหลวงสามารถขายน้ำประปาได้เพียง 73 ลูกบาศก์เมตรเท่านั้น น้ำประปาที่สูญเสียไปในกระบวนการสูบน้ำให้กับผู้ใช้น้ำ ทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาเพิ่มขึ้น รายได้จากการจัดเก็บค่าน้ำประปาลดลง และต้องสูญเสียงบประมาณในการตรวจสอบหาท่อรั่วในระบบท่อประปา และดำเนินการซ่อมปรับปรุงท่อประปาที่แตกรั่ว ปีงบประมาณ 2566 การประปานครหลวงมีอัตราน้ำสูญเสียร้อยละ 27.12 ค่าเป้าหมายในปีงบประมาณ 2568 กำหนดตัวเลขอัตราน้ำสูญเสียไว้ที่ร้อยละ 24.75¹ ในขณะที่แผนพัฒนารัฐวิสาหกิจ พ.ศ. 2566 – 2570² โดยคณะกรรมการนโยบายรัฐวิสาหกิจ วางกรอบการดำเนินงานให้หน่วยงานรัฐวิสาหกิจดำเนินงานตามบทบาท และภารกิจให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาตามทิศทางหลักในการพัฒนารัฐวิสาหกิจ ให้การประปาส่วนภูมิภาค และการประปานครหลวงดำเนินการบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้ได้ร้อยละ 20 และ 23 ตามลำดับ ภายในปีงบประมาณ 2570 โดยมีการวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงที่ส่งผลต่ออัตราน้ำสูญเสียขององค์กร เพื่อหาแนวทางการพัฒนาที่เหมาะสมและควรจัดสรรน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของประชาชน และในโรงงานอุตสาหกรรมให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ รวมทั้งมีน้ำประปาสะอาดได้มาตรฐานสากล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามแผนงานที่กำหนด จึงจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียในระดับร้อยละ 27 และกำหนดแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย เพื่อลดอัตราน้ำสูญเสียให้เป็นไปตามเป้าหมาย

ในกรณีที่ประเทศไทยต้องเผชิญสภาวะวิกฤต ซึ่งส่งผลต่อกำลังการผลิตน้ำประปา เช่น ภาชนะน้ำเค็มลุล้าแม่น้ำเจ้าพระยาส่งผลให้น้ำดิบด้อยคุณภาพ กำลังการผลิตน้ำประปาลดลง การเกิดภาวะภัยแล้งส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา การเกิดอุทกภัย หรือการก่อการร้ายที่มุ่งโจมตีโรงงานผลิตน้ำของการประปานครหลวง หรือท่อจ่ายน้ำเข้าสถานที่สำคัญที่เป็นจุดยุทธศาสตร์ เช่น กองบัญชาการกองทัพไทย (Royal Thai Army Headquarters) หรือหน่วยงานราชการต่างๆ การเตรียมความพร้อมสำหรับให้บริการน้ำประปาในสภาวะวิกฤต การมีแผนน้ำประปาปลอดภัย (Water safety plan) และแผนบริหารภาวะฉุกเฉิน (Emergency response plan) การบริหารจัดการน้ำสูญเสียที่มีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ให้ผู้ใช้น้ำมีน้ำประปาปลอดภัยใช้อย่างเพียงพอ สอดรับกับแผนเตรียมความพร้อมแห่งชาติและแผนบริหารวิกฤตการณ์ (พ.ศ. 2566 – 2570)³ การบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้มีประสิทธิภาพ จึงมีความสำคัญอย่างมาก เพื่อลดปริมาณน้ำสูญเสียในระบบจ่ายน้ำให้ผู้ใช้น้ำมีน้ำประปาที่มีคุณภาพมาตรฐานใช้อย่างเพียงพอ โดยโครงการวิจัยนี้มุ่งหวังจะศึกษาปัญหาน้ำสูญเสียในระบบประปา เพื่อพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถกำหนดแผนรองรับในกรณีเกิดสถานการณ์วิกฤติ ผลลัพธ์ที่ได้คาดว่าจะเป็นอย่างยิ่งประโยชน์อย่างมากต่องานลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง และการประปาส่วนภูมิภาค รวมถึงหน่วยงานที่ให้บริการระบบประปาในประเทศไทย และผู้ใช้น้ำทุกคน สามารถนำหลักการบริหารจัดการน้ำสูญเสียที่มีประสิทธิภาพมาใช้ได้ทั้งในสภาวะปกติ และเมื่อต้องเผชิญสภาวะวิกฤติ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียในระบบประปา
2. เพื่อวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงในปัจจุบัน
3. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาการบริหารน้ำสูญเสียในระบบประปาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นเพื่อรองรับสถานการณ์ปกติ และสถานการณ์วิกฤติ

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการศึกษา

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ตามที่วิทยาลัยการทัพบก กำหนดโดยเป็นการวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary research) การทบทวนแนวคิดทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2. ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูล สถิติ ผลการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในพื้นที่บริการของการประปานครหลวง วรรณสารงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ บทความเอกสาร ทางวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวกับการตรวจสอบหาท่อรั่วและการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย

2. กำหนดให้พื้นที่บริการของการประปานครหลวง ครอบคลุม 3 จังหวัด ประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ เป็นพื้นที่ศึกษาวิจัย

3. ห้วงเวลาการศึกษา ตั้งแต่ พฤศจิกายน 2567 - พฤษภาคม 2568

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลจากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580) แผนแม่บท ภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติประเด็นด้าน การบริหารจัดการน้ำทั้งระบบ (พ.ศ. 2561 - 2580) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570) แผนเตรียมพร้อม แห่งชาติและแผนบริหารวิกฤตการณ์ (พ.ศ. 2566 - 2570) แผนพัฒนารัฐวิสาหกิจ พ.ศ. 2566 - 2570 แผนวิสาหกิจการประปานครหลวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2566 - 2570) ผลการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง รวมทั้ง วรรณกรรมต่างๆ และบทความทางวิชาการที่เป็นบริบทของข้อมูลในการวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความเชื่อมโยงขององค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในงานด้านการบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง วิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการ ประปานครหลวง ด้วยการใช้ SWOT Analysis และปัจจัยนำเข้าอื่นๆ ประกอบกับ การวิเคราะห์ด้วย TOWS Matrix ทบทวนความได้เปรียบและความท้าทายเชิงกลยุทธ์ เพื่อ

วิเคราะห์หาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำสูญเสียด้วยวิธีการและเทคโนโลยีที่ทันสมัย

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม \ ระยะเวลา	พ.ย. 67	ธ.ค. 67	ม.ค. 68	ก.พ. 68	มี.ค. 68	เม.ย. 68	พ.ค. 68
กำหนดหัวข้อการวิจัย	←→						
สอบโครงสร้างการวิจัย		←→					
ศึกษาค้นคว้าที่มาของปัญหา		←→	→				
การวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล				←→	→		
การสรุปผลการวิจัย					←→	→	
การนำเสนอผลการวิจัย							←→

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้แนวคิดในการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา ทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียในระบบประปา
2. ได้ผลการวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำสูญเสียในปัจจุบันของการประปานครหลวงว่าดำเนินการได้ถูกต้องตามหลักการและแนวทางปฏิบัติขององค์การบริหารจัดการน้ำสากลหรือไม่ เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น
3. ได้แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปาให้มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ในการจัดทำโครงการลดน้ำสูญเสียของหน่วยงานที่ให้บริการระบบประปาในประเทศไทย
4. ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการน้ำสูญเสียของหน่วยงานที่ให้บริการระบบประปา ให้ผู้ใช้น้ำได้ใช้น้ำประปาที่ปลอดภัยในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ

บทที่ 2

บทแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความมั่นคงทางน้ำประปา ถือเป็นหนึ่งในเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญของประเทศไทยตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580)⁴ น้ำประปาที่สะอาด ปลอดภัย ปริมาณที่เพียงพอ จึงมีบทบาทสำคัญต่อความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม พัฒนาคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชน โดยเชื่อมโยงกับแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561–2580)⁵ ประเด็น (19) การบริหารจัดการน้ำทั้งระบบ เป้าหมายเพื่อเพิ่มผลิตภาพของน้ำทั้งระบบ ทั้งเชิงปริมาณและ คุณภาพ คำนึงถึงศักยภาพ การบริหารจัดการน้ำรองรับความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มสูงขึ้นจากการเติบโตทางเศรษฐกิจ และสังคมของเมืองในอนาคต องค์การบริหารจัดการน้ำทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาคจึงมีบทบาทสำคัญในการจัดหา ผลิต และจำหน่ายน้ำประปาที่มีความปลอดภัยและเพียงพอ เพื่อให้บริการแก่ประชาชน การประปานครหลวง เป็นรัฐวิสาหกิจด้านสาธารณูปโภคที่มีภารกิจในการผลักดันแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 – 2570)⁶ ให้บรรลุเป้าหมายตามหมวดหมู่ 3 หมวดหมู่คือ หมวดหมู่ที่ 5 ไทยเป็นประตูการค้าการลงทุนและยุทธศาสตร์ทางโลจิสติกส์ที่สำคัญของภูมิภาค หมวดหมู่ที่ 8 ไทยมีพื้นที่และเมืองอัจฉริยะที่น่าอยู่ ปลอดภัย เติบโตได้อย่างยั่งยืน และหมวดหมู่ที่ 9 ไทยมีความยากจนข้ามรุ่นลดลง และมีความคุ้มครองทางสังคมที่เพียงพอเหมาะสม เป้าหมายดังกล่าวถูกถ่ายทอดลงมาเป็นภารกิจตามแผนพัฒนารัฐวิสาหกิจ (พ.ศ. 2566 – 2570)² และแผนวิสาหกิจการประปานครหลวง (พ.ศ. 2566 – 2570)¹ ตามลำดับ เพื่อดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด การประปานครหลวง ได้ลงทุนวางโครงข่ายท่อประปาความยาวท่อในระบบส่งและจ่ายน้ำระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 40,900 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการประมาณ 2,500 ตารางกิโลเมตร ดูแลผู้ใช้น้ำมากกว่า 2.6 ล้านราย ด้วยความยาวท่อประปาที่มากกว่า 40,000 กิโลเมตร ดังนั้นการหาท่อรั่วที่อยู่ใต้ดินจึงเป็นเรื่องยากมาก ปัญหาที่ตามมาคือการแตกรั่วของท่อประปา ทำให้เกิดน้ำสูญเสีย (Water Losses) เป็นจำนวนมาก โดยข้อมูลในปีงบประมาณ 2566 พบว่ามีปริมาณน้ำสูญเสียมากถึง 554

ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นอัตราน้ำสูญเสียร้อยละ 27.12⁷ ของปริมาณน้ำผลิตจ่ายทั้งหมด จึงจำเป็นต้องดำเนินการลดน้ำสูญเสียอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย ผู้เขียนจะได้อธิบายต่อไป

น้ำสูญเสียในระบบประปา

สมาคมการประปาแห่งอเมริกา (American water works association, AWWA) ได้จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานระบบประปา (Manual of water supply practices) เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานในการให้บริการระบบประปา โดยเล่ม M36⁸ ว่าด้วยการตรวจสอบบัญชีน้ำและการควบคุมน้ำสูญเสีย (Water audits and losses control programs) ได้อธิบายน้ำสูญเสียไว้ดังนี้ น้ำสูญเสียในระบบประปา (Non-revenue water, NRW) หมายถึง ปริมาณน้ำที่สูญเสียในระบบผลิตและจ่ายน้ำ ไม่สามารถสร้างรายได้ให้กับหน่วยงานที่ให้บริการระบบประปา พิจารณาทารางสมดุลน้ำในภาพที่ 2

Standard Terminologies				Source: IWA (2000)
System Input Volume	Authorised Consumption	Billed Authorised Consumption	Billed Metered Consumption (including water exported)	Revenue Water
			Billed Unmetered consumption	
	Unbilled Authorised Consumption	Unbilled Metered Consumption	Non-Revenue Water	
		Unbilled Unmetered Consumption		
	Water Losses	Apparent Losses		Unauthorised Consumption
				Metering Inaccuracies
		Real Losses		Leakage on Transmission and/or Distribution Mains
				Leakage and Overflows at Utility's Storage Tank
	Leakage on Service Connections up to point of Customer Metering			

All quantities in m³/year

ภาพที่ 2 ตารางสมดุลน้ำ (The Water Balance) (ที่มา : AWWA M36⁸)

โดยสามารถแยกองค์ประกอบน้ำสูญเสียได้เป็น 3 องค์ประกอบได้แก่

1. น้ำสูญเสียเชิงกายภาพ (Real losses) คือ น้ำสูญเสียจากการแตกรั่วของท่อประปา ได้แก่การรั่วซึมจากอุปกรณ์วาล์ว ข้อต่อ และน้ำที่ล้นจากถังพักน้ำ

2. **น้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์ (Apparent losses)** คือ น้ำสูญเสียจากการจัดการ ได้แก่ การอ่านค่าน้ำผิดพลาด การลักขโมยใช้น้ำ และมาตรวัดน้ำบันทึกปริมาณน้ำคลาดเคลื่อน (วัดได้ต่ำกว่าความเป็นจริง)

3. **น้ำสูญเสียจากการใช้น้ำอย่างถูกกฎหมาย (Unbilled authorized consumption)** คือ น้ำที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ แต่ไม่มีการจัดเก็บรายได้ เช่น น้ำที่ใช้ในการดับเพลิง การทำความสะอาดท่อ หรือน้ำใช้สาธารณะ และการทดลองระบบ

ปริมาณน้ำใช้ที่ถูกกฎหมาย (Authorized consumption) หมายถึง ผลรวมของน้ำขายที่ออกบิล (Billed authorized consumption) และน้ำใช้ที่ถูกกฎหมายที่ไม่ออกบิล (Unbilled authorized consumption) การคำนวณน้ำสูญเสียในระบบประปาจะคิดเฉพาะผลรวมของน้ำสูญเสียเชิงกายภาพ และน้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์เท่านั้น เรียกรวมกันว่า น้ำสูญเสียที่บันทึกค่าไม่ได้ (Unaccounted for water, UFW) หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า $UFW = \text{น้ำผลิตจ่ายทั้งหมด (System input volume) ลบด้วย ปริมาณน้ำใช้ที่ถูกกฎหมาย}$ ดังนั้น อัตราน้ำสูญเสียในระบบประปา หมายถึง สัดส่วนระหว่าง UFW ต่อ น้ำผลิตจ่ายทั้งหมด โดยอัตราน้ำสูญเสียที่ยอมรับได้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล⁹ คือ UFW ไม่เกิน 10 % กรณี UFW อยู่ในช่วง 10 – 25 % ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง สามารถปรับลดลงได้ และกรณี UFW มากกว่า 25 % เป็นเรื่องที่น่ากังวล ต้องดำเนินการเพื่อลดน้ำสูญเสียอย่างเร่งด่วนตามภาพที่ 3 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

What is an Acceptable Water Loss?

