การสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงด้านการผลิตน้ำ
กรณีศึกษา โรงงานผลิตน้ำบางเขน

เอกสารวิจัยส่วนบุคคล

โดย

นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ
ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์และธนบุรี
การประปานครหลวง

วิทยาลัยการทัพบก

กันยายน 2563

เอกสารวิจัยเรื่อง การสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงด้านการผลิตน้ำ
กรณีศึกษา โรงงานผลิตน้ำบางเขน

โดย นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

อาจารย์ที่ปรึกษา พันเอก ภรัถ เทียนทองดี

วิทยาลัยการทัพบก อนุมัติให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรหลักประจำ วิทยาลัยการทัพบก ปีการศึกษา 2563 และเห็นชอบให้เป็นเอกสารวิจัยส่วนบุคคลที่อยู่ในเกณฑ์ระดับ

พลตรี **ผู้บัญชาการวิทยาลัยการทัพบก**

(มหศักดิ์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

คณะกรรมการควบคุมเอกสารวิจัยส่วนบุคคล

พันเอก **ประธานกรรมการ**

(สินสมุทร์ จันทรเนตร)

นาย **ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษา**

(ธวัชชัย ลิจุติภูมิ)

พันเอก **กรรมการ**

(ภรัถ เทียนทองดี)

พันเอกหญิง **กรรมการ**

(กนิษฐา ฐิติวัฒนา)

พันเอกหญิง **กรรมการ**

(นวลสมร จรวงษ์)

บทคัดย่อ

ผู้วิจัย นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

เรื่อง การสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงด้านการผลิตน้ำ กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำบางเขน

วันที่ กันยายน 2563 **จำนวนคำ :** 7,798 **จำนวนหน้า :** 26

คำสำคัญ การสร้างเสถียรภาพ, การสร้างความมั่นคง, การผลิตน้ำ, โรงงานผลิตน้ำบางเขน

ชั้นความลับ ไม่มีชั้นความลับ

การวิเคราะห์เสถียรภาพและความมั่นคงของการผลิตน้ำประปา อาจใช้แนวทางตามกรอบการดำเนินงานของ Nancey Green Leigh และ Heonyeong Lee (พ.ศ. 2561) ซึ่งเสนอให้วิเคราะห์ใน 3 ด้าน ประกอบด้วย สภาพทางกายภาพของโครงสร้างพื้นฐาน (ความเชื่อมต่อ ความหลากหลาย และการมีระบบสำรอง) ตัวองค์กร (รับรู้และตอบสนองการเปลี่ยนแปลงได้ สร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และสร้างกระบวนการเรียนรู้) และกลยุทธ์ความยืดหยุ่นหรือกลยุทธ์ในการรับมือภัยพิบัติ โดยงานวิจัยในครั้งนี้ จะมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์เสถียรภาพและความมั่นคงของการผลิตน้ำประปาในเชิงสภาพทางกายภาพของโครงสร้างพื้นฐานเป็นหลัก ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ใน 3 ปัจจัย และนำเสนอแนวทางการสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงของการผลิตน้ำประปา

ผลการศึกษาพบว่า โรงงานผลิตน้ำบางเขน เริ่มผลิตน้ำมาตั้งแต่ปี 2522 ปัจจุบันใช้งานมาเป็นระยะเวลานานกว่า 40 ปี สภาพโครงสร้างระบบผลิตน้ำมีความชำรุดเสื่อมโทรมไปตามกาลเวลา สาเหตุสำคัญเนื่องจากการที่ไม่สามารถหยุดผลิตน้ำเพื่อซ่อมบำรุงได้ (การประปานครหลวงวางแผนการสร้างโรงงานผลิตน้ำตามปริมาณการใช้น้ำเป็นหลัก) ทำให้โรงงานผลิตน้ำบางเขนในปัจจุบันผลิตน้ำเต็มกำลังการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้น้ำ โดยไม่มีกำลังการผลิตสำรอง หากระบบผลิตน้ำเกิดชำรุดขัดข้องจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำจำนวนมาก ทำให้เกิดความเสียหายต่อภาพลักษณ์และชื่อเสียงของการประปานครหลวง รวมทั้งทำให้การประปานครหลวงสูญเสียโอกาสและรายได้จากการขาย

น้ำประมาณ 2,000,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จึงถือเป็นความเสี่ยงของการประปานครหลวงในอนาคตอันใกล้ นอกจากนี้ ยังถือเป็นความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในทั้ง 3 ปัจจัยของสภาพทางกายภาพโครงสร้างพื้นฐาน

แนวทางการสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงในการผลิตน้ำให้แก่โรงงานผลิตน้ำบางเขน ประกอบด้วย การปรับปรุงระบบน้ำดิบ และการปรับปรุงระบบผลิตน้ำ

สำหรับระบบน้ำดิบ มีข้อเสนอ 2 แนวทาง ได้แก่ 1) การก่อสร้างเขื่อนยกระดับน้ำท้ายจุดรับน้ำที่สำแลจังหวัดปทุมธานี เพื่อช่วยป้องกันปัญหาความเค็มสูงเกินมาตรฐานและปัญหาสาหร่ายอุดตันบ่อกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) พิจารณาก่อสร้างระบบส่งน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (เขื่อนแม่กลอง) มาเสริมปริมาณแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา)

ในส่วนของระบบผลิตน้ำประปา เสนอทางเลือก 2 แนวทาง ประกอบด้วย 1) การก่อสร้างระบบผลิตน้ำสำรองกำลังการผลิต 2,400,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน และ 2) การก่อสร้างระบบผลิตน้ำสำรองกำลังผลิต 2,400,000 ลบ.ม./วัน โดยการก่อสร้างระบบผลิตน้ำเพิ่มทางฝั่งตะวันตก พร้อมเพิ่มเส้นทางลำเลียงน้ำดิบและเพิ่มเส้นทางการลำเลียงน้ำประปามายังฝั่งตะวันออกซึ่งแนวทางที่ 2 จะได้น้ำประปาที่มีคุณภาพดี ต้นทุนการผลิตน้ำต่ำ แต่งบประมาณในการก่อสร้างค่อนข้างสูง