1. It is a compromise between the cost of reducing water loss and maintenance of distribution system and the cost (of water) saved.
2. AWWA Leak detection and Accountability Committee (1996) recommended 10% as a benchmark for UFW.
3. UFW levels and action needed

< 10%	Acceptable, monitoring and control
10-25%	Intermediate, could be reduced
> 25%	Matter of concern, reduction needed

ภาพที่ 3 เกณฑ์การยอมรับอัตราน้ำสูญเสียในระบบประปา⁹

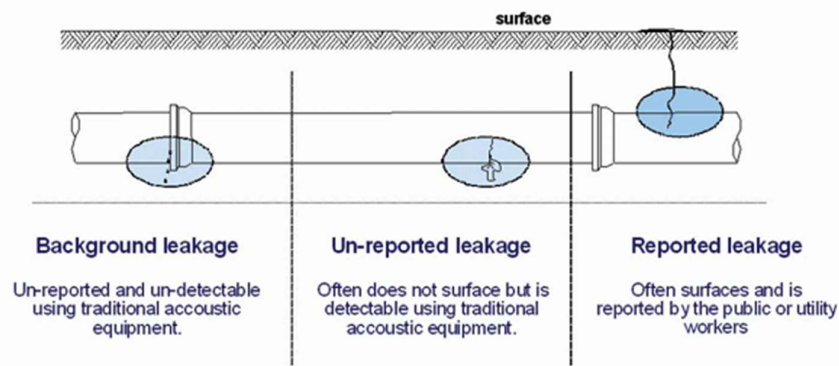
1. น้ำสูญเสียเชิงกายภาพ

เป็นน้ำสูญเสียที่มีปริมาณการรั่วไหลในระบบมากที่สุด คือ น้ำสูญเสียเชิงกายภาพ ซึ่งเกิดจากการแตกรั่วของท่อประปาในระบบสุบน้ำ โดยการแตกรั่วสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามภาพที่ 4 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 การแตกรั่วที่มองเห็นได้ (Reported leakage) เป็นการแตกรั่วที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือรายงานโดยผู้ใช้งาน เช่น น้ำรั่วที่ไหลออกมาเหนือพื้นดิน ท่อแตกขนาดใหญ่ที่น้ำพุ่งออกมาจากพื้น การรั่วจากข้อต่อหรือวาล์วที่สังเกตเห็นได้ชัดเจน มักได้รับการแก้ไขรวดเร็วเนื่องจากผู้ใช้งานสังเกตเห็นได้ง่าย

1.2 การแตกรั่วที่ไม่สามารถมองเห็นได้ (Unreported leakage) เป็นการแตกรั่วที่เกิดขึ้นใต้ดิน หรือในพื้นที่ที่ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง เช่น การรั่วใต้พื้นคอนกรีต หรือใต้ดินลึกการรั่วซึมที่เกิดจากแรงดันน้ำหรือการเสื่อมสภาพของท่อ การรั่วที่ไม่มีน้ำปรากฏบนพื้นผิวต้องใช้เครื่องมือเฉพาะในการฟังเสียงน้ำรั่ว และการแบ่งพื้นที่ตรวจสอบ (District metered areas: DMAs) เพื่อตรวจจับหาจุดรั่ว

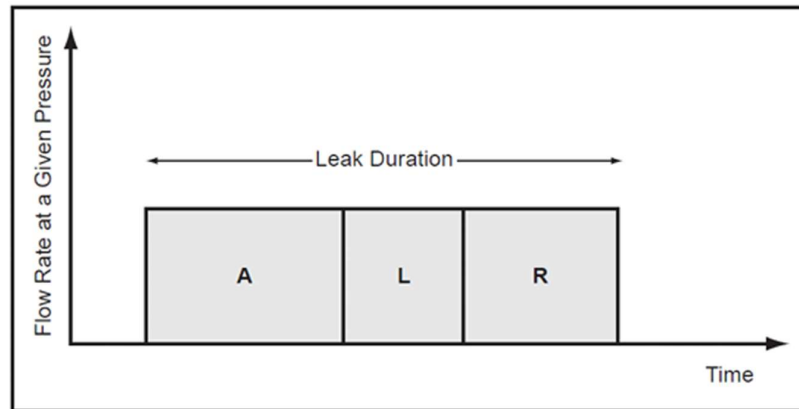
1.3 การรั่วแบบพื้นฐาน (Background Leakage) เป็นการรั่วซึมขนาดเล็กที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของระบบ เนื่องจากความเสื่อมสภาพหรือการต่อเชื่อมของท่อ ปริมาณการรั่วต่ำเสียงรั่วไม่สามารถตรวจพบด้วยเทคโนโลยีทั่วไป แต่เมื่อรวมกันจะส่งผลกระทบต่อระบบ เช่น การรั่วซึมจากข้อต่อหรือท่อเก่าที่มีรอยร้าวเล็กๆ แม้จะมีผลกระทบระยะยาว แต่ต้องใช้การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อตัดสินใจในการจัดการว่าคุ้มค่าต่อการซ่อมหรือไม่



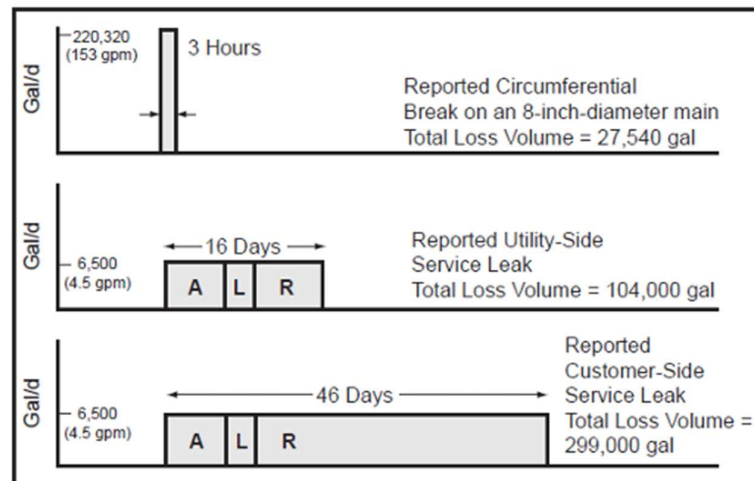
ภาพที่ 4 ลักษณะการแตกรั่วแต่ละประเภท (ที่มา : AWWA M36⁸)

โครงข่ายท่อประปาเสื่อมสภาพตามเวลา ส่งผลให้เกิดการแตกรั่วของท่อประปา และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ และโครงข่ายท่อประปาใหม่ก็อาจประสบปัญหาน้ำรั่วตั้งแต่เริ่มต้นได้เช่นกัน หากการวางท่อไม่ได้มาตรฐาน หรือใช้วัสดุท่อไม่ได้มาตรฐาน ปริมาณน้ำรั่วในระบบสูบน้ำขึ้นอยู่กับจำนวนจุดรั่ว ขนาดของรูรั่ว แรงดันน้ำ และเวลาที่เกิดการรั่ว โดยเวลาในการเกิดการรั่วอาจสำคัญกว่าขนาดของรูรั่ว นั่นคือเวลารวมที่รูรั่วนั้นเกิดขึ้นและไม่มีการซ่อมแซม รูรั่วขนาดเล็กที่ปล่อยให้น้ำรั่วเป็นเวลานานมักจะมีปริมาณน้ำรั่วสูงสุดในระบบสูบน้ำมากกว่ารูรั่วขนาดใหญ่ที่น้ำรั่วไม่นานและถูกซ่อมแซมอย่างรวดเร็ว แม้ว่าอัตราการไหลรั่วจะน้อยกว่า แต่ด้วยที่รูรั่วขนาดเล็กจะไม่สามารถสังเกตพบเป็นระยะเวลานานจึงทำให้มีปริมาณน้ำรั่วไหลรวมสูงกว่า โดยเวลาของเหตุการณ์น้ำรั่วหนึ่งๆ โดยขนาดและระยะเวลาของการแตกรั่วจะเป็นปัจจัยกำหนดปริมาณน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้น ขนาดของการรั่วถูกแสดงด้วยอัตราการไหล ระยะเวลาของการรั่วสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเรียกว่า ALR (Awareness location repair) ประกอบด้วย ผลรวมเวลาในการรับรู้ถึงการรั่ว (Awareness time, A) ระยะเวลาในการหาจุดรั่ว (Location time, L) และ เวลาในการซ่อม (Repair time, R) ดังแสดงภาพที่ 5

โดยทั่วไปการแตกรั่วขนาดใหญ่ (อัตราการไหลสูง) สามารถถูกรับรู้ ค้นหา และซ่อมแซมได้ง่ายจึงมีระยะเวลาของการรั่วต่ำ ในทางกลับกันการแตกรั่วขนาดเล็ก (อัตราการไหลต่ำ) การตรวจสอบทำได้ยากกว่า ดังนั้นระยะเวลาของการรั่วจึงสูงส่งผลให้ปริมาณน้ำสูญเสียสะสมมากกว่าการแตกรั่วขนาดใหญ่ 1) เวลาในการรับรู้ (Awareness time) เป็นเวลาที่ผู้ดูแลระบบเริ่มรับรู้ว่ามีจุดรั่วอยู่ ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญและขึ้นอยู่กับว่ามีการควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก (Active leakage control) หรือไม่ หากมีการควบคุมเวลาที่ใช้ในการรับรู้จะลดลง 2) เวลาในการหาจุดรั่ว (Location time) เป็นเวลาในการชี้จุดรั่ว (Pinpoint) หลังจากเมื่อผู้ดูแลได้รับรู้ว่ามีจุดรั่วอยู่ในระบบ 3) เวลาในการซ่อมรูรั่ว (Repair time) เป็นเวลาที่ใช้ในการหยุดน้ำรั่วนั้นหลังจากที่สามารถชี้จุดรั่วแล้ว เวลานี้ต้องรวมถึงช่วงเวลาในการจัดทีม และบอกลูกค้าที่มีผลกระทบจากการซ่อมท่อ ซึ่งอาจเป็นวันหรือสัปดาห์ได้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของเหตุการณ์รั่วนั้นๆ อิทธิพลของเวลา ALR เป็นตัวแปรอันดับหนึ่งของปริมาณน้ำสูญเสีย ระบบที่ไม่มีการควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก เวลาการรั่วจะยาวนานจนกว่าเหตุการณ์รั่วจะขยายใหญ่ขึ้น และรบกวนการใช้น้ำหรือสร้างความเสียหายอย่างชัดเจนจนเจ้าหน้าที่ประปาหรือลูกค้าสามารถสังเกตเห็นได้



(ก) การแบ่งเวลาของเหตุการณ์รั่วเป็น ALR (Awareness Location Repair)



(ข) การตรวจรูปแบบต่างๆ ส่งผลให้เวลาที่ใช้แตกต่างกัน

ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำรั่วจากอิทธิพลของเวลา ALR (ที่มา : AWWA M36^๑)

ดังนั้นน้ำรั่วจากจุดรั่วขนาดเล็กอาจใช้เวลาเป็นสัปดาห์เป็นเดือนหรือหลายปีก่อนที่จะค้นพบและซ่อม ซึ่งเป็นผลให้แม้อัตราการรั่วจะต่ำแต่ปริมาณน้ำที่รั่วรายปีที่แฝงอยู่นั้น มีสัดส่วนสูงเมื่อเทียบกับเหตุการณ์แตกรั่วขนาดใหญ่ที่สร้างความเสียหายและเห็นเด่นชัดแต่เวลาการรั่วต่ำ เมื่อพิจารณาวงจรเหตุการณ์น้ำรั่วในความเป็นจริงนั้น รุรั่วอาจเริ่มด้วยขนาดเล็กและการไหลรั่วน้อย เมื่อเวลาผ่านไปสักระยะอาจขยายขนาดใหญ่ขึ้นและสร้างความเสียหายอย่างชัดเจนจนได้รับการซ่อมแซม แต่ก็ได้ทำให้เกิดปริมาณน้ำรั่วจำนวนมากแล้วเนื่องจากเวลาในการรับรู้ (Awareness time, A) มีค่าสูง หรือรุรั่วอาจยังคงมีขนาดเล็กต่อไปเรื่อย ๆ เช่น น้ำรั่วซึมบริเวณข้อต่อและอุปกรณ์ ประกอบท่อชนิด

ต่างๆ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดปริมาณน้ำรั่วตลอดไปจนกว่าจะมีการปรับปรุงท่อใหม่ ซึ่งเรียกน้ำรั่วประเภทนี้ว่า Background leakage คู่มือการตรวจสอบบัญชีน้ำและการควบคุมน้ำสูญเสีย (AWWA, M36) ได้เน้นถึงความสำคัญของ เวลาในการตรวจติดตามน้ำรั่วในหลักการ ALR Concept (Awareness location repair time concept) ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการรับรู้อย่างรวดเร็วเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญ ในการตรวจติดตามท่อรั่ว และสามารถช่วยลดปริมาณน้ำสูญเสียหากรับรู้ได้ทันที่ หรืออาจกล่าวได้ว่า เวลาในการรับรู้ (Awareness time, A) ส่งผลต่อปริมาณน้ำรั่วและสำคัญที่สุดต่อการจัดการน้ำรั่ว

กลยุทธ์ในการควบคุมน้ำสูญเสียเชิงกายภาพ

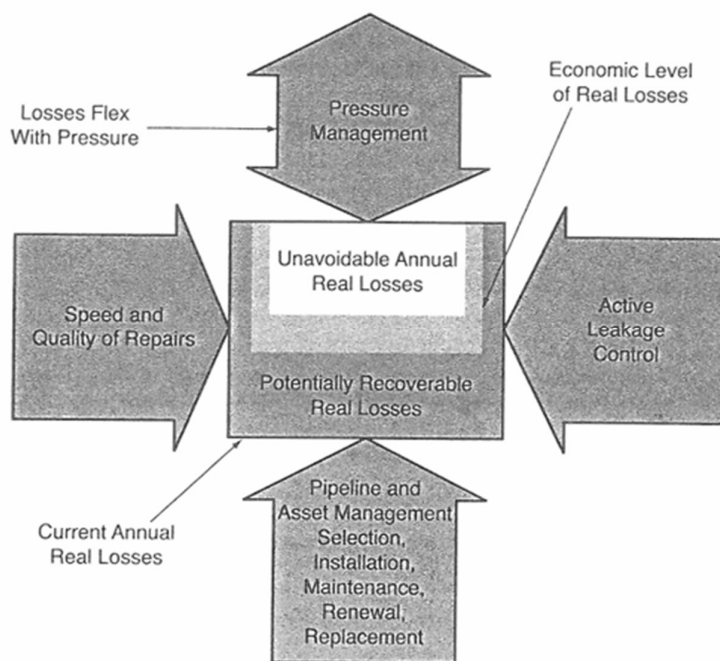
กลยุทธ์ในการควบคุมน้ำสูญเสียเชิงกายภาพ 4 กลยุทธ์ตามหลักการ AWWA M36⁸ ตามภาพที่ 6 เน้นการบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

กลยุทธ์ที่ 1 บริหารจัดการแรงดันน้ำ (Pressure management) ทั้งการเพิ่มและลดแรงดันน้ำ การเพิ่มแรงดันน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องมือสำรวจท่อรั่ว การลดแรงดันน้ำในระบบช่วยลดโอกาสการแตกรั่วของท่อและลดปริมาณน้ำสูญเสียเมื่อเกิดการรั่ว เป็นการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระยะสั้น

กลยุทธ์ที่ 2 ควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก (Active leak detection) ตรวจหาการรั่วไหลก่อนที่จะแสดงอาการชัดเจน เพื่อลดเวลาที่น้ำสูญเสีย ป้องกันน้ำสูญเสียในปริมาณมาก

กลยุทธ์ที่ 3 การซ่อมท่อที่รวดเร็วและมีคุณภาพ (Speed and quality of repairs) การซ่อมท่อโดยทันทีที่ตรวจพบการรั่วและซ่อมท่ออย่างมีคุณภาพ เพื่อลดระยะเวลาในการรั่วไหล และปริมาณน้ำสูญเสีย ไม่ให้เกิดการรั่วซ้ำ

กลยุทธ์ที่ 4 การปรับปรุงโครงสร้างและอุปกรณ์ในระบบน้ำ (Pipeline and asset management) ใช้การจัดการสินทรัพย์ (Asset management) เพื่อวางแผนปรับปรุงท่อและอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพช่วยลดน้ำสูญเสียทางกายภาพในระยะยาวและเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ แต่มีค่าใช้จ่ายสูง เป็นการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระยะยาว



ภาพที่ 6 4 กลยุทธ์ในการควบคุมน้ำสูญเสียเชิงกายภาพ (ที่มา : AWWA M36⁸)

2. น้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์

เป็นน้ำที่สูญเสียจากกระบวนการที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการแตกรั่วของท่อ หรือการสูญเสียทางกายภาพ แต่เกิดจากปัญหาด้านการจัดการหรือการดำเนินงาน ทำให้น้ำที่ถูกใช้งานไม่ได้ถูกบันทึก หรือเรียกเก็บเงินอย่างถูกต้อง ส่งผลให้หน่วยงานสูญเสียรายได้จากปริมาณน้ำที่สูญเสียดังกล่าว การลดน้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์จะช่วยเพิ่มรายได้ให้กับหน่วยงานโดยตรง ลดการสูญเสียรายได้จากน้ำที่ไม่สามารถเรียกเก็บเงินได้ โดยน้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์มีองค์ประกอบดังนี้

2.1 การลักใช้น้ำ (Unauthorized consumption) น้ำที่ถูกใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาต เช่น การต่อท่อน้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือดัดแปลงท่อประปา การใช้น้ำจากหัวดับเพลิงโดยไม่ได้รับอนุญาต

2.2 มาตรวัดน้ำวัดไม่เที่ยงตรง (Customer meter inaccuracies) มาตรวัดน้ำบันทึกปริมาณน้ำคลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากมาตรวัดน้ำชำรุด เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน และมาตรวัดน้ำมีขนาดไม่เหมาะสม (Oversized meter)

2.3 ความผิดพลาดในการบันทึกหรือเรียกเก็บเงิน (Data handling errors)

การอ่านค่าผิดพลาดจากเจ้าหน้าที่ การป้อนข้อมูลการใช้น้ำผิดพลาดในระบบ การคิดค่าบริการผิดพลาดหรือไม่ครบถ้วน

กลยุทธ์ในการลดน้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์

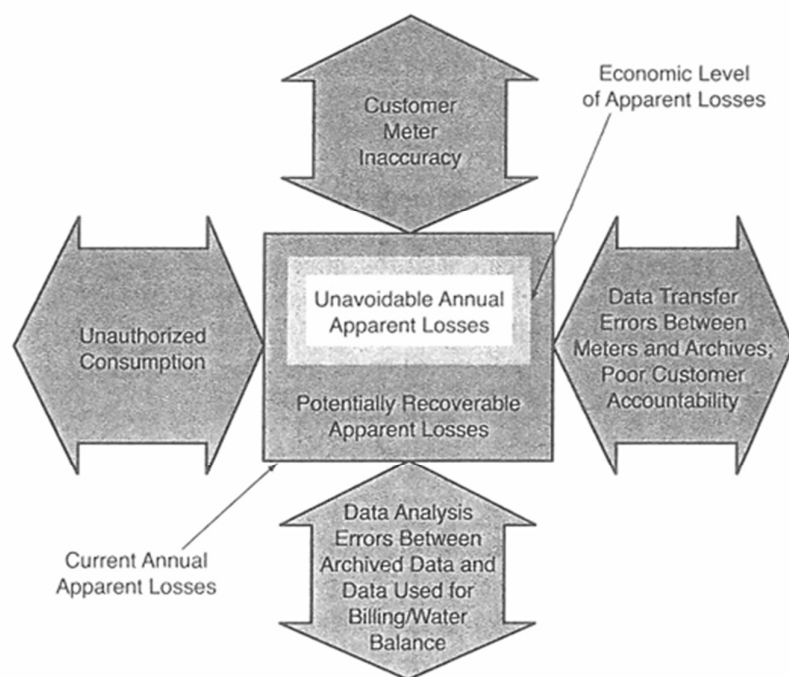
กลยุทธ์ในการลดน้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์ 4 กลยุทธ์ตามหลักการ AWWA M36⁸ ตามภาพที่ 7 โดยอาศัยการจัดการที่มีประสิทธิภาพในแต่ละด้าน ดังนี้

กลยุทธ์ที่ 1 การลดการลักน้ำ บังคับใช้กฎหมายอย่างเคร่งครัดในกรณีที่พบการลักน้ำ เพิ่มการตรวจสอบการใช้น้ำภาคสนาม เช่น การสำรวจเผ่าระวังผู้ใช้น้ำที่สงสัยว่าอาจมีการใช้น้ำผิดกฎหมาย ใช้ระบบตรวจจับการใช้น้ำผิดปกติผ่านการวิเคราะห์ข้อมูล (Data analytics)

กลยุทธ์ที่ 2 ปรับปรุงความแม่นยำของมาตรวัดน้ำ ตรวจสอบและสอบเทียบมาตรวัดน้ำในสนามเป็นระยะ เปลี่ยนมาตรวัดน้ำเก่าที่มีประสิทธิภาพต่ำ (Upgrade Meters) ลดขนาดมาตรวัดน้ำให้เหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำ ใช้มาตรวัดน้ำอิเล็กทรอนิกส์หรือสมาร์ทมิเตอร์ (Smart meters) เพื่อตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

กลยุทธ์ที่ 3 ลดความผิดพลาดในการจัดการข้อมูล (Data handling errors) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากมาตรวัดน้ำและข้อมูลที่บันทึกในระบบ ใช้ระบบจัดการข้อมูลแบบอัตโนมัติ เพื่อลดข้อผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลด้วยมือ ฝึกอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกและจัดการข้อมูล

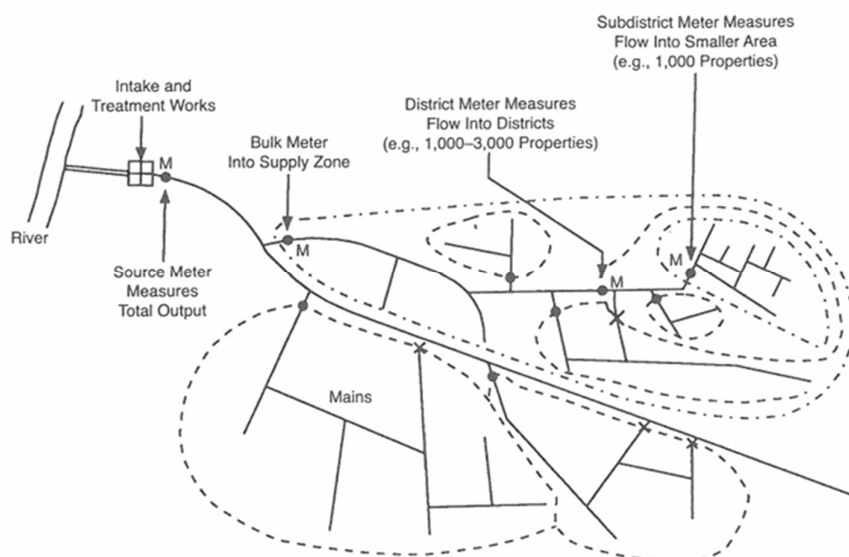
กลยุทธ์ที่ 4 ดูแลข้อผิดพลาดระหว่างข้อมูลบันทึกกับข้อมูลในระบบการบิลค่า น้ำ การทำสมดุลน้ำเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าสู่พื้นที่และน้ำที่บันทึกโดยมาตรวัดน้ำของลูกค้า



ภาพที่ 7 4 กลยุทธ์ในการควบคุมน้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์ (ที่มา : AWWA M36⁸)

การแบ่งพื้นที่เพื่อเฝ้าระวังน้ำสูญเสีย (District metering area, DMA)¹⁰

เนื่องจากพื้นที่จ่ายน้ำของหน่วยงานประปามีขนาดใหญ่ ทำให้ยากต่อการค้นหาตำแหน่งท่อรั่วและควบคุมน้ำสูญเสีย ดังนั้นจึงมีการแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อย หรือ DMA ตามภาพที่ 8 โดยแต่ละ DMA อาจมีขนาดไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้น้ำและระบบท่อจ่ายน้ำ โดยแต่ละ DMA มักออกแบบให้มีทางน้ำเข้าเพียงทางเดียว มีการติดตั้งเครื่องวัด ประกอบด้วย เครื่องวัดอัตราการไหล เครื่องวัดแรงดันน้ำ อุปกรณ์บันทึกข้อมูลและเครื่องส่งสัญญาณข้อมูลไปยังส่วนกลางประมวลผล เพื่อให้สามารถตรวจสอบแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่เข้า DMA ในแต่ละช่วงเวลาทุกๆ 15 นาทีว่ามีการเปลี่ยนแปลงผิดปกติหรือไม่ ซึ่งความผิดปกติที่ตรวจพบนี้ อาจจะบ่งชี้ว่ามีท่อแตกรั่วเกิดขึ้นในพื้นที่ DMA นอกจากนี้ยังเป็นการจำกัดพื้นที่ในการตรวจสอบท่อแตกรั่วให้อยู่ในพื้นที่ที่จำกัด ทำให้ค้นหาท่อแตกรั่วได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น



ภาพที่ 8 การแบ่งพื้นที่ย่อยเพื่อเฝ้าระวังน้ำสูญเสีย (DMA) (ที่มา : AWWA M36⁸)

ภาพรวมของการจัดการน้ำรั่วไหลสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. Short – Medium term ตรวจหาท่อรั่วด้วยเสียงและซ่อมบำรุงท่อรั่ว
2. Medium – Long term ใช้การวัดอัตราการไหล การควบคุมแต่ละ DMA และการจัดการแรงดันน้ำ
3. Long term ใช้วิธีการเปลี่ยนหรือปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานระบบท่อจ่ายน้ำ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบประปา แต่มีค่าใช้จ่ายสูง

แผนเตรียมความพร้อมแห่งชาติและแผนบริหารวิกฤตการณ์ (พ.ศ.2566 – 2570)³

แผนเตรียมพร้อมแห่งชาติและแผนบริหารวิกฤตการณ์ (พ.ศ. ๒๕๖๖ – ๒๕๗๐) มุ่งเน้นให้ความสำคัญกับวิกฤตการณ์ความมั่นคงอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับภัยคุกคามรูปแบบต่าง ๆ เตรียมพร้อมด้านทรัพยากรที่จำเป็นและ การบริหารจัดการวิกฤตการณ์ระดับชาติ เป้าหมายในภาพรวม คือ ให้ประเทศไทยมีความพร้อมในการป้องกัน ตอบสนอง และบริหารจัดการเมื่อประเทศเผชิญกับวิกฤตการณ์ระดับชาติ ในส่วนของการบริหารจัดการน้ำสูญเสียขององค์กรบริหารจัดการน้ำ ตอบสนองแผนเตรียมพร้อมแห่งชาติฯ ดังนี้

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรน้ำ ลดปริมาณน้ำสูญเสียในระบบประปา มีน้ำสำรองเพียงพอในภาวะวิกฤต
2. การเตรียมความพร้อมรับมือภัยแล้ง วางแผนจัดสรรน้ำ