ทั้งนี้ การปรับปรุงรูปแบบของระบบผลิตน้ำประปาที่นำมาใช้ จะต้องเป็นรูปแบบที่สามารถลดหรือกำจัดความเสี่ยง ซึ่งอาจจะเกิดจากคุณภาพน้ำดิบที่เปลี่ยนแปลงไปได้ นอกจากนี้ยังจะต้องพิจารณาถึงความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของน้ำในด้านสารเคมี จากสารมลพิษอุบัติใหม่ (Contaminants of Emerging Concerns) ด้วย

ABSTRACT

AUTHOR : Mr. Pornsak Samornkraisorakit

TITLE : Enhancing Security and Stability for Water Treatment: A Case Study of Bang Khen Water Treatment Plant

DATE : SEPTEMBER 2020 **WORD COUNT :** 7,798 **PAGES :** 26

KEY TERMS : Stability, Security, Water Treatment, Bangkhen Water Treatment Plant

CLASSIFICATION : Unclassified

Analysis of security and stability for water treatment system can be performed using the concept of " sustainable urban water management" (SUWM). According to Nancey Green Leigh and Heonyeong Lee (2019), the conceptual framework consists of 3 building blocks namely 1) physical infrastructure (connectivity, diversity, and redundancy) 2) Institutions and 3) resilience strategies. The study focused mainly on a physical infrastructure building block given that it is likely to be the most successful factor for a short term. A physical infrastructure building block was analyzed in 3 dimensions including connectivity, diversity, and redundancy.

Metropolitan Waterworks Authority's Bang Khen water treatment plant has been being operated, for more than 40 years, since 1979. At present, an average daily water production is closed to the designed capacity of 4,000,000 cubic meter per day given that the demand has been increasing over time. Many treatment plant structures are damaged and worn out due to the fact that the planned maintenance could not be performed according to the schedule. If the production is interrupted by any emergency incidents, the production capacity would be decreased by

2,000,000 cubic meter per day per production line. The interruption would cause damage to the public image of Metropolitan Waterworks Authority. Therefore, it can be said that the physical infrastructure of Bang Khen water treatment plant is at a high risk in terms of connectivity, diversity, and redundancy.

To enhance security and stability for Bang Khen water treatment plant, 2 improvements for raw water system and water treatment system must be performed. For raw water system, 2 alternatives were proposed; 1) construction of weir at Samlae raw water pumping station to efficiently manage the seawater intrusion problem during a dry season and a problem of filter-clogging algae and 2) taking water from the west side of Chao Phraya river (Mae Klong river).

For water treatment system 2 alternatives were proposed; 1) building another production line at Bang Khen water treatment plant with a capacity of 2,400,000 cubic meter per day together with switching a sludge treatment system from natural ponds to mechanical system and 2) building a new water treatment plant in the west side of Chao Phraya river with a capacity of 2,400,000 cubic meter per day together with improving a distribution system to transport finished water from west side to east side network.

However, the type of water treatment system that will be installed should reduce or get rid of emerging risks from raw water quality such as contaminants of emerging concerns.

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารวิจัยส่วนบุคคลฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์ของ วิทยาลัยการทัพบกทุกท่านที่กรุณาประสิทธิประสาทวิชาให้ความรู้และประสบการณ์ ที่ทรงคุณคุณค่าอย่างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ที่ปรึกษา พันเอก ภรัถ เทียนทองดี ที่กรุณาให้แนวคิดที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำเอกสารวิจัยส่วนบุคคล รวมถึงตรวจสอบต้นฉบับอย่างละเอียดจนทำให้งานวิจัยนี้ เสร็จสมบูรณ์ นอกเหนือจากข้อแนะนำทางวิชาการอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยแล้ว ยังได้รับกำลังใจและคำชี้แนะที่เป็นประโยชน์ยิ่ง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นายธวัชชัย ลิจุติภูมิ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษา ที่กรุณา สนับสนุนข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย พันเอก สินสมุทร์ จันทรเนตร ประธานกรรมการ พันเอกหญิง กนิษฐา ฐิติวัฒนา และพันเอกหญิง นวลสมร จรวงษ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาแก่ผู้วิจัยรวมถึงเป็นต้นแบบในการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้อย่างต่อเนื่อง

ขอขอบคุณผู้อยู่เบื้องหลังทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจในการทำวิจัยฉบับนี้ ให้สำเร็จสมบูรณ์ได้สมตามความมุ่งหวัง ความดีอันเกิดจากผลงานการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้ที่มีส่วนร่วมในงาน วิจัยดังกล่าวข้างต้นทุกท่านด้วยความเคารพรัก และหวังว่าวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ ก่อให้เกิดผลดีต่อวิทยาลัยการทัพบก กองทัพบก และประเทศชาติสืบไป

การสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงด้านการผลิตน้ำ
กรณีศึกษา โรงงานผลิตน้ำบางเขน

การประปานครหลวง (กปน.) เป็นรัฐวิสาหกิจในสังกัดกระทรวงมหาดไทย จัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติการประปานครหลวง พ.ศ. 2510 มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่ 1) สำรวจ จัดหาแหล่งน้ำดิบ และจัดให้ได้มาซึ่งน้ำดิบเพื่อใช้ในการประปา 2) ผลิต จัดส่งและจำหน่ายน้ำประปาในเขตท้องที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปราการ 3) ดำเนินธุรกิจอื่นที่เกี่ยวเนื่องกับหรือเป็นประโยชน์แก่การประปา[1] จึงถือได้ว่า กปน. เป็นองค์กรที่มีความสำคัญในการขับเคลื่อนนโยบายของรัฐบาลในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

ปัจจุบันการประปานครหลวงมีโรงงานผลิตน้ำทั้งหมด 4 แห่ง[2] ได้แก่ โรงงานผลิตน้ำบางเขน (4,000,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ (1,600,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) โรงงานผลิตน้ำสามเสน (400,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) และโรงงานผลิตน้ำธนบุรี (165,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) โดยมีการดำเนินโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักภายใต้แผนแม่บทโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาของการประปานครหลวง (MWA Master Plan) แล้วจำนวน 8 ครั้ง มีกำลังการผลิตน้ำประปาสูงสุดรวม 6,165,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ขณะนี้อยู่ระหว่างการดำเนินโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลักครั้งที่ 9 ซึ่งมีแผนที่จะขยายกำลังการผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์อีก 800,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อโครงการแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2565 ตามแผน กปน. จะมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 7,120,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยการดำเนินโครงการฯ 9 มีความล่าช้ากว่าแผนการดำเนินงาน และการอยู่ในช่วงระหว่างรอยต่อของแผนแม่บทแผนแม่บทโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาของการประปานครหลวง ฉบับล่าสุด ซึ่งได้จัดทำไว้จนถึงปี พ.ศ. 2560 ขณะนี้อยู่ระหว่างการจัดทำแผนแม่บทฉบับใหม่