ในภาวะขาดแคลน 3. รองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน ระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนความผิดปกติในโครงข่ายท่อ มีแผนสำรองน้ำและแผนจ่ายน้ำฉุกเฉินที่ชัดเจน 4. การพัฒนาระบบข้อมูลสารสนเทศ เชื่อมโยงข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการติดตาม และควบคุมระบบ 5. การเสริมสร้างความร่วมมือกับภาคส่วนต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน สร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนในการแจ้งเหตุต่อภาครัฐ

การดำเนินการข้างต้นสอดคล้องกับแผนเตรียมพร้อมแห่งชาติฯ ที่มุ่งเน้นการเตรียมความพร้อมด้านทรัพยากรและการจัดการภาวะวิกฤต รวมถึงการพัฒนาระบบการบริหารจัดการในภาวะฉุกเฉิน โดยมีเป้าหมายสำคัญคือการสร้างความมั่นคงด้านน้ำให้กับประชาชน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. โครงการวิจัยแนวทางการจัดทำระบบเฝ้าระวังน้ำรั่วบนท่อประปาการประปานครหลวง¹⁵ ผลการวิจัยสรุปว่า ผลการวิเคราะห์สมมูลน้ำระบบโครงข่ายท่อประปาของการประปานครหลวง พบว่าระบบเฝ้าระวังสามารถติดตามเฝ้าระวังสถานการณ์น้ำรั่วได้ดี แอปพลิเคชันต้นแบบที่ทีมวิจัยพัฒนาขึ้นสามารถช่วยในการวิเคราะห์สมมูลน้ำและตรวจสอบเหตุการณ์น้ำรั่ว รวมถึงช่วยแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของมาตรต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2. บทความวิจัย เรื่อง “Key Factors Affecting Water Meter Accuracy”¹⁶ (ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำ) ผลการวิจัยสรุปว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำ คือ ตำแหน่งการติดตั้งมาตรวัดน้ำ อายุการใช้งาน การสะสมของตะกอนด้านในตัวเรือนมาตรวัดน้ำ การใช้ถังพักน้ำของผู้ใช้น้ำที่จะเกิดอัตราไหลต่ำกว่าอัตราการไหลที่มาตรจะบันทึกได้ การเปลี่ยนแปลงโปรไฟล์ความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลผ่านมาตรวัดน้ำ (Velocity profile distortions) และขนาดมาตรวัดน้ำที่ไม่เหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำ

3. บทความวิจัย เรื่อง “Domestic water meter accuracy”¹⁷ (ความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำในครัวเรือน) ผลการวิจัยสรุปว่า อายุการใช้งานมีผลกระทบต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำ การลดน้ำสูญเสียที่เกิดจากมาตรวัดน้ำไม่เที่ยงตรง ต้อง

คำนึงถึงต้นทุนทางการเงินในการเปลี่ยนมาตรวัดน้ำที่กำหนดช่วงเวลาในการเปลี่ยนมาตรวัดน้ำใหม่เป็น 10 ปี

4. บทความวิจัย เรื่อง “Management of water losses in water supply and distribution networks in Turkey”¹⁷ (การจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา และโครงข่ายท่อจ่ายน้ำในตุรกี) ผลการวิจัยสรุปว่า การบริหารจัดการน้ำสูญเสียในตุรกี จะดำเนินการแบ่งโครงข่ายท่อจ่ายน้ำขนาดใหญ่ออกเป็นพื้นที่ย่อย (DMA) เพื่อทำสมดุลน้ำ การสร้างแบบจำลองไฮดรอลิก การบริหารจัดการแรงดันน้ำ กิจกรรมควบคุมการรั่วไหล การบันทึกปริมาณน้ำของผู้ใช้น้ำ การลดความคลาดเคลื่อนของมาตรวัดน้ำ และ การใช้น้ำที่ผิดกฎหมาย

จากข้อมูลแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SWOT และ TOWS METRIX ในบทที่ 3 เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา เพื่อรองรับสถานการณ์ปกติ และสถานการณ์วิกฤตโดยจะกล่าวถึงในบทต่อไป

บทที่ 3

บทวิเคราะห์

น้ำประปาที่สูญเสียไปในกระบวนการสูบน้ำให้กับผู้ใช้น้ำทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปาเพิ่มขึ้น รายได้จากการจัดเก็บค่าน้ำประปาลดลง และต้องสูญเสียงบประมาณในการตรวจสอบหาท่อรั่วในระบบท่อประปา และดำเนินการซ่อมปรับปรุงท่อประปาที่แตกรั่ว ค่าเป้าหมายในปีงบประมาณ 2568 กำหนดตัวเลขอัตราน้ำสูญเสียไว้ที่ร้อยละ 24.75¹ ในขณะที่แผนพัฒนารัฐวิสาหกิจ (พ.ศ. 2566 – 2570)² โดยคณะกรรมการนโยบายรัฐวิสาหกิจ วางกรอบการดำเนินงานให้การประปานครหลวง ดำเนินการบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้ได้ร้อยละ 23 ภายในปีงบประมาณ 2570 อัตราน้ำสูญเสียที่ลดลงส่งผลต่อความสามารถในการจัดหาน้ำประปาสะอาดอย่างเพียงพอให้กับประชาชนในทุกสถานการณ์ ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาปกติหรือช่วงวิกฤต เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบจ่ายน้ำ ช่วยให้ประเทศรับมือกับปัญหาความมั่นคงทางน้ำประปาได้ทันท่วงที สามารถจัดหาน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกสถานการณ์ สอดรับกับแผนเตรียมความพร้อมแห่งชาติและแผนบริหารวิกฤตการณ์ (พ.ศ. 2566 – 2570)³ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ศึกษาแผนปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการลดน้ำสูญเสีย ตลอดจนทบทวนวรรณกรรม วารสารงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ บทความ เอกสารทางวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวกับการตรวจสอบหาท่อรั่ว และการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา เพื่อนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไข โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. สาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวง

จากผลการดำเนินงานลดน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงที่ผ่านมา สามารถวิเคราะห์สาเหตุน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงได้ ดังนี้

1. การรั่วไหลจากท่อที่เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ทั้งท่อประธานและท่อจ่าย ที่ไม่ได้เปลี่ยนท่อ หรือซ่อมบำรุงอย่างเหมาะสม เป็นสาเหตุสำคัญของน้ำสูญเสียในระบบประปา

2. การวางท่อไม่ได้มาตรฐาน เช่น วางท่อตื้นเกินไป การบดอัดดินไม่เพียงพอ การวางท่อประปาเบียดท่อระบายน้ำหรือสิ่งปลูกสร้างอื่น เศษวัสดุคอนกรีตหนุนท่อ การรั่วซึมจากข้อม่อท่อที่ไม่ได้มาตรฐาน รั่วตามข้อต่อหรือแนวเชื่อมท่อ ใช้วัสดุท่อไม่ได้มาตรฐาน

3. เครื่องวัดไม่เที่ยงตรง วัดปริมาณน้ำคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ทั้งเครื่องวัดในระบบผลิต เครื่องวัดในระบบท่อประธาน และท่อจ่าย รวมถึงมาตรวัดน้ำผู้ใช้ น้ำ เครื่องวัดที่วัดปริมาณน้ำได้คลาดเคลื่อนวัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสีย

4. การลักขโมยใช้น้ำโดยการต่อท่อน้ำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต ใช้น้ำโดยไม่ผ่านมาตรวัดน้ำของการประปานครหลวง การดัดแปลงมาตรวัดน้ำโดยเจตนาทำให้มาตรวัดน้ำวัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง

5. ความคลาดเคลื่อนจากการบันทึกตัวเลขการใช้น้ำจากมาตรวัดน้ำของเจ้าหน้าที่เพื่อจัดเก็บค่าน้ำ และออกบิล

6. ขาดเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการหาท่อรั่วที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ทำให้หาท่อรั่วใต้ดินไม่พบหรือใช้เวลาในการหาท่อรั่วนาน ปล่อยเวลาให้เกิดการรั่วไหลนานส่งผลให้ปริมาณน้ำสูญเสียสูง รวมถึงขาดเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการซ่อมปรับปรุงท่อ

2. วิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงในปัจจุบัน

การประปานครหลวงบริหารจัดการน้ำสูญเสียโดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยเฝ้าระวังน้ำสูญเสีย (District metering area, DMA) เพื่อให้ง่ายต่อการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย พร้อมติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลและแรงดันน้ำ (Remote terminal unit, RTU) การเฝ้าระวังน้ำสูญเสียในท่อจ่ายและท่อบริการในพื้นที่ DMA จะพิจารณาจากค่าอัตราการไหลของน้ำเวลากลางคืนต่ำสุด (Minimum Night Flow, MNF) เป็นหลัก โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ติดตามน้ำสูญเสียด้วยระบบพื้นที่เฝ้าระวัง (District metering area, DMA) ปริมาณน้ำสูญเสียในพื้นที่ DMA ถูกประเมินจากผลต่างของปริมาณน้ำเข้า/ออก

และน้ำจำหน่ายในพื้นที่เพื่อทำสมดุลน้ำ (Water balance) และพิจารณาค่าอัตราการไหลของน้ำเวลากลางคืนต่ำสุดเป็นหลัก

ขั้นตอนที่ 2 จำกัดพื้นที่ (Localization) เมื่อสงสัยว่ามีท่อแตกรั่วในพื้นที่ DMA ด้วยวิธีการทดสอบแบบแบ่งช่วง (Step test) คือปิดวาล์วบนท่อจ่ายน้ำประปาแต่ละส่วนตามลำดับ และตรวจสอบอัตราการไหลหลังจากปิดวาล์วแต่ละครั้ง หากอัตราการไหลลดลงอย่างมีนัยยะหลังจากปิดวาล์วเฉพาะจุดแสดงว่า ตำแหน่งที่รั่วอาจจะอยู่ในช่วงท่อแยกที่ทำการปิดวาล์วส่วนนั้น

ขั้นตอนที่ 3 ระบุตำแหน่งจุดแตกรั่ว (Pinpoint) บนท่อประปาด้วยวิธีการฟังเสียงน้ำรั่ว โดยใช้อุปกรณ์ไม้ฟังเสียงน้ำรั่ว (Traditional techniques with listening stick) ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญส่วนบุคคลในการฟังเสียงน้ำรั่ว แล้วระบุจุดรั่วเพื่อดำเนินการซ่อมปรับปรุงท่อ

การดำเนินการในแต่ละขั้นตอนพบว่ามีข้อขัดข้องและและมีข้อจำกัดในการดำเนินการค่อนข้างมาก เช่น ความสมบูรณ์ของเครื่องวัด RTU ในแต่ละพื้นที่ DMA การทดสอบ Step test รวมถึงความคลาดเคลื่อนการระบุจุดแตกรั่ว ส่งผลให้ประสิทธิภาพการหาตำแหน่งท่อรั่วทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร หลักการการหาท่อรั่วด้วยการฟังเสียงคือ น้ำที่รั่วออกจากท่อจะทำให้เกิดเสียง คลื่นเสียงจะแพร่กระจายตามผนังท่อ ข้อต่อ และพื้นดินโดยรอบโดยเฉพาะน้ำที่อยู่ภายในท่อ วัสดุท่อที่แข็งจะกระจายเสียงได้ดีกว่าท่อที่มีความยืดหยุ่น ความยืดหยุ่นของวัสดุท่อทำให้คลื่นความดันเสียงลดลง ความเร็วของเสียงรั่วในท่อน้ำจึงขึ้นอยู่กับวัสดุท่อ และอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาของผนังท่อ ท่อพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า จะดูดซับเสียงได้ดี ทำให้คลื่นเสียงอ่อนลงเมื่อต้องเดินทางในระยะไกล เนื่องจากความเข้มเสียงน้ำรั่วสามารถลดลงได้อย่างรวดเร็วบนท่อพลาสติก และเสียงน้ำรั่วที่เกิดขึ้นบนท่อพลาสติกมีความถี่ต่ำซึ่งบางช่วงความถี่ที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยินได้ (ต่ำกว่า 20 Hz)¹¹ ซึ่งท่อจ่ายน้ำและท่อบริการส่วนใหญ่ของการประปานครหลวงเป็นท่อพลาสติก การหาตำแหน่งจุดรั่วจึงทำได้ค่อนข้างยาก อีกประการหนึ่งคือ แรงดันน้ำเฉลี่ยในท่อประปาของการประปานครหลวงมีค่าไม่ถึง 8 เมตร และไม่มีการกำหนดเกณฑ์แรงดันขั้นต่ำ แรงดันน้ำต่ำเป็นอุปสรรคต่อการใช้เครื่องมือหาท่อรั่วโดยใช้หลักการของเสียงน้ำรั่ว เนื่องจากอุปกรณ์หาท่อรั่วด้วย

หลักการของเสียง เช่น Listening stick, Geophone, Leak noise correlator, Leak noise loggers จะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อแรงดันน้ำในท่อประปามากกว่า 10 เมตรขึ้นไป¹¹ มาตรการในการดำเนินการเพื่อลดน้ำสูญเสียจากการประปานครหลวงใช้อยู่¹² คือ การบริหารจัดการแรงดันน้ำเพื่อลดน้ำสูญเสีย การปรับปรุงท่อจ่ายน้ำคิดเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 1,200 กิโลเมตรต่อปี การบริหารจัดการเครื่องวัดให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้ โครงการระบบโครงข่ายท่อประธานอัจฉริยะ(Smart water grid) โครงการบริหารจัดการพื้นที่เฝ้าระวัง งานจ้างบริหารจัดการน้ำสูญเสียในพื้นที่เป้าหมายที่มีน้ำสูญเสียสูง กรณีที่ตรวจสอบพบการรั่วไหลจะดำเนินการซ่อมหรือเปลี่ยนท่อ รวมถึงการเปลี่ยนมาตรวัดน้ำตามวาระการใช้งาน และเปลี่ยนมาตรวัดน้ำที่วัดคลาดเคลื่อนตามแผนการดำเนินงาน เพื่อลดปริมาณน้ำสูญเสียในภาพรวม รวมถึงการเปลี่ยนท่อตามอายุการใช้งานและสถิติการแตกรั่ว แต่มาตรการดังกล่าว ยังไม่สามารถทำให้อัตราการน้ำสูญเสียลดลงตามเป้าหมายได้ โดยสาเหตุที่ทำให้การประปานครหลวงไม่สามารถลดน้ำสูญเสียได้ตามเป้าหมายสรุปได้ ดังนี้

1. การประปานครหลวงไม่มีระบบเฝ้าระวังน้ำรั่วในท่อประธานที่ชัดเจน การดำเนินการที่ทำอยู่เป็นการเฝ้าระวังเชิงตั้งรับ จะทราบว่าการรั่วในท่อประธานเมื่อได้รับแจ้ง หรือมีการรั่วไหลในปริมาณมากเกิดขึ้นแล้ว ส่งผลให้การรั่วไหลที่เกิดขึ้นมีปริมาณการรั่วไหลสูงเนื่องจากเป็นการรั่วอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยที่ กปน. ไม่ทราบข้อมูล

2. เครื่องวัดอัตราการไหลน้ำของการประปานครหลวง ในท่อประธาน (เครื่องวัด U/UZ) และท่อจ่ายวัดอัตราการไหลในพื้นที่ DMA บางส่วนมีสภาพชำรุดใช้งานไม่ได้ บางส่วนวัดค่าได้คลาดเคลื่อน และเครื่องวัดในท่อประธานมีจำนวนไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์สมดุลน้ำ โดยเฉพาะมาตรวัดน้ำ DMA สามารถใช้งานได้ประมาณ 70% นั้นหมายถึงมีมาตรวัดน้ำ DMA ที่ชำรุดถึง 30% จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์สมดุลน้ำทั้งในระบบท่อประธาน และในระดับ DMA ได้ถูกต้อง ทำให้ไม่สามารถประเมินอัตราการน้ำสูญเสียที่แท้จริงในระบบท่อประธานและในพื้นที่ DMA เมื่อไม่ทราบอัตราการน้ำสูญเสียในพื้นที่ย่อยที่แท้จริงจึงไม่สามารถจัดลำดับความสำคัญของปัญหาน้ำสูญเสียในแต่ละพื้นที่ได้อย่างถูกต้อง และแก้ไขปัญหาน้ำสูญเสียไม่ได้ตามเป้าหมาย

4. การประปานครหลวงไม่ได้ดำเนินการจัดทำสมดุลน้ำอย่างละเอียดและถูกต้อง เนื่องจากเครื่องวัดในท่อประธานและท่อจ่ายไม่สมบูรณ์ และมีจำนวนไม่เพียงพอที่จะทำสมดุลน้ำได้ทั้งระบบ ปัจจุบันจึงทำได้เพียงสมดุลน้ำแบบ Top down ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องด้วยข้อมูลและสมดุลน้ำแบบ Bottom up และไม่สามารถหาปริมาณน้ำสูญเสียแบบแยกองค์ประกอบได้ (Leakage component analysis)

5. ขาดการบูรณาการของข้อมูลต่างๆ จากเครื่องวัดในระบบท่อประธานและท่อจ่าย การใช้ข้อมูลของแต่ละหน่วยงานมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และไม่เชื่อมโยงกัน เช่น ข้อมูลมาตรวัดน้ำ DMA ในระบบ GIS และ Smart map ไม่ตรงกัน

6. การเปลี่ยนท่อประปาที่ชำรุดไม่สามารถแก้ไขปัญหาน้ำสูญเสียได้ตรงจุด เนื่องจากท่อที่ชำรุดเสื่อมสภาพหลายเส้นทาง โดยเฉพาะในพื้นที่เขตเมืองที่การจราจรหนาแน่นไม่สามารถเปลี่ยนท่อได้ เนื่องจากไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ (กรุงเทพมหานคร) ทั้งท่อประธานและท่อจ่าย และท่อที่เปลี่ยนใหม่พบว่ามีสถิติการแตกรั่วและซ่อมตั้งแต่ปีแรกที่วางท่อ สาเหตุคาดว่าเกิดจากการวางท่อที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่การประปานครหลวงกำหนด

7. ข้อมูลจากเครื่องวัดจากโรงสูบน้ำ บันทึบท่อประธาน และท่อจ่ายยังไม่ได้เชื่อมโยงกันแบบอัตโนมัติ เพื่อประมวลผลร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ และการประปา นครหลวงยังไม่มีแอปพลิเคชันที่รองรับข้อมูลจากเครื่องวัดทั้งระบบของการประปา นครหลวงเพื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำ และตรวจสอบการรั่วไหลที่มีประสิทธิภาพ และเครื่องวัดอัตราการไหลบางส่วนอยู่ในสภาพชำรุด ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์หาอัตราน้ำสูญเสียในท่อประธานได้

8. การประปานครหลวงไม่มีการกำหนดเกณฑ์แรงดันขั้นต่ำ เหมือนต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกากำหนดที่ 14^{13} เมตรทุกกรณี กัมพูชา กรุงพนมเปญ กำหนดที่ 10^{13} เมตร และฟิลิปปินส์ กรุงมะนิลา กำหนดที่ 5^{13} เมตร ทำให้แรงดันในพื้นที่ DMA หลายพื้นที่มีแรงดันต่ำกว่า 5 เมตรตลอดเวลา และมีความพยายามปรับลดแรงดันเพื่อลดอัตราน้ำสูญเสีย แต่เป็นการลดน้ำสูญเสียชั่วคราว เนื่องจากจุดรั่วยังไม่ได้รับการแก้ไข ซึ่งแรงดันต่ำส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องมือหาท่อรั่วด้วยหลักการคลื่นเสียง (Acoustic and Noise) เช่น Leak Noise Loggers และ Leak Noise Correlators เป็นต้น โดยเครื่องมือหาท่อรั่วดังกล่าว จะใช้งานได้ผลที่แรงดันน้ำตั้งแต่ 10^{11} เมตรขึ้นไป

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม

วิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการประปานครหลวง โดยใช้การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT Analysis) และปัจจัยนำเข้าอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางในการบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้ทรัพยากรและปัจจัยสนับสนุนที่มี สามารถสรุปได้ ดังนี้

จุดแข็ง (Strengths)

- S1 มีโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาและโครงข่ายท่อที่ ครอบคลุม เพียงพอ รองรับความต้องการการใช้น้ำในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ
- S2 สามารถให้บริการน้ำประปาที่มีคุณภาพสะอาด ปลอดภัย ได้มาตรฐาน WHO
- S3 มีระบบงานและกระบวนการทำงานที่สามารถให้บริการ งานประปาได้อย่างต่อเนื่อง
- S4 มีความมั่นคงปลอดภัยของสารสนเทศที่ได้มาตรฐานระดับสากล
- S5 มีพนักงานที่มีความรู้และประสบการณ์ในงานด้านลดน้ำสูญเสีย
- S6 มีความพร้อมด้านคน เครื่องมือ เครื่องจักรในการแก้ไขปัญหา น้ำสูญเสีย

จุดอ่อน (Weaknesses)

- W1 แนวโน้มกำไรสุทธิลดลง
- W2 การบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้ได้ตามเป้าหมายต้องใช้ทรัพยากรดำเนินงานสูง
- W3 การบริหารจัดการโครงการมีความล่าช้ากว่าแผน
- W4 แรงดันน้ำต่ำกว่า 10 เมตร ทำให้เครื่องมือสำรวจท่อรั่วทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ
- W5 ท่อประปาเสื่อมสภาพ ไม่สามารถเปลี่ยนท่อได้
- W6 วางท่อประปาไม่ได้มาตรฐาน ทำให้ท่อประปาแตกรั่ว
- W7 เครื่องวัดชำรุด วัดปริมาณน้ำและอัตราการไหลไม่เที่ยงตรง
- W8 ข้อมูลจากเครื่องวัดในระบบต่างๆ ยังไม่ได้เชื่อมโยงกันแบบอัตโนมัติ
- W9 องค์กรยังไม่สามารถบูรณาการข้อมูลแต่ละส่วนงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โอกาส (Opportunities)

- O1 นโยบายการลดน้ำสูญเสียและเพิ่มแรงดันน้ำ เป็นนโยบายหลักขององค์กร
- O2 พนักงานรุ่นใหม่มีทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัล ช่วยพัฒนาองค์กรให้ทันสมัย

O3 การพัฒนาพื้นที่เมืองแนวตั้ง แนวราบ เมืองอัจฉริยะ และโครงข่ายระบบการขนส่งมวลชนเป็นโอกาสเพื่อต่อยอดทางธุรกิจระบบประปา

O4 เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเกี่ยวกับกิจการประปา

O5 Data driven สนับสนุนการขับเคลื่อนการดำเนินงานขององค์กร

O6 นโยบาย ESG และ BCG Model เป็นโอกาสในการปรับกระบวนการทำงานและนวัตกรรมขององค์กร

O7 การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และการตลาดด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัย

อุปสรรค (Threats)

T1 เนื่องจากพื้นที่รับผิดชอบอยู่ในเขตเมือง การขออนุญาตหน่วยงานเจ้าของพื้นที่เพื่อขุดถนนปรับปรุงท่อประปา ทำได้ยากใช้เวลานาน

T2 การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศส่งผลให้น้ำทะเลหนุนสูงมีความรุนแรงยิ่งขึ้น ส่งผลกระทบต่อปริมาณ และคุณภาพน้ำดิบ และน้ำประปา

T3 การชะลอตัวของเศรษฐกิจ อสังหาริมทรัพย์ และภาคอุตสาหกรรม ทำให้รายได้ขององค์กรลดลง ปัญหาการลักขโมยใช้น้ำเพิ่มขึ้น

T4 กฎหมายและกฎระเบียบที่เปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบต่อรายได้ ค่าใช้จ่าย และการดำเนินงานของการประปานครหลวง

T5 การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของสังคมและเทคโนโลยีทำให้องค์กรต้องปรับเปลี่ยน ด้านบุคลากร กระบวนการ เทคโนโลยี เพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลง

เมื่อนำจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค มาวิเคราะห์ด้วย TOWS Matrix ทำให้สามารถวิเคราะห์ความท้าทายเชิงกลยุทธ์และความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความท้าทายเชิงกลยุทธ์

1.1 การเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพระบบประปาให้ครอบคลุมทุกมิติ

พิจารณาจุดอ่อน (W2) การบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้ได้ตามเป้าหมาย ต้องใช้ทรัพยากรดำเนินงานค่อนข้างสูง (W3) การบริหารจัดการโครงการมีความล่าช้ากว่าแผน (W4) แรงดันน้ำต่ำกว่า 10 เมตร ทำให้เครื่องมือสำรวจท่อรั่วทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ (W5) ท่อประปาเสื่อมสภาพ ไม่สามารถเปลี่ยนท่อได้ (W6) วางท่อประปาไม่ได้มาตรฐาน ทำให้ท่อประปาแตกรั่ว (W7) เครื่องวัดชำรุด วัดปริมาณน้ำและอัตราการไหลไม่เที่ยงตรง

ประกอบกับความท้าทายในการบริหารจัดการต่อ (T1) เนื่องจากพื้นที่รับผิดชอบอยู่ในเขตเมือง การขออนุญาตหน่วยงานเจ้าของพื้นที่เพื่อขุดถนนปรับปรุงท่อประปา ทำได้ยากใช้เวลานาน (T2) การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศส่งผลให้น้ำทะเลหนุนสูงมีความรุนแรงยิ่งขึ้น ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพน้ำดิบ และน้ำประปา พร้อมการบูรณาการกับโอกาส (O1) นโยบายการลดน้ำสูญเสียและเพิ่มแรงดันน้ำ เป็นนโยบายหลักขององค์กร (O6) นโยบาย ESG และ BCG Model เป็นโอกาสในการปรับกระบวนการทำงาน และนวัตกรรมขององค์กร

1.2 ความสามารถในการปรับตัวขององค์กร เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีดิจิทัล และพฤติกรรมของลูกค้า

พิจารณาจุดอ่อน (W8) ข้อมูลจากเครื่องวัดในระบบต่างๆ ไม่ได้เชื่อมโยงกันแบบอัตโนมัติ (W9) องค์กรยังไม่สามารถบูรณาการข้อมูลแต่ละส่วนงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นความท้าทายในการตอบสนองต่อ (T3) การชะลอตัวของเศรษฐกิจ อสังหาริมทรัพย์ และภาคอุตสาหกรรม ทำให้รายได้ขององค์กรลดลง ปัญหาการลักขโมยใช้น้ำเพิ่มขึ้น (T5) การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของสังคมและเทคโนโลยีทำให้องค์กรต้องปรับเปลี่ยน ด้านบุคลากร กระบวนการ เทคโนโลยี เพื่อรับมือต่อการเปลี่ยนแปลง สอดรับกับโอกาสในการพัฒนาองค์กร (O2) พนักงานรุ่นใหม่มีทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัล ช่วยพัฒนาองค์กรให้ทันสมัย (O4) เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเกี่ยวกับกิจการประปา (O5) Data driven สนับสนุนการขับเคลื่อนการดำเนินงานขององค์กร

1.3 การบริหารจัดการต้นทุน รวมทั้งดำเนินนโยบายการเงินอย่างมีประสิทธิภาพ

พิจารณาจากจุดอ่อน (W1) แนวโน้มกำไรสุทธิลดลง (W2) การบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้ได้ตามเป้าหมายต้องใช้ทรัพยากรดำเนินงานค่อนข้างสูงและ (T4) กฎหมายและกฎระเบียบที่เปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบต่อรายได้ ค่าใช้จ่าย และการดำเนินงานของการประปานครหลวง

2. การวิเคราะห์ความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์

2.1 การบริหารจัดการระบบประปาที่มีคุณภาพได้มาตรฐานอย่างต่อเนื่อง ช่วยสนับสนุนนโยบายการลดน้ำสูญเสียขององค์กร และการให้บริการลูกค้า