โรงงานผลิตน้ำบางเขน เริ่มผลิตน้ำมาตั้งแต่ปี 2522 ปัจจุบันใช้งานมาเป็นระยะเวลานานกว่า 40 ปี สภาพโครงสร้างระบบผลิตน้ำมีความชำรุดเสื่อมโทรมไปตามกาลเวลา สาเหตุสำคัญเนื่องจากการที่ไม่สามารถหยุดผลิตน้ำเพื่อซ่อมบำรุงได้ (การประปานครหลวงวางแผนการสร้างโรงงานผลิตน้ำตามปริมาณการใช้น้ำเป็นหลัก) ทำให้โรงงานผลิตน้ำบางเขนในปัจจุบันผลิตน้ำเต็มกำลังการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้น้ำ โดยไม่มีกำลังการผลิตสำรอง หากระบบผลิตน้ำเกิดชำรุดขัดข้องจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำจำนวนมาก ทำให้เกิดความเสียหายต่อภาพลักษณ์และชื่อเสียงของการประปานครหลวง รวมทั้งทำให้การประปานครหลวงสูญเสียโอกาสและรายได้จากการขายน้ำประมาณ 2,000,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จึงถือเป็นความเสี่ยงของการประปานครหลวงในอนาคตอันใกล้

นอกจากนี้ ด้วยสภาพเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของโลกที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญของระบบผลิตน้ำฝั่งตะวันออก ถือได้ว่าเป็นความเสี่ยงอย่างหนึ่งต่อความมั่นคงและเสถียรภาพในการผลิตน้ำของการประปานครหลวง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนแนวทางการบริหารจัดการระบบการผลิตน้ำประปาเพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เพื่อให้เกิดความมั่นคงและเสถียรภาพในการผลิตน้ำประปา

ผู้วิจัยจึงได้กำหนดแนวความคิดในการพัฒนาระบบผลิตน้ำของการประปานครหลวงภายใต้คติพจน์ (Slogan) **“ความมั่นคงและเสถียรภาพในการผลิตน้ำประปา คือความรับผิดชอบของเรา”** หรือ **“Security and Stability of Water Supply is Our Responsibility”**

1. ความมั่นคงและเสถียรภาพในการผลิตน้ำประปา

ความมั่นคงด้านน้ำ (Water security) หมายถึง การมีทรัพยากรน้ำในปริมาณที่เพียงพอและมีคุณภาพที่ยอมรับได้ พร้อมสำหรับใช้ประโยชน์เพื่อสุขภาพอนามัย การดำรงชีวิต และกระบวนการผลิต ภายใต้ความเสี่ยงต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับทรัพยากรน้ำอยู่ในระดับที่ยอมรับ

ได้[3] การพิจารณาความมั่นคงด้านน้ำในระดับประเทศจะต้องพิจารณาใน 5 มิติหลัก เพื่อให้มีความเพียงพอและครอบคลุมสำหรับใช้ประกอบการตัดสินใจหรือการประเมินผลกระทบในด้านน้ำ ประกอบด้วย 1) ครัวเรือน (Household water security) 2) เศรษฐกิจ (Economic water security) 3) สังคมเมือง (Urban water security) 4) สิ่งแวดล้อม (Environmental water security) 5) ความสามารถในการรับมือภัยพิบัติทางน้ำ (Resilience to water-related disasters) ตามแนวทางที่ธนาคารพัฒนาเอเชียได้แนะนำไว้[4] สำหรับประเทศไทยดัชนีความมั่นคงทางน้ำ ณ ปี พ.ศ. 2559 อยู่ในระดับที่ 2 จาก 5 ระดับ (Engaged คือ ระดับที่มีโครงการพัฒนาขีดความสามารถในส่วนที่เกี่ยวข้องกับนโยบายและกฎหมายซึ่งได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ มีการปรับปรุงโครงสร้างองค์กรรองรับการดำเนินงาน และมีระดับการลงทุนในโครงการสาธารณะเพิ่มขึ้น)[5]

กระบวนการผลิตและส่ง-จ่ายน้ำประปา ถือเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญซึ่งจะช่วยสนับสนุนและส่งเสริมความมั่นคงด้านน้ำของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมิติครัวเรือน มิติเศรษฐกิจ และมิติชุมชนเมือง และนอกจากนี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับความมั่งคงด้านน้ำของประเทศในมิติสิ่งแวดล้อม และมิติการรับมือภัยพิบัติที่เกี่ยวกับน้ำอีกด้วย อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตและส่ง-จ่ายน้ำประปา จะประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กัน โดยผลผลิต (Output) จากกระบวนการ (Process) หนึ่ง จะกลายไปเป็นสิ่งนำเข้า (Input) สำหรับอีกกระบวนการหนึ่ง ตัวอย่างกระบวนการเหล่านี้ ได้แก่ การจัดหาน้ำดิบ การส่งน้ำดิบ การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบด้วยการตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค และการส่งน้ำประปา ซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วไปถึงจุดใช้น้ำ เป็นต้น ประกอบกับการที่กระบวนการผลิตและส่ง-จ่ายน้ำ เป็นกระบวนการที่สามารถออกแบบและควบคุมได้ ในการพิจารณาความมั่นคงของระบบจึงอาจพิจารณาในเชิงของการควบคุมระบบหรือกระบวนการ (Process control)

ในการพิจารณาพฤติกรรมของระบบหนึ่งระบบใด อาจนำแนวคิดของ C.S. Holling[6] ซึ่งได้นำเสนอแนวทางสำหรับใช้ในการพิจารณาพฤติกรรมของระบบนิเวศไว้ โดยเสนอให้พิจารณาในส่วนของ “Stability” และ “Resilience” ควบคู่กันไป คำว่า “Stability” ในภาษาไทยใช้คำว่า “เสถียรภาพ” ซึ่งพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 ให้ความหมายไว้ว่า

ความมั่นคง ความคงตัว ความไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนคำว่า “Resilience” ในภาษาไทยใช้คำว่า “ความยืดหยุ่น” ซึ่ง Lance H. Gunderson (พ.ศ 2543) ได้รวบรวมและอธิบายความหมายของความยืดหยุ่นในลักษณะต่างๆ เช่น ระดับของสิ่งรบกวนที่สามารถรองรับได้ ระยะเวลาที่ใช้ในการกลับคืนสู่สภาพเดิมภายหลังจากที่ได้รับสิ่งรบกวน หรือความสามารถในการปรับตัว (Adaptive capacity)[7]

ความหมายของเสถียรภาพในเชิงของการควบคุมกระบวนการ (Process control) โดยทั่วไปแล้วจะหมายถึง กระบวนการที่มีความเสถียร (Stable process) ซึ่ง Jean-Pierre Corriou (พ.ศ. 2547) ได้ให้นิยามของกระบวนการที่มีความเสถียร ไว้ 2 นิยาม นิยามแรกหมายถึง การตอบสนองต่อสิ่งรบกวน (Disturbance) ของกระบวนการหนึ่ง โดยที่ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้แสดงสถานะของกระบวนการ (State variables) จะมีแนวโน้มที่อยู่ในสภาวะคงที่ (Steady state) หรืออาจกล่าวได้ว่า กระบวนการดังกล่าวจะให้การป้อนกลับที่ลดลง (Feedback-negative) และสำหรับอีกนิยามหนึ่ง ได้ให้ความหมายของกระบวนการที่มีความเสถียร โดยสรุปคือ กระบวนการที่สามารถให้ผลผลิตที่มีลักษณะเป็นไปตามที่กำหนดได้ (Bounded output) เมื่อสิ่งที่นำเข้ากระบวนการมีลักษณะเป็นไปตามที่กำหนดไว้ (Bounded output) นั่นคือ หากกระบวนการหนึ่งให้ผลผลิตที่มีลักษณะไม่เป็นไปตามที่กำหนด ในกรณีที่สิ่งที่นำเข้ากระบวนการมีลักษณะเป็นไปตามที่กำหนดไว้ อาจกล่าวได้ว่า กระบวนการนั้นไม่มีความเสถียร (Unstable process)[8] การใช้ความหมายของเสถียรภาพในเชิงกระบวนการจึงมีความเหมาะสมและครอบคลุมความหมายของเสถียรภาพในเชิงวิทยาศาสตร์แล้ว เช่น น้ำที่ไม่มีสภาพการกัดกร่อนสูงเกินไป เป็นต้น[9]

วัตถุประสงค์หรือเป้าหมายหลักในการออกแบบระบบผลิตและส่ง-จ่ายน้ำประปา อาจพิจารณาอ้างอิงตามแผนแม่บทระบบประปา (Water Utility Master Plan; WUMP) ซึ่งบริษัทที่ปรึกษา MWH ได้จัดเตรียมให้เมืองโคโลราโด เมื่อปี พ.ศ. 2554[10] สรุปได้ดังนี้

1) จัดให้มีน้ำดื่มที่ปลอดภัยและมีคุณภาพสูง
2) ลดความถี่ของการหยุดชะงักในการให้บริการส่ง-จ่ายน้ำ
3) ดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า
4) คำนึงถึงเป้าหมายอื่นๆ ของชุมชน ควบคู่ไปกับการดำเนินการ

5) ให้บริการและให้ข้อมูลแก่ลูกค้าได้อย่างทันท่วงที
6) เพื่อสร้างความสัมพันธ์และการสื่อสารที่ดีระหว่างเจ้าหน้าที่ซึ่งอยู่คนละสถานที่กัน

หลักการที่นิยมใช้สำหรับการออกแบบตัวชี้วัดความยั่งยืนหลักการหนึ่ง ได้แก่ หลักการเบลลาโจ (Bellagio **S**us**T**ainability **A**ssessment and **M**easurement **P**rinciples หรือ BellagioSTAMP) ซึ่งเป็นหลักการที่ถูกพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2539 และปรับปรุงครั้งล่าสุดเมื่อปี พ.ศ. 2555[11] และ Serenella Sala และคณะ (พ.ศ. 2558) ได้นำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมและนำเสนอเป็นกรอบการดำเนินงานอย่างเป็นระบบสำหรับการประเมินความยั่งยืน โดยนำการประเมินความยั่งยืน (Sustainability assessment; SA) เปรียบเทียบกับการประเมินแบบบูรณาการ (Integrated assessment) ในเชิงหลักการ (Principles) และกระบวนการ (Procedure)[12]

Nancey Green Leigh และ Heonyeong Lee (พ.ศ. 2562) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับความยั่งยืนของระบบน้ำของชุมชนเมือง (Sustainable Urban Water Management หรือ SUWM) และกรอบการดำเนินการเพื่อสร้างความยืดหยุ่นหรือความสามารถในการรับมือภัยพิบัติของระบบน้ำของชุมชนเมือง โดยในส่วนของความยั่งยืนจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐาน ผู้ใช้ และผู้จัดทำบริการ และกรอบการดำเนินการเพื่อสร้างความยืดหยุ่นหรือความสามารถในการรับมือภัยพิบัติ จะมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ สภาพทางกายภาพของโครงสร้างพื้นฐาน (ความเชื่อมต่อ ความหลากหลาย และการมีระบบสำรอง) ตัวองค์กร (รับรู้และตอบสนองการเปลี่ยนแปลงได้ สร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และสร้างกระบวนการเรียนรู้) และกลยุทธ์ความยืดหยุ่นหรือกลยุทธ์ในการรับมือภัยพิบัติ[13]

นอกเหนือไปจากระบบน้ำ Jenssen D. Petter (พ.ศ. 2550) ได้กล่าวถึงกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีความยั่งยืน โดยนิยามของความยั่งยืนควรจะต้องครอบคลุมมุมมองในด้านนิเวศวิทยา ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม และจะต้องพิจารณาใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับท้องถิ่น (Local) ระดับภูมิภาค (Regional) และระดับโลก (Global) โดยในระดับท้องถิ่นจะพิจารณาด้านสุขภาพอนามัยในกรอบระยะเวลาของชั่วโมงถึงหลายวัน ส่วนระดับภูมิภาคจะพิจารณาถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมในกรอบระยะเวลาของเดือนถึงปี และระดับโลกซึ่งจะต้องพิจารณาปัญหาสิ่งแวดล้อมในกรอบระยะเวลาสิบปีหรือร้อยปี โดยในการพิจารณาเปรียบเทียบทางเลือกใน