พิจารณาจากจุดแข็ง (S2) การประสานครหลวงสามารถให้บริการน้ำประปาที่มีคุณภาพสะอาด ปลอดภัย ได้มาตรฐาน WHO (S3) มีระบบงานและกระบวนการทำงานที่สามารถให้บริการงานประปาได้อย่างต่อเนื่อง (S5) มีพนักงานที่มีความรู้และประสบการณ์ในงานด้านลดน้ำสูญเสีย (S6) มีความพร้อมด้านคน เครื่องมือ เครื่องจักรในการแก้ไขปัญหา น้ำสูญเสีย สอดคล้องกับโอกาส (O1) นโยบายการลดน้ำสูญเสียและเพิ่มแรงดันน้ำ เป็นนโยบายหลักขององค์กร (O3) การพัฒนาพื้นที่เมืองแนวตั้ง แนวราบ เมืองอัจฉริยะ และโครงข่ายระบบการขนส่งมวลชน เป็นโอกาสเพื่อต่อยอดทางธุรกิจระบบประปา

2.2 โครงข่ายท่อที่ครอบคลุม และระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ ทำให้การบูรณาการข้อมูลจาก Sensors ในระบบประปาสามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นได้ในอนาคต และเพิ่มโอกาสในการขยายฐานลูกค้า

พิจารณาจากจุดแข็ง (S1) มีโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาและโครงข่ายท่อที่ครอบคลุมเพียงพอ รองรับความต้องการการใช้น้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ (S4) มีความมั่นคงปลอดภัยของสารสนเทศที่ได้มาตรฐานระดับสากล (O4) เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเกี่ยวกับกิจการประปา (O7) การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และการตลาดด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัย

นอกจากจุดแข็งด้านความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาที่ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ สามารถให้บริการประปาได้อย่างต่อเนื่อง มีความมั่นคงและปลอดภัยของระบบสารสนเทศที่ได้มาตรฐานแล้ว การประสานครหลวงยังมีแผนน้ำประปา ปลอดภัย (Water safety plan)¹³ ที่ครอบคลุมภารกิจในห่วงโซ่การผลิตน้ำประปา ได้แก่ แหล่งน้ำดิบ การผลิตน้ำ การสูบน้ำ การบริการผู้ใช้น้ำ และงานสนับสนุนต่างๆ เพื่อให้ น้ำประปามีความปลอดภัย เป็นไปตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (World health organization, WHO) ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและจ่ายน้ำประปา ให้ประชาชน เช่น การปนเปื้อนของน้ำหรือการหยุดชะงักของระบบที่อาจกระทบต่อ

คุณภาพน้ำและความปลอดภัยของผู้บริโภคเพื่อให้แน่ใจว่าน้ำที่จ่ายให้กับประชาชนมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด เตรียมความพร้อมในการรับมือกับเหตุการณ์ หรือสถานการณ์วิกฤตที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการจ่ายน้ำ เช่น ภัยพิบัติธรรมชาติ การปนเปื้อนที่เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ

แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปา เพื่อรองรับสถานการณ์ปกติ และสถานการณ์ฉุกเฉิน

จากการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสีย การบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงที่ดำเนินการในปัจจุบัน วิเคราะห์ความท้าทายและความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ด้วย TOWS Matrix สามารถสรุปแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปาได้ ดังนี้

1. การสร้างระบบเฝ้าระวังน้ำสูญเสียในท่อประธานและท่อจ่าย ด้วยการตรวจสอบและปรับปรุงเครื่องวัดในระบบตั้งแต่เครื่องวัดจากโรงสูบ เครื่องวัดในท่อประธาน (มาตร U/UZ) และเครื่องวัดในท่อจ่าย (มาตร DMA) ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ พร้อมใช้งาน ติดตั้งมาตร U/UZ และมาตร DMA เพิ่มเติมในพื้นที่เครื่องวัดไม่เพียงพอ เพื่อให้จัดทำสมดุลน้ำในท่อประธานได้ครอบคลุมทุกพื้นที่ เชื่อมโยงข้อมูลจากเครื่องวัดทุกเครื่อง (เครื่องวัดแรงดันน้ำและเครื่องวัดอัตราการไหลน้ำ) ให้สามารถส่งข้อมูลจากเครื่องวัดเข้าแอปพลิเคชันวิเคราะห์สมดุลน้ำในระบบ GIS (Geographic information system) ได้โดยอัตโนมัติ เพื่อวางแผนการสำรวจหาท่อรั่วในท่อประธานและดำเนินการซ่อมตามสภาพความวิกฤติของปัญหา จะช่วยลดอัตราการน้ำสูญเสียในท่อประธานอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้หลักการเดียวกันในการเฝ้าระวังน้ำสูญเสียในท่อจ่าย

2. การบริหารจัดการแรงดันน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการประปา นครหลวงไม่ได้กำหนดเกณฑ์แรงดันน้ำขั้นต่ำไว้เหมือนต่างประเทศ หลายพื้นที่พบว่าแรงดันน้ำไม่ถึง 5 เมตรและต่ำกว่า 3 เมตรในช่วงเวลากลางคืน แรงดันน้ำต่ำส่งผลกระทบต่อการใช้งานเครื่องมือหาท่อรั่วด้วยหลักการคลื่นเสียง เนื่องจากอุปกรณ์หาท่อรั่วที่อาศัยหลักการของคลื่นเสียงจะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อมีแรงดันที่ระดับ 10 เมตรขึ้นไป จึงจำเป็นต้องเพิ่มแรงดันน้ำในเวลากลางคืนให้มากกว่า 10 เมตร เพื่อให้เครื่องมือสำรวจหาท่อรั่วด้วยเสียงใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ลดระยะเวลาในการหาท่อรั่ว และซ่อมท่อได้

รวดเร็ว การลดแรงดันน้ำที่ต่ำอยู่แล้วเพื่อลดอัตราการรั่วไหล นอกจากจะลดน้ำสูญเสียอย่างยั่งยืนไม่ได้ เนื่องจากจุดรั่วไม่ได้รับการแก้ไขแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อการใช้งานน้ำของผู้ใช้น้ำ

3. การซ่อมและเปลี่ยนท่อที่มีประสิทธิภาพ ถึงแม้การประปานครหลวงจะสามารถเปลี่ยนท่อจ่ายได้มากกว่า 1,200 กิโลเมตรต่อปี แต่น้ำสูญเสียกลับลดลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากท่อประธานและท่อจ่ายที่เสื่อมสภาพไม่สามารถเปลี่ยนได้ เพราะไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ จำเป็นต้องจัดลำดับความสำคัญของท่อประปาที่ต้องเปลี่ยน โดยพิจารณาหลักเกณฑ์การปรับปรุงท่อจากพื้นที่ที่มีอัตราน้ำสูญเสียสูงจากการทำสมดุลน้ำเป็นหลัก และต้องวางแผนเพื่อประสานงานกับเจ้าของพื้นที่เพื่อขออนุญาตเข้าดำเนินการปรับปรุงท่อให้ได้ การประปานครหลวงต้องทบทวนกระบวนการขออนุญาตเข้าพื้นที่เพื่อปรับปรุงท่อ โดยต้องยกระดับเป็นการหารือร่วมในระดับผู้นำองค์กร และทำในรูปแบบบันทึกความร่วมมือระหว่างองค์กร (MOU) เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาเพื่อความมั่นคงทางน้ำประปาที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ให้หน่วยงานเจ้าของพื้นที่ยินยอมอนุญาตให้ปรับปรุงท่อประปาในพื้นที่สำคัญที่มีอัตราน้ำสูญเสียสูง งานก่อสร้างวางท่อ ต้องควบคุมงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน ป้องกันการเกิดปัญหาท่อรั่วภายหลังการวางท่อไปแล้ว

4. การควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก (Active Leakage Control, ALC) เป็นแนวทางการจัดการที่มุ่งเน้นการป้องกันปัญหาก่อนที่จะเกิดขึ้นด้วยการค้นหา และซ่อมแซมจุดรั่วไหลก่อนที่จะเกิดปัญหารุนแรง แทนที่จะรอให้มีการแจ้งเหตุจากประชาชนหรือร่อนกระทั่งน้ำรั่วไหลจนเห็นได้ชัด ช่วยให้การบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปามีประสิทธิภาพมากขึ้น กิจกรรมในการการควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก ประกอบด้วย 1) การสำรวจหาจุดรั่วไหลอย่างเป็นระบบและทำอย่างต่อเนื่อง ด้วยอุปกรณ์ฟังเสียงแบบอิเล็กทรอนิกส์ ถ้าแรงดันน้ำในระบบจ่ายน้ำต่ำกว่า 10 เมตร หรือ 1 บาร์ การดำเนินการกิจกรรมการควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก โดยใช้วิธีฟังเสียง (Acoustic Methods) จะเกิดปัญหา 2) การตรวจติดตามปริมาณน้ำรั่วในระบบ โดยใช้เครือข่ายท่ออัจฉริยะที่ติดตั้งอุปกรณ์ Sensors ที่วัดอัตราการไหลและแรงดันน้ำ ที่สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่ศูนย์ข้อมูลแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ระบุตำแหน่ง และคาดการณ์การรั่วไหลหรือระเบิดในระบบท่อ 3) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การรั่วไหล ทำหน้าที่

วิเคราะห์ข้อมูลจากระบบเครือข่ายท่ออัจฉริยะ มีระบบแจ้งเตือนอัจฉริยะ (Smart Alarm) ทั้ง Meters และ Pressure Sensors สามารถตรวจจับความผิดปกติของการไหลในท่อเพื่อระบุพื้นที่ที่มีความเสี่ยงจะเกิดการรั่วไหล 4) การวางแผนซ่อมบำรุงอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อรู้ตำแหน่งท่อแตกแล้วต้องรีบดำเนินการซ่อมโดยทันที ต้องมีการควบคุมคุณภาพการซ่อมให้เป็นไปตามมาตรฐาน การวางแผนงานซ่อมที่รัดกุม การประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลแผนที่ตำแหน่งท่อและประตุน้ำในระบบ GIS ที่ถูกต้องและเป็นปัจจุบัน

5. การปรับปรุงมาตรวัดน้ำผู้ใช้น้ำ โดยเลือกมาตรวัดน้ำให้เหมาะสมกับผู้ใช้น้ำแต่ละประเภท รวมถึงการติดตั้งมาตรวัดน้ำให้ถูกต้องตามมาตรฐาน ไม่ควรพิจารณาเลือกใช้งานมาตรวัดน้ำจากราคา मात्रเป็นเกณฑ์ มาตรการที่วัดปริมาณน้ำได้น้อยกว่าความเป็นจริง หรือวัดปริมาณน้ำได้ไม่ครบถ้วน จะทำให้องค์กรสูญเสียรายได้มหาศาล ประสิทธิภาพและความทนทานของมาตรวัดน้ำเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นจึงต้องกำหนดระยะเวลาใช้งานมาตรวัดน้ำให้เหมาะสม ผ่านโปรแกรมการทดสอบความเที่ยงตรงมาตรวัดน้ำ มาตรฐานใหญ่ที่วัดปริมาณน้ำจำนวนมากมีโอกาที่จะสูญเสียรายได้มากกว่า ดังนั้นจึงควรลงทุนใช้มาตรวัดน้ำที่มีคุณภาพและความแม่นยำสูงด้วยเทคโนโลยีมาตรอัจฉริยะที่มีค่าใช้จ่ายที่ไม่แพงสำหรับกรณีมาตรขนาดใหญ่ ข้อมูลจากมาตรอัจฉริยะที่เก็บไว้จะถูกถ่ายโอนไปยังระบบประมวลผลของหน่วยงาน โดยใช้เครือข่ายเซลลูลาร์จึงจะสามารถระบุความผิดปกติของมาตรได้อย่างรวดเร็ว เช่น การฉ้อโกง การไหลต่ำ/สูง มาตรไม่เดิน เป็นต้น แม้น้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์มักจะมีปริมาณที่น้อยกว่าน้ำสูญเสียเชิงกายภาพในแง่ปริมาณอาจน้อยกว่า แต่ในแง่ของการเงินจะมีมูลค่าสูง การลดน้ำสูญเสียจากมาตรวัดน้ำวัดได้คลาดเคลื่อน จึงทำได้ง่ายกว่าและเร็วกว่า และเห็นผลได้ทันทีต่อรายได้ขององค์กรจัดการน้ำ

6. แผนน้ำประปาปลอดภัย (Water safety plan, WSP)¹⁴ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการรับมือกับเหตุการณ์ หรือสถานการณ์วิกฤติที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการจ่ายน้ำ สำหรับกรณีการก่อการร้ายที่มุ่งโจมตีโรงงานผลิตน้ำของการประปานครหลวง หรือท่อจ่ายน้ำเข้าสถานที่สำคัญที่เป็นจุดยุทธศาสตร์ เช่น กองบัญชาการกองทัพบก หรือหน่วยงานราชการขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญอื่นๆ การ

ปรับปรุงแผนน้ำประปาปลอดภัยให้ครอบคลุมวิกฤตการณ์ที่อาจเกิดขึ้น เป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องบรรจุแนวทางการป้องกันและรับมือวิกฤตการณ์ดังกล่าว โดยแนวทางการป้องกันสถานการณ์การถูกโจมตีท่อจ่ายน้ำเข้าสถานที่สำคัญที่เป็นจุดยุทธศาสตร์ คือ การจัดให้มีมาตรการเฝ้าระวังการก่อเหตุโจมตีท่อจ่ายน้ำเข้าสถานที่ ด้วยการติดตั้งกล้องวงจรปิดบริเวณใกล้เคียงท่อจ่ายน้ำเพื่อดูแลความเรียบร้อยของท่อจ่ายน้ำทางเข้าสถานที่สำคัญตลอด 24 ชั่วโมง สำหรับการรับมือหากมีเหตุการณ์การโจมตีท่อจ่ายน้ำเกิดขึ้น การติดตั้งท่อจ่ายน้ำสำรองใต้ดินเพื่อเป็นทางเลือกสำรองในการจ่ายน้ำเข้าสถานที่สำคัญพร้อมระบบวาล์วควบคุมการไหลกรณีท่อจ่ายน้ำหลักถูกโจมตีจนได้รับความเสียหาย เป็นมาตรการรองรับกับเหตุการณ์วิกฤตที่ควรจัดเตรียมไว้ในแผนน้ำประปาปลอดภัยขององค์กรจัดการน้ำทุกแห่ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จนได้แนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปาให้มีประสิทธิภาพ ตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น ผู้วิจัยได้ค้นคว้าหาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงบทความทางวิชาการต่างๆ เพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์ พบว่าแนวทางดังกล่าวเป็นแนวทางที่ถูกต้อง และถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในองค์กรบริหารจัดการน้ำในระดับสากลทั่วโลก โดยมีงานวิจัย บทความวิชาการที่สนับสนุนแนวคิดดังกล่าว ซึ่งจะได้อภิปรายผลในบทต่อไป