การบำบัดน้ำเสีย ดัชนีที่อาจนำมาใช้ประกอบการพิจารณา จากงานวิจัยของ Lindholm และ Nordeide (2543)[14] ยกตัวอย่างเช่น การปล่อยมลพิษประเภทต่าง ๆ การใช้พลังงาน การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่าย การใช้พื้นที่ และความปลอดภัย เป็นต้น

2. เป้าหมายในการเสริมสร้างความมั่นคงและเสถียรภาพในการผลิตน้ำประปา

2.1. ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580)

มุ่งเน้นการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ ยุทธศาสตร์ชาติด้านความมั่นคง ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคมยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยุทธศาสตร์ชาติด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ โดยในการประเมินผลการพัฒนาตามยุทธศาสตร์ชาติ[15] ประกอบด้วย

1) ความอยู่ดีมีสุขของคนไทยและสังคมไทย
2) ขีดความสามารถในการแข่งขัน การพัฒนาเศรษฐกิจและการกระจายรายได้
3) การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของประเทศ
4) ความเท่าเทียมและความเสมอภาคของสังคม
5) ความหลากหลายทางชีวภาพ คุณภาพสิ่งแวดล้อม และความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติ
6) ประสิทธิภาพการบริหารจัดการและการเข้าถึงการให้บริการของภาครัฐ

2.2. แผนวิสาหกิจ การประปานครหลวง ฉบับที่ 5 (ปี 2563-2565)

มีกรอบแนวคิดที่สำคัญในการจัดทำ คือ การพัฒนาที่ยั่งยืนโดยการปรับปรุงองค์กรและพัฒนาขีดความสามารถขององค์กรสู่การเป็นองค์กรสมรรถนะสูง พร้อมสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และพัฒนาควบคู่สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืนภายใต้วิสัยทัศน์ “เป็นองค์กรสมรรถนะสูงที่ให้บริการงานประปา มีธรรมาภิบาล และได้มาตรฐานในระดับสากล”[16] ประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1: สร้างเสถียรภาพและความมั่นคงของระบบประปา

ด้านที่ 2: ยกระดับขีดความสามารถองค์กรสู่ความเป็นเลิศ

ด้านที่ 3: ส่งเสริมความสัมพันธ์ที่ดีแก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและยึดมั่นธรรมภิบาลเพื่อความยั่งยืน

ด้านที่ 4: สร้างความมั่นคงขององค์กร

2.3. แผนแม่บทโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาของการประปานครหลวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2533)

ตามแผนแม่บทฯ ของการประปานครหลวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2533)[17] สิ้นสุด ณ ปี พ.ศ. 2560 การประปานครหลวงมีระบบผลิตน้ำรวม 7,900,000 ลบ.ม./วัน โดยโรงงานผลิตน้ำบางเขนมีกำลังการผลิตรวม 4,000,000 ลบ.ม./วัน รายละเอียดตามตารางที่ 1 ปัจจุบันการประปานครหลวงได้ดำเนินการตามแผนแม่บท ภายใต้โครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลัก ที่ 1 ถึง 8 มีระบบผลิตน้ำประปารวม 6,320,000 ลบ.ม./วัน และในโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนหลัก ครั้งที่ 9 มีแผนขยายกำลังการผลิตที่โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์อีก 800,000 ลบ.ม./วัน เมื่อโครงการฯ แล้วเสร็จในปี 2565 กปน.จะมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 7,120,000 ล้าน ลบ.ม./วัน โดยภาพรวมของโครงการฯ มีการดำเนินงานล่าช้ากว่าแผนมาก โดยเฉพาะโรงงานผลิตน้ำฝั่งตะวันตก (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์) ที่มีกำลังการผลิตเพียง 1,600,000 ลบ.ม./วัน เท่านั้น (แผน 3,200,000 ลบ.ม./วัน)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำตามแผนแม่บทกับกำลังการผลิตสูงสุด ณ ปัจจุบัน[18]

โรงงานผลิตน้ำ	กำลังการผลิตตามแผนแม่บท (ปี 2560) (ลบ.ม./วัน)	กำลังการผลิตสูงสุด (ลบ.ม./วัน)	ปริมาณการผลิตจริง (ลบ.ม./วัน)	ร้อยละเทียบกับกำลังการผลิตสูงสุด
สามเสน (2457)	700,000	*400,000	330,000	82.50
ธนบุรี (2507)	-	**165,000	120,000	72.73
บางเขน (2522)	**4,000,000**	**4,000,000**	**4,000,000**	**100.00**
มหาสวัสดิ์ (2539)	3,200,000	***1,600,000	1,550,000	96.88
รวมทั้งสิ้น	**7,900,000**	**6,165,000**	**6,000,000**	**97.32**

หมายเหตุ

* โรงงานผลิตน้ำสามเสนมีกำลังการผลิตสูงสุดต่ำกว่าแผนแม่บท (ระบบผลิตมีประสิทธิภาพลดลง)

** โรงงานผลิตน้ำธนบุรียังคงเป็นโรงงานผลิตน้ำ ขนาดกำลังการผลิต 165,000 ลบ.ม./วัน
(ตามแผนแม่บทจะทำการเปลี่ยนโรงงานผลิตน้ำธนบุรีเป็นสถานีสูบจ่ายน้ำในปี 2557)

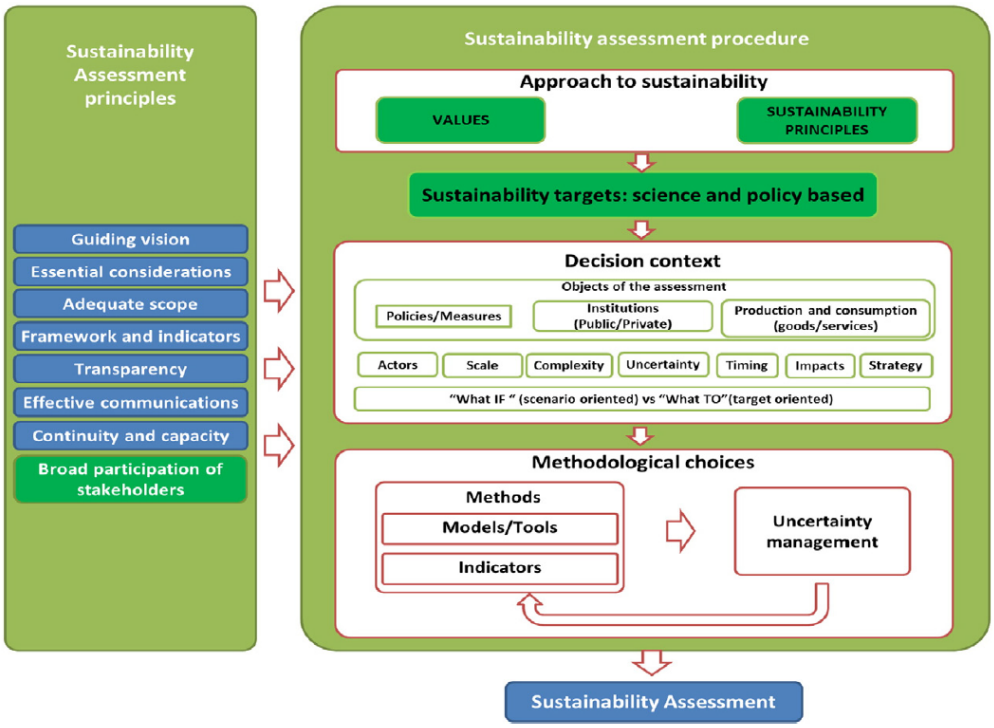
***โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์มีกำลังการผลิตสูงสุดต่ำกว่าแผนแม่บท
(การก่อสร้าง/พัฒนาระบบผลิตล่าช้ากว่าแผน)

3. การวิเคราะห์เสถียรภาพและความมั่นคงของการผลิตน้ำประปาโรงงานผลิตน้ำบางเขน

ในการวิเคราะห์เสถียรภาพและความมั่นคงของจะอ้างอิงตามกรอบการดำเนินงานของ Nancey Green Leigh และ Heonyeong Lee (พ.ศ. 2561)[19] ซึ่งจะต้องพิจารณา 3 องค์ประกอบควบคู่กับไป ได้แก่

1. สภาพทางกายภาพของโครงสร้างพื้นฐาน (ความเชื่อมต่อ ความหลากหลาย และการมีระบบสำรอง)
2. ตัวองค์กร (รับรู้และตอบสนองการเปลี่ยนแปลงได้ สร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และสร้างกระบวนการเรียนรู้)
3. กลยุทธ์ความยืดหยุ่นหรือกลยุทธ์ในการรับมือภัยพิบัติ

สำหรับการกำหนดเป้าหมายความยั่งยืน จะพิจารณาให้มีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) และ แผนวิสาหกิจ การประปานครหลวง ฉบับที่ 5 (ปี 2563-2565) โดยยึดถือกรอบการดำเนินงานการประเมินความยั่งยืนของ Serenella Sala และคณะ (พ.ศ. 2558) เป็นหลัก ตามภาพที่ 1 อย่างไรก็ตาม ในส่วนของการนำเสนอทางเลือก จะใช้การวิเคราะห์จากข้อมูลเบื้องต้นเป็นหลัก ซึ่งจะมีความซับซ้อนน้อยกว่า



ภาพที่ 1 กรอบการประเมินความยั่งยืน อ้างอิงจาก Serenella Sala และคณะ (พ.ศ. 2558)[20]

งานศึกษาครั้งนี้ จะมุ่งเน้นไปที่เสถียรภาพและความมั่นคงของการผลิตน้ำในเชิงสภาพทางกายภาพของโครงสร้างพื้นฐานเป็นหลัก จึงพิจารณา 3 ปัจจัยสำคัญ ได้แก่

1) ความเชื่อมต่อ (Connectivity) โครงสร้างพื้นฐานจะต้องมีการเชื่อมต่อกันทั้งภายในและภายนอก เพื่อเป็นทางเลือกในการดำเนินการสำหรับกรณีฉุกเฉินต่างๆ

2) ความหลากหลาย (Diversity) โครงสร้างพื้นฐานจะต้องมีความหลากหลายใน 2 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านพื้นที่ และด้านหน้าที่ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเด็นพิจารณาหลัก ประกอบด้วย

1) การมีแหล่งน้ำดิบที่หลากหลาย

2) การใช้เทคโนโลยีหลากหลาย

3) การสร้างระบบโดยให้มีการกระจายตัวในสถานที่ต่างๆ

3) การมีระบบสำรอง (Redundancy)

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพและความมั่นคงในการผลิตน้ำประปาสำหรับโรงงานผลิตน้ำบางเขน เชิงสภาพโครงสร้างพื้นฐาน 3 ประเด็น

3.1. ประเด็นที่ 1 ความเชื่อมต่อ (Connectivity)

ระบบน้ำดิบ แนวทางแรก อาจไม่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อเสถียรภาพและความมั่นคงในประเด็นความเชื่อมต่อ แต่สำหรับแนวทางที่ 2 จะเป็นการปรับปรุงสภาพความเชื่อมต่อระบบน้ำดิบกับภายนอก ได้แก่ ฝั่งตะวันตก เพื่อที่จะนำน้ำดิบมาใช้ในการผลิต

ระบบผลิตน้ำประปา แนวทางแรก **เป็นการเพิ่มไลน์ผลิตน้ำสำรอง และเป็นการปรับปรุงสภาพความเชื่อมต่อภายในโรงงานผลิตน้ำไปในตัว หากดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จโรงงานผลิตน้ำจะมีไลน์การผลิตน้ำรวมทั้งสิ้น 3 ไลน์ จะเหลือกำลังผลิตน้ำสำรอง และหากไลน์ใดไลน์หนึ่งเกิดปัญหาขึ้น จะสามารถเปลี่ยนไปใช้อีกไลน์การผลิตน้ำได้ทันที สำหรับประเด็นความเชื่อมต่อภายนอก จะต้องดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาโครงข่ายท่อประปาต่อไปเช่นเดียวกัน**

แนวทางที่สอง เป็นการปรับปรุงสภาพความเชื่อมต่อภายนอกเป็นหลัก โดยการก่อสร้างระบบผลิตน้ำในสถานที่ใหม่ และดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาโครงข่ายท่อประปาไปพร้อมกัน ซึ่งแนวทางนี้ ถือเป็นการเพิ่มเสถียรภาพและความมั่นคงในเชิงการมีระบบสำรองควบคู่ไปด้วย