บทที่ 4

บทอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน พบว่ามาตรการการลดน้ำสูญเสียที่ดำเนินการอยู่ รวมถึงโครงการตามแผนปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงสามารถพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้ดียิ่งขึ้น ผ่านแนวทางการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย ซึ่งเป็นไปตามหลักการตามคู่มือ AWWA M36 (Water Audits and Loss Control Programs) สอดคล้องกับผลงานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศ รวมถึงกรณีตัวอย่างการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในต่างประเทศ เช่น ประเทศอังกฤษ ประเทศสเปน และประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งล้วนแต่นำหลักการบริหารจัดการน้ำสูญเสียดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่เกิดประโยชน์ต่อองค์กรบริหารจัดการน้ำของแต่ละประเทศ เป็นสิ่งที่ยืนยันได้ว่าแนวทางดังกล่าวสามารถใช้งานได้จริงและมีความน่าเชื่อถือ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศไทยและต่างประเทศ

บทความวิจัยในประเทศไทย

1. โครงการวิจัยแนวทางการจัดทำระบบเฝ้าระวังน้ำรั่วบนท่อประปานครหลวง¹⁵ โดย อติชัย พรพรหมินทร์ ชัยพร ใจแก้ว และจิรเมธ ช้างคล่อม จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตีพิมพ์เมื่อ ธันวาคม 2565 ผลการวิจัยสรุปว่า ผลการวิเคราะห์สมดุลน้ำระบบโครงข่ายท่อประปานครหลวงในพื้นที่นาร่องสำนักงานประปาสาขาประชาชื่น พบว่าระบบเฝ้าระวังสามารถติดตามเฝ้าระวังสถานการณ์น้ำรั่วได้ดี แอปพลิเคชันต้นแบบที่ทีมวิจัยพัฒนาขึ้นสามารถช่วยในการวิเคราะห์สมดุลน้ำและตรวจสอบเหตุการณ์น้ำรั่ว รวมถึงช่วยแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของมาตรต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งปัจจุบันการประปานครหลวงยังไม่มีแอปพลิเคชันที่สนับสนุนการวิเคราะห์สมดุลน้ำเพื่อเฝ้าระวังน้ำรั่วบนท่อประปานครหลวง ซึ่งผลลัพธ์จากการใช้งานในพื้นที่นาร่อง แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันระบบเฝ้าระวังน้ำรั่วบนท่อประปานครหลวง

โครงการนี้สามารถช่วยสนับสนุนการเฝ้าระวังได้ ดังนั้นการประสานครหลวงควรขยายการใช้งานของแอปพลิเคชันนี้ให้ครอบคลุมโครงข่ายท่อประปาทั้งหมดของการประสานครหลวง

บทความวิจัยในต่างประเทศ

1. บทความวิจัยของประเทศสเปน Institute for water technology. The technical university of Valencia ถูกตีพิมพ์เมื่อปี 2005 เรื่อง “Key Factors Affecting Water Meter Accuracy”¹⁶ (ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำ) ผลการวิจัยสรุปว่า มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำ โดยแบ่งมาตรวัดน้ำออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ มาตรวัดน้ำสำหรับที่พักอาศัย และมาตรวัดน้ำที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย (มาตรวัดน้ำขนาดใหญ่) ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำสำหรับที่พักอาศัย คือ ตำแหน่งการติดตั้งมาตรวัดน้ำ โดยมาตรวัดน้ำควรติดตั้งให้ได้มาตรฐานตามที่ผู้ผลิตแนะนำ อายุการใช้งานที่นานเกินไป การสะสมของตะกอนด้านในตัวเรือนมาตรวัดน้ำ การปิดกั้นบางส่วนของตะแกรงกรองน้ำที่ช่องทางเข้ามาตรวัดน้ำ การใช้ถังพักน้ำของผู้ใช้น้ำที่จะเกิดอัตราไหลต่ำกว่าอัตราการไหลที่มาตรจะบันทึกได้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย คือ การเปลี่ยนแปลงโปรไฟล์ความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลผ่านมาตรวัดน้ำ (Velocity profile distortions) เช่น วาล์วด้านหน้าทางเข้ามาตรวัดน้ำเปิดไม่สุด และขนาดมาตรวัดน้ำที่ไม่เหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำ

2. บทความวิจัยของแอฟริกาใต้ University of Stellenbosch, South Africa ถูกตีพิมพ์เมื่อปี 2015 เรื่อง “Domestic water meter accuracy”¹⁷ (ความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำในครัวเรือน) ผลการวิจัยสรุปว่า อายุการใช้งานมีผลกระทบต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำ แต่มาตรวัดน้ำเก่าส่วนใหญ่ที่ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการยังคงมีความเที่ยงตรงอย่างน่าประหลาดใจแม้อายุมากกว่า 20 ปี การลดน้ำสูญเสียที่เกิดจากมาตรวัดน้ำไม่เที่ยงตรง ต้องคำนึงถึงต้นทุนทางการเงินในการเปลี่ยนมาตรวัดน้ำที่กำหนดช่วงเวลาในการเปลี่ยนมาตรวัดน้ำใหม่เป็น 10 ปี

3. บทความวิจัยของประเทศตุรกี Akdeniz university, Environmental engineering department ถูกตีพิมพ์เมื่อปี 2018 เรื่อง “Management of water losses in water supply and distribution networks in Turkey”¹⁸ (การจัดการน้ำ

สูญเสียในระบบประปา และโครงข่ายท่อจ่ายน้ำในตุรกี) ผลการวิจัยสรุปว่า การบริหารจัดการน้ำสูญเสียดำเนินการโดยแบ่งโครงข่ายท่อจ่ายน้ำขนาดใหญ่ออกเป็นพื้นที่ย่อย (DMA) ในระบบแผนที่ภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อทำสมดุลน้ำ การสร้างแบบจำลองไฮดรอลิก การบริหารจัดการแรงดันน้ำ กิจกรรมควบคุมการรั่วไหล (ALC) การบันทึกปริมาณน้ำของผู้ใช้น้ำ การลดความคลาดเคลื่อนของมาตรวัดน้ำ และการใช้น้ำที่ผิดกฎหมาย เพื่อลดน้ำสูญเสียให้ต่ำกว่า 25% ภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยหน่วยงานจัดการน้ำทั้งหมดต้องรายงานผลการดำเนินงานให้ส่วนกลางทราบถึงผลสำเร็จของการลดน้ำสูญเสีย

ความสอดคล้องกับกรณีศึกษาในประเทศ

โครงการศึกษา Apparent Losses เนื่องจาก Meter Inaccuracy¹⁹ ผลการศึกษาสรุปว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความเที่ยงตรงของมาตรวัดน้ำ มีหลายประการ เช่น ชนิดของมาตรวัดน้ำ ขนาดที่ไม่เหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำ รูปแบบการติดตั้ง การสึกหรอของมาตรวัดน้ำจากการใช้งาน คุณภาพน้ำ สภาพแวดล้อมจากการใช้งาน เป็นต้น ดังนั้น การกำหนดนโยบายหรือแผนปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำสูญเสียอัน เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของมาตรวัดน้ำนั้น จึงควรดำเนินการเพื่อลดผลกระทบจากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น ซึ่งมีแนวทางในการดำเนินการดังนี้ 1) เลือกใช้มาตรวัดน้ำที่มีขนาดที่เหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำ 2) ติดตั้งมาตรวัดน้ำให้เหมาะสม ถูกต้องตามมาตรฐาน 3) เลือกใช้มาตรที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น เช่น มาตรวัดน้ำ class C หรือมาตรวัดน้ำอิเล็กทรอนิกส์ 4) การเปลี่ยนมาตรตามวาระ ผลการศึกษาจากโครงการนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำสูญเสียเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของมาตรวัดน้ำทั้งหมดของการประปานครหลวงเท่ากับ 4.35 % มีค่าเทียบเท่ากับน้ำสูญเสีย 3.04 % ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบ

ความสอดคล้องกับกรณีศึกษาในต่างประเทศ

ประเทศอังกฤษ²⁰ บริษัทจัดการน้ำ Thames Water Utilities Limited (TWUL) ในประเทศอังกฤษได้ติดตั้งมาตรอัจฉริยะจำนวน 300,000 เครื่อง ทั่วทั้งเครือข่าย ข้อมูลจากมาตรอัจฉริยะจะช่วยกำหนดเป้าหมายของลูกค้า และการรั่วไหลในเครือข่ายท่อ โดยวิเคราะห์การไหลจากข้อมูลมาตรอัจฉริยะโดย TWUL จะติดต่อกับลูกค้าหากพบว่ามี การไหลไม่เป็นศูนย์ต่อเนื่องเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ ซึ่งการไหลที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก

ข้อมูลมาตรวัดน้ำของลูกค้า มีโอกาสที่จะเกิดการรั่วไหล ข้อมูลที่รวบรวมจากมาตรอัจฉริยะยังใช้สำหรับหาปริมาณการรั่วไหลของเครือข่ายได้ดียิ่งขึ้น โดยทำสมดูลน้ำใน DMA เพื่อหาปริมาณน้ำรั่วไหลที่เกิดขึ้นจริงทุกสัปดาห์ ในช่วงเวลา 03.00 - 04.00 น. ข้อมูลที่แม่นยำขึ้นจากระบบเครือข่ายอัจฉริยะ ของลูกค้าสามารถใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของบ้านพักอาศัยทั้งหมดภายใน DMA มาตรอัจฉริยะช่วยให้ TWUL สามารถกำหนดเป้าหมายและจัดการความผิดพลาดของการระบุตำแหน่งจุดรั่วไหลบนเครือข่ายท่อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น TWUL ได้ติดตั้ง Acoustic Loggers จำนวน 26000 เครื่องใน 200 DMA และดำเนินการพัฒนาแพลตฟอร์มเพื่อจัดการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยส่วนใหญ่ Loggers จะติดตั้งบนท่อเหล็ก กรณีที่เป็นท่อพลาสติกจำเป็นต้องติดตั้งในระยะที่ใกล้กันมากขึ้น เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้งานจะลดลงกรณีท่อพลาสติก เพื่อกำหนดเป้าหมายและระบุจุดรั่วไหลได้อย่างถูกต้อง

ประเทศสเปน²⁰ บริษัท AMAEM เป็นบริษัทบริหารจัดการน้ำใน Spain ดูแลมาตรวัดน้ำมากกว่า 280,000 เครื่อง ซึ่งมากกว่า 2 ใน 3 เป็นมาตรอัจฉริยะ (ผู้ใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมและผู้ใช้น้ำรายใหญ่ 100 %) AMAEM วิเคราะห์ข้อมูล MNF (Minimum Night Flow) โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นภายในองค์กร และประสบความสำเร็จในการช่วยให้ตรวจจับการรั่วไหลได้แม้เพียงเล็กน้อย การรั่วไหลส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากฝั่งลูกค้า (หลังมาตรวัดน้ำ) เนื่องจากลูกค้าได้รับการแจ้งเตือนการใช้น้ำที่ผิดปกติจากมาตรอัจฉริยะ และ AMAEM ทำสมดูลน้ำโดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำจากมาตรวัดน้ำ DMA กับมาตรอัจฉริยะของลูกค้าเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำสูญเสียในแต่ละ DMA แต่ยังไม่ครอบคลุมทุกเครือข่ายเนื่องจากมาตรอัจฉริยะไม่ได้ติดตั้งครอบคลุมพื้นที่ 100 % AMAEM ให้ความสำคัญของการสำรวจและซ่อมท่อตามปริมาณน้ำสูญเสียในแต่ละ DMA โดยมีจุดประสงค์ในการซ่อมท่อแม้มีการรั่วไหลที่เล็กน้อย เนื่องจากราคาน้ำค่อนข้างสูง พวกเขาใช้ Acoustic Leakage Loggers กับ DMA ที่มีการสูญเสียน้ำในระดับสูงสุด ส่วนเครือข่ายท่อที่ไม่มีมาตรวัดน้ำ DMA พวกเขาจะวาง Acoustic Leakage Loggers ให้ถี่ขึ้นเพื่อระบุการรั่วไหล ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ MNF จะค่อนข้างแม่นยำ เนื่องจากสัญญาณการรั่วไหลเกิดขึ้นชัดเจน AMAEM วางแผนงานในอนาคต ดังนี้

1. ขยายพื้นที่การติดตั้งมาตร DMA ให้ครอบคลุมเครื่องข่ายการให้บริการให้เต็มที่
2. ใช้มาตรวัดน้ำอิเล็กทรอนิกส์แทนมาตรวัดน้ำใบพัด เนื่องจากประสิทธิภาพการวัดดีกว่า
3. ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดัน (Pressure Sensors) แบบชั่วคราว เพื่อตรวจสอบและระบุการรั่วไหลในระบบท่อ