3.2. ประเด็นที่ 2 ความหลากหลาย (Diversity)

การมีแหล่งน้ำดิบที่หลากหลาย จะทำการวิเคราะห์ในส่วนของข้อเสนอแนวทางสำหรับระบบน้ำดิบเพียงแนวทางเดียว โดยสำหรับระบบน้ำดิบ ทั้ง 2 แนวทาง ถือเป็นการปรับปรุงเพื่อเพิ่มสภาพความหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นแนวทางแรก ในการนำน้ำในระดับความลึกที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำประปา หรือแนวทางที่สอง เป็นการนำน้ำดิบจากแหล่งอื่นที่มีคุณภาพน้ำดีกว่า มาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำ

การใช้เทคโนโลยีหลากหลาย จะมุ่งเน้นไปที่ข้อเสนอแนวทางสำหรับระบบผลิตน้ำประปาเป็นหลัก ซึ่งจากข้อเสนอทั้ง 2 แนวทาง จะต้องมีการสร้างระบบผลิตน้ำไลน์ใหม่หรือแห่งใหม่ขึ้น ซึ่งรูปแบบของระบบจะต้องกำหนดให้สามารถลดหรือกำจัดความเสี่ยงที่อาจจะ

เกิดขึ้นจากคุณภาพน้ำดิบที่เปลี่ยนแปลงไปในอนาคตได้ จึงเป็นการเสริมสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงในเชิงการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายไปในตัว

การสร้างระบบโดยให้มีการกระจายตัวในสถานที่ต่าง ๆ ระบบน้ำดิบ ในแนวทางแรกอาจจะไม่ถือเป็นการเสริมสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงในประเด็นการกระจายตัวของระบบ แต่ในแนวทางที่สอง จะเป็นการสร้างระบบน้ำดิบในสถานที่แตกต่างกัน จึงถือเป็นการเสริมสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงในเชิงของการกระจายตัวของระบบน้ำดิบ ซึ่งจะลดความเสี่ยงในเชิงพื้นที่ลงหากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง

ระบบผลิตน้ำประปา ในแนวทางแรก ซึ่งจะสร้างระบบไลน์ใหม่ในพื้นที่เดิม อาจไม่ถือเป็นการปรับปรุงและพัฒนาเสถียรภาพและความมั่นคงในเชิงการกระจายตัวอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ในแนวทางที่สอง จะมีการสร้างระบบผลิตน้ำแห่งใหม่ในอีกสถานที่หนึ่ง ถือได้ว่าเป็นการเสริมสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงในเชิงการกระจายตัวของระบบผลิตน้ำ

3.3. ประเด็นที่ 3 การมีระบบสำรอง (Redundancy)

สำหรับข้อเสนอในแนวทางที่สองของระบบน้ำดิบ และข้อเสนอในทั้งสองแนวทางของระบบผลิตน้ำประปา จะเป็นการเสริมสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงในเชิงของการมีระบบสำรอง ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการสำรองปริมาณน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบอื่น และการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตน้ำหรือการเพิ่มจำนวนระบบผลิตน้ำ

4. ผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาและอุปสรรคเสถียรภาพและความมั่นคงในการผลิตน้ำประปาสำหรับโรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง

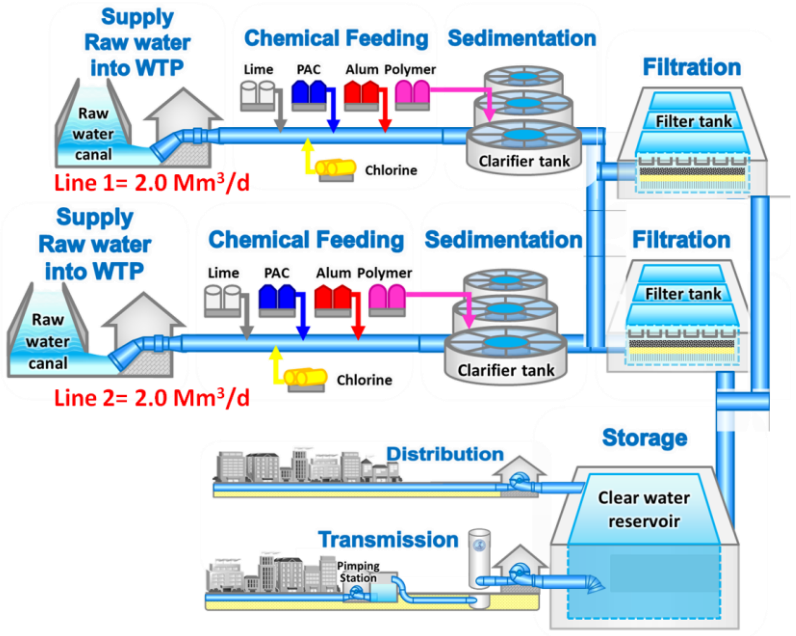
4.1. สภาพทั่วไป

โรงงานผลิตน้ำบางเขนรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง จำนวน 2 สาย ได้แก่ สายพระราม 6 (Preference) และสายรังสิต ซึ่งใช้ไฟฟ้าจากสายพระราม 6 เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก สำหรับกระบวนการผลิตน้ำ ประกอบด้วย 2 สายการผลิต ได้แก่ สายการผลิตที่ 1 มีกำลังการผลิต 2,000,000 ลบ.ม./วัน และสายการผลิตที่ 2 มีกำลังการผลิต 2,000,000 ลบ.ม./วัน โดยมีกำลังการผลิตสำรองที่สายการผลิต Line 1 อีก 400,000 ลบ.ม./วัน รวมกำลังการผลิตน้ำทั้งสิ้น 4,400,000 ลบ.ม./วัน (

ตารางที่ 2) น้ำดิบที่จะเข้าสู่สายการผลิตจะถูกสูบส่งผ่านท่อลำเลียงน้ำดิบ (conduit) ไปยังถังตกตะกอน และน้ำที่ผ่านการตกตะกอนจะส่งต่อไปยังบ่อกรอง หลังจากผ่านกระบวนการกรองแล้ว น้ำใสจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการฆ่าเชื้อโรคและเก็บกักไว้ในถังเก็บน้ำใส ก่อนสูบส่งไปยังสถานีสูบจ่ายน้ำ และสูบจ่ายให้ผู้ใช้น้ำโดยตรง สามารถสรุปได้ตามภาพที่ 2