ประเทศสหรัฐอเมริกา²⁰ อัตราน้ำสูญเสียในสหรัฐอเมริกาคิดเป็น 14-18 % AWWA ได้พัฒนาวิธีการตรวจสอบซึ่งเป็นแนวทางปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ เพื่อหาน้ำสูญเสียที่มาจากการรั่ว มาตรวัดน้ำวัดคลาดเคลื่อน การลักใช้น้ำ โดยอธิบายไว้ในคู่มือ M36 Water Audits and Loss Control Programs และ AWWA ได้พัฒนา Software เพื่อใช้ในการตรวจสอบคำนวณค่าใช้จ่ายของน้ำสูญเสียเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน รวมถึงกำหนดค่า ILI (Infrastructure Leakage Index) รายงานเมื่อปี 2017 พบว่าในสหรัฐอเมริกามีการติดตั้งมาตรอัจฉริยะราว 35% เพื่อลดระยะเวลาในการอ่านมาตร โดยระบบอ่านมาตรอัตโนมัติโดยทั่วไปจะไม่ถูกใช้เพื่อการตรวจจับการรั่วไหล เนื่องจากข้อมูลที่ได้จะเป็นรายชั่วโมงหรือรายวัน โดยทำการรวบรวมข้อมูลเป็นรายสัปดาห์หรือรายเดือน มีการใช้ Sensors ตรวจจับการรั่วไหล รวมถึงเทคโนโลยีที่ทำในเส้นท่อ เช่น Sahara และ Smart Ball การตรวจสอบ Fixed Acoustic แบบคงที่และกึ่งคงที่เชื่อมโยงการทำงานด้วย Software ตรวจจับการรั่วไหล คาดการณ์ตำแหน่งการรั่วไหล และการวิเคราะห์ข้อมูลท่อระเบิด สแกนผ่านดาวเทียมร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รวมถึงตัวอย่างการบริหารจัดการน้ำสูญเสียขององค์กรจัดการน้ำในต่างประเทศ พบว่ามีหลักการในการจัดการน้ำสูญเสียที่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ ทั้งในด้านการพัฒนาระบบเฝ้าระวังน้ำสูญเสียผ่านแอปพลิเคชันที่ทันสมัย การจัดการแรงดันน้ำ การซ่อมและเปลี่ยนท่อที่มีประสิทธิภาพ การควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก และการปรับปรุงมาตรวัดน้ำให้วัดได้เที่ยงตรง สามารถนำแนวทางดังกล่าวไปใช้กับองค์กรจัดการน้ำทุกที่ เพื่อลดอัตราการน้ำสูญเสียอย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสมและเกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

บทที่ 5

บทสรุป

จากการศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบประปาเพื่อรองรับสถานการณ์ปกติ และสถานการณ์วิกฤต ด้วยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการประปานครหลวง เพื่อวิเคราะห์ความท้าทายเชิงกลยุทธ์และความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ของการประปานครหลวงในการแก้ไขปัญหาสูญเสีย พบว่าการบริหารจัดการน้ำสูญเสียของการประปานครหลวงที่ดำเนินการอยู่ สามารถพัฒนาให้ดีขึ้นผ่านกลไกการสร้างระบบเฝ้าระวังน้ำสูญเสียในท่อประธานและท่อจ่าย การบริหารจัดการแรงดันน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การซ่อมและเปลี่ยนท่อที่มีประสิทธิภาพ การควบคุมน้ำสูญเสียเชิงรุก การปรับปรุงมาตรวัดน้ำผู้ใช้น้ำ สอดคล้องกับหลักการบริหารจัดการน้ำสูญเสียที่ใช้ระดับสากล

กรณีที่เกิดอุบัติเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อระบบประปา เช่น ภาวะภัยแล้ง เกิดอุทกภัยทำให้น้ำดิบด้อยคุณภาพ การรุกรานของน้ำเค็ม ท่อส่งน้ำดิบแตก การประปานครหลวงมีแผนน้ำประปาปลอดภัยรองรับ โดยมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพน้ำประปา และการผลิตน้ำประปาให้มีปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งครอบคลุมภารกิจในห่วงโซ่การผลิตน้ำประปา ได้แก่ แหล่งน้ำดิบ การผลิตน้ำ การสูบน้ำ การบริการผู้ใช้น้ำ รวมถึงงานสนับสนุนต่าง ๆ เพื่อให้เป็นไปตามหลักการที่ถูกต้องของแผนน้ำประปาปลอดภัยที่แนะนำโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) สำหรับการบริหารจัดการน้ำสูญเสียในสถานการณ์วิกฤต กิจกรรมการลดน้ำสูญเสียต่างๆ ทั้ง การทำสมุดน้ำ การสำรวจหาท่อรั่ว การบริหารจัดการแรงดันน้ำ การซ่อมและเปลี่ยนท่อ ยังคงต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องเหมือนสภาวะปกติ แต่จะปรับกระบวนการในการสำรวจท่อรั่ว และการบริหารจัดการแรงดันน้ำ ที่จะต้องเพิ่มบุคลากรในงานสำรวจท่อรั่วเพื่อหาท่อรั่วให้รวดเร็ว และปรับแรงดันน้ำให้ปริมาณน้ำรั่วลดลง ปรับปรุงแผนน้ำประปาปลอดภัยให้ครอบคลุมวิกฤตการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น มีมาตรการเฝ้าระวังการก่อเหตุโจมตีท่อจ่ายน้ำเข้าสถานที่สำคัญ ด้วยการติดตั้งกล้องวงจรปิดบริเวณใกล้เคียงท่อจ่ายน้ำตลอด 24 ชั่วโมง ติดตั้งท่อจ่ายน้ำสำรองใต้ดินเพื่อเป็นทางเลือกสำรองในการจ่ายน้ำเข้าสถานที่สำคัญพร้อมระบบวาล์ว

ควบคุมการไหล รวมถึงแผนตอบโต้สภาวะฉุกเฉินครอบคลุมในทุกมิติ เพื่อลดน้ำสูญเสียในกระบวนการให้มากที่สุด ตอบสนองต่อความต้องการใช้น้ำประปาในสถานการณ์วิกฤต โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. มาตรวัดน้ำในท่อประธานและท่อจ่าย ที่เป็นหัวใจของการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย ต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ให้พร้อมใช้งาน และมีจำนวนที่เพียงพอต่อการทำสมดุลน้ำ เพื่อหาอัตราน้ำสูญเสีย และเผื่อสำรองน้ำสูญเสีย

2. การประปานครหลวงต้องพัฒนาระบบเผื่อสำรองน้ำสูญเสียดำเนินการผ่านแอปพลิเคชันในระบบ GIS โดยข้อมูลจากเครื่องวัดในระบบทั้งระบบจ่ายน้ำ ท่อประธาน และท่อจ่ายต้องเชื่อมโยงกันได้อย่างอัตโนมัติ ประมวลผลผ่านแอปพลิเคชันเผื่อสำรองน้ำสูญเสีย เพื่อการวิเคราะห์สมดุลน้ำได้อย่างถูกต้อง

3. จำนวนการติดตั้งเครื่องวัดแรงดันน้ำ (Pressure sensors) ที่ส่งข้อมูลอัตโนมัติ ต้องมีจำนวนที่เพียงพอครอบคลุมพื้นที่ในแต่ละ DMA เพื่อให้วิเคราะห์พื้นที่ที่อาจจะเกิดท่อรั่วใต้ดินได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลในต่างประเทศแนะนำให้ติดตั้งเครื่องวัดแรงดันน้ำจำนวน 5¹⁹ เครื่องในทุก DMA เพื่อจัดทำแผนที่การเปลี่ยนแปลงแรงดันในเครือข่ายท่อ และระบุตำแหน่งการรั่วไหลได้อย่างรวดเร็ว

4. การประปานครหลวงต้องเพิ่มแรงดันน้ำในระบบท่อจ่ายให้สูงกว่า 10 เมตร เพื่อให้อุปกรณ์สำรวจท่อรั่วด้วยหลักการฟังเสียงใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. การสร้างโครงข่ายท่ออัจฉริยะในระบบแผนที่ GIS เพื่อเผื่อสำรองน้ำสูญเสีย นอกจากเครื่องวัดที่ส่งข้อมูลเข้าระบบแบบอัตโนมัติแล้ว ต้องติดตั้งมาตรอัจฉริยะสำหรับมาตรวัดน้ำผู้ใช้น้ำรายใหญ่ เพื่อแยกองค์ประกอบน้ำสูญเสีย และแก้ปัญหาให้ตรงจุด

6. ระบุตำแหน่งการรั่วให้แม่นยำขึ้นด้วยเครื่องมือหาท่อรั่วประสิทธิภาพสูง เช่น Leak noise correlators แบบ Hydrophone เนื่องจากปัจจุบันเครื่องมือหาท่อรั่วแบบ Hydrophone มีราคาแพงมาก การประกาศควรให้ทุนสนับสนุนการวิจัยแก้

มหาวิทยาลัยในประเทศในการพัฒนานวัตกรรมเครื่องมือหาท่อแบบ Hydrophone ใช้ในงานในกิจการ และสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นธุรกิจเสริมในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลา และความครบถ้วนของข้อมูลสนับสนุนที่นำมาวิเคราะห์ในการทำวิจัยครั้งนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ควรมีการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาน้ำสูญเสีย โดยเฉพาะแรงดันน้ำที่ต่ำซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการใช้เครื่องมือหาท่อด้วยการฟังเสียง ทำให้หาจุดรั่วได้ดินไม่เจอ
2. ในการวิจัยเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย จำเป็นต้องวิเคราะห์การทำสมดุลน้ำ (Water balance) ขององค์กรจัดการน้ำว่ามีประสิทธิภาพและความแม่นยำเพียงพอต่อการคำนวณหาอัตราน้ำสูญเสียที่ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการบริหารจัดการน้ำสูญเสียให้มีประสิทธิภาพ
3. ควรมีการวิเคราะห์แยกองค์ประกอบของน้ำสูญเสียเชิงกายภาพ และน้ำสูญเสียเชิงพาณิชย์ในแต่ละพื้นที่ DMA อย่างถูกต้อง เพื่อวางแผนแก้ไขปัญหาน้ำสูญเสียให้ตรงจุด

เอกสารอ้างอิง

1. การประปานครหลวง. แผนวิสาหกิจการประปานครหลวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2566 - 2570). 2567; 1-26.
2. ราชกิจจานุเบกษา. ประกาศคณะกรรมการนโยบายรัฐวิสาหกิจ เรื่อง แผนพัฒนาวิสาหกิจ พ.ศ. 2566 - 2570. พุทธศักราช 2565; เล่ม 139 ตอนพิเศษ 277 ง.
3. แผนเตรียมพร้อมแห่งชาติและแผนบริหารวิกฤตการณ์ (พ.ศ. 2566 - 2570). 2566.
4. ราชกิจจานุเบกษา. ประกาศ เรื่อง ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580). 2561; เล่ม 135 ตอนที่ 82 ก.
5. ราชกิจจานุเบกษา. ประกาศสำนักนายกรัฐมนตรี เรื่อง แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ (19) ประเด็นด้าน การบริหารจัดการน้ำทั้งระบบ (พ.ศ. 2561 - 2580). 2566; เล่ม 140 ตอนพิเศษ 51 ง.
6. ราชกิจจานุเบกษา. ประกาศ เรื่อง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570). 2565; เล่ม 139 ตอนพิเศษ 258 ง.
7. รายงานประจำปี 2566 การประปานครหลวง. 2566; 74-114.
8. American Water Works Association. Manual of water supply practices M36, Water audit and loss control program. 3nd ed. Denver: 2009.
9. Sharma S. Performance indicators of water losses in distribution system. Delft, The Netherlands; April 2008.
10. มรุตพร จันจันวงศ์. การลดน้ำสูญเสียในระบบจ่ายน้ำประปา. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2559; 26: 525-32.
11. Hamilton S, Charalambos B. Leak detection technologies and implementation. 2nd ed. London: IWA publishing; 2020.
12. การประปานครหลวง. แผนปฏิบัติการการประปานครหลวง ปีงบประมาณ พ.ศ.2568. 2567.
13. จิรเมธ ช้างคล่อม, อติชัย พรพรหมินทร์, สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ. แบบเสนอผลงานวิจัยด้านการบริหารจัดการน้ำสูญเสีย และการประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายท่อประปา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2563.

14. การประปานครหลวง. แผนน้ำประปาตลอดภัย ปี 2567. 2567.
15. อติชัย พรพรหมินทร์, ชัยพร ใจแก้ว, จิรเมธ ช้างคล่อม. โครงการวิจัยแนวทางการจัดทำระบบเฝ้าระวังน้ำรั่วบนท่อประธานการประปานครหลวง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2565.
16. Arregui F, Cabrera E Jr., Cobacho R, Jorge Garcia-Serra. Key factors affecting water meter accuracy. Institute for water technology. The technical university of Valencia. 2005.
17. J. A. du Plessis, J. J. Hoffman. Domestic water meter accuracy. Faculty of Engineering, University of Stellenbosch, South Africa. 2015.
18. Muhammetoglu A, Muhammetoglu H, Adiguzel A, Iritas O, Karaaslan Y. Management of water losses in water supply and distribution networks in Turkey. Environmental Engineering Department, Akdeniz University. Turkey. 2018.
19. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการศึกษา Apparent Losses เนื่องจาก Meter Inaccuracy. 2561.
20. Connolly M, Hayward R, McNally T, Mounse S, Moss S, Tam B. Smart metering and smart networks for leakage management. UK water industry research limited. 1st published. London. 2019.
21. Hamilton S, Charalambos B, Wyeth G. Improving water supply network fit for purpose strategies and technologies. London: IWA publishing; 2021.
22. อติชัย พรพรหมินทร์, ชัยพร ใจแก้ว, สรศักดิ์ ด่านวรพงค์. แบบเสนอโครงการวิจัยประกอบการขอรับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยของการประปานครหลวง เรื่องโครงการระบบตรวจจัดการรั่วแบบไม่ทำลายบนคลาวด์โดยใช้ตัวบันทึกข้อมูลการสั่นสะเทือน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2567.

ประวัติย่อผู้วิจัย

ยศ ชื่อ นายอนุรักษ์ พรหมชัย

วัน เดือน ปีเกิด 2 กุมภาพันธ์ 2518

ประวัติสำเร็จการศึกษา

พ.ศ. 2541	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (คลองหก)
พ.ศ. 2543	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2557 - 2558	ผู้อำนวยการกองบริหารมาตรวัดน้ำ
พ.ศ. 2558 - 2560	ผู้อำนวยการกองบำรุงรักษา
พ.ศ. 2560 - 2563	ผู้อำนวยการกองมาตรวิทยา
พ.ศ. 2563 - 2567	ผู้เชี่ยวชาญการประสานครหลวงระดับ 8

ตำแหน่งปัจจุบัน

พ.ศ. 2567 - 2568	ผู้อำนวยการฝ่ายมาตรฐานวิศวกรรมและสารสนเทศ ภูมิศาสตร์
------------------	---