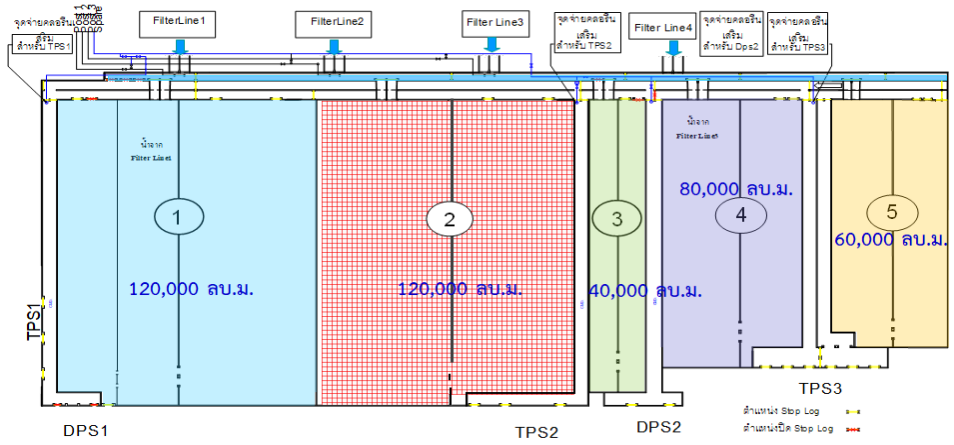
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำบางเขน ตามแผนแม่บทและกำลังการผลิตสูงสุด ณ ปัจจุบัน[21]

กำลังการผลิต	สายการผลิต Line 1	สายการผลิต Line 2
1. กำลังการผลิต ที่กำหนดในแผนแม่บท		
1.1 Designed capacity	2,400,000	2,400,000
1.2 Production capacity	2,000,000	2,000,000
1.3 Reserved capacity	400,000	400,000
2. กำลังการผลิตที่มีอยู่ในปัจจุบัน		
2.1 Designed capacity	2,400,000	2,000,000
2.2 Production capacity	2,200,000 (over production)	2,000,000
2.3 Reserved capacity	200,000	0



ภาพที่ 2 แสดงกระบวนการผลิตน้ำประปา โรงงานผลิตน้ำบางเขน[22]

โรงงานผลิตน้ำบางเขนมีโรงสูบน้ำดิบ 2 แห่ง โรงสูบน้ำดิบหมายเลข 1 (มีเครื่องสูบน้ำจำนวน 6 เครื่อง ใช้งาน 5 เครื่อง และสำรอง 1 เครื่อง) และโรงสูบน้ำดิบหมายเลข 2 (มีเครื่องสูบน้ำจำนวน 4 เครื่อง ไม่มีสำรอง) สำหรับสายการผลิต Line 1 และ Line 2 ตามลำดับ มีสารเคมีที่ใช้ในการผลิตน้ำทั้งสิ้น 6 ชนิดคือถ่านกัมมันต์แบบผง ปูนขาว สารส้ม พอลิอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) พอลิเมอร์สำหรับช่วยตกตะกอนและคลอรีนในส่วนของระบวนการตกตะกอน ใช้ถังตกตะกอนชนิด Solid Contact Recirculation ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 58 เมตร จำนวน 22 ถัง กำลังการผลิตน้ำถังละ 200,000 ลบ.ม./วัน (ผลิตจริง 180,000 ลบ.ม./ถัง/วัน) หลักการทำงานของถังตกตะกอนชนิดนี้ จะอาศัยการรวมตัวของชั้นตะกอนเก่าที่อยู่ใต้ถังตกตะกอน กับตะกอนใหม่ที่มาจากน้ำดิบผสมกับสารตกตะกอน เมื่อตะกอนทั้ง 2 ส่วนมาผสมกันจะทำให้ตะกอนที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้นในเวลาอันสั้น ทำให้สามารถแยกตะกอนออกจากน้ำใสได้เร็ว ตะกอนส่วนเกินจะถูกระบายออกสู่ลานตากตะกอนเพื่อนำไปกำจัดต่อไป มีบ่อกรองจำนวน 56 บ่อ เป็นบ่อกรองแบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter) ใช้สารกรองแบบ Dual Media (ทรายกรองและแอนทราไซต์) และใช้หัวกรอง (Nozzles) เป็นตัวรับน้ำ แต่ละบ่อมีพื้นที่การกรอง 256 ตร.ม.อัตราการกรอง 75,000 ลบ.ม./วัน น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองแล้วจะถูกส่งไปเก็บยังถังเก็บน้ำใส จำนวน 5 เซลล์ ความจุรวม 420,000 ลบ.ม. (ประมาณ 10% ของกำลังการผลิตน้ำต่อวัน) ปัจจุบันถังเก็บน้ำใส เซลล์ 2 ชำรุด (คิดเป็นความจุ 120,000 ลบ.ม. หรือร้อยละ 28.6 ของความจุรวม) โดยอยู่ระหว่างการดำเนินการซ่อมแซมโครงสร้าง รายละเอียดดังแสดงตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงแผนผังถังเก็บน้ำใส โรงงานผลิตน้ำบางเขน[23]

จากนั้นน้ำประปาที่ผลิตได้จะถูกสูบส่งและสูบจ่าย จากโรงงานผลิตน้ำบางเขนไปสู่ผู้ใช้น้ำหรือสถานีสูบจ่ายน้ำ โดยในกระบวนการนี้จะมีโรงสูบส่งทั้งหมด 3 โรง และโรงสูบจ่ายน้ำทั้งหมด 2 โรง ได้แก่

1) โรงสูบส่งน้ำ 1 (TPS1) สูบส่งน้ำให้สถานีสูบจ่ายน้ำท่าพระ (TP), ราษฎร์บูรณะ (RB), ลุมพินี (LP) และท่อบายพาสประชานุกูล พหลโยธิน และสามเสน

2) โรงสูบส่งน้ำ 2 (TPS2) สูบส่งน้ำให้สถานีสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว (LA), คลองเตย (KT), และสำโรง (SR)

3) โรงสูบส่งน้ำ 3 (TPS3) สูบส่งน้ำให้สถานีสูบจ่ายน้ำมีนบุรี (MB), ลาดกระบัง (LK) และบางพลี (BP) และท่อบายพาสนวมินทร์และพระราม 9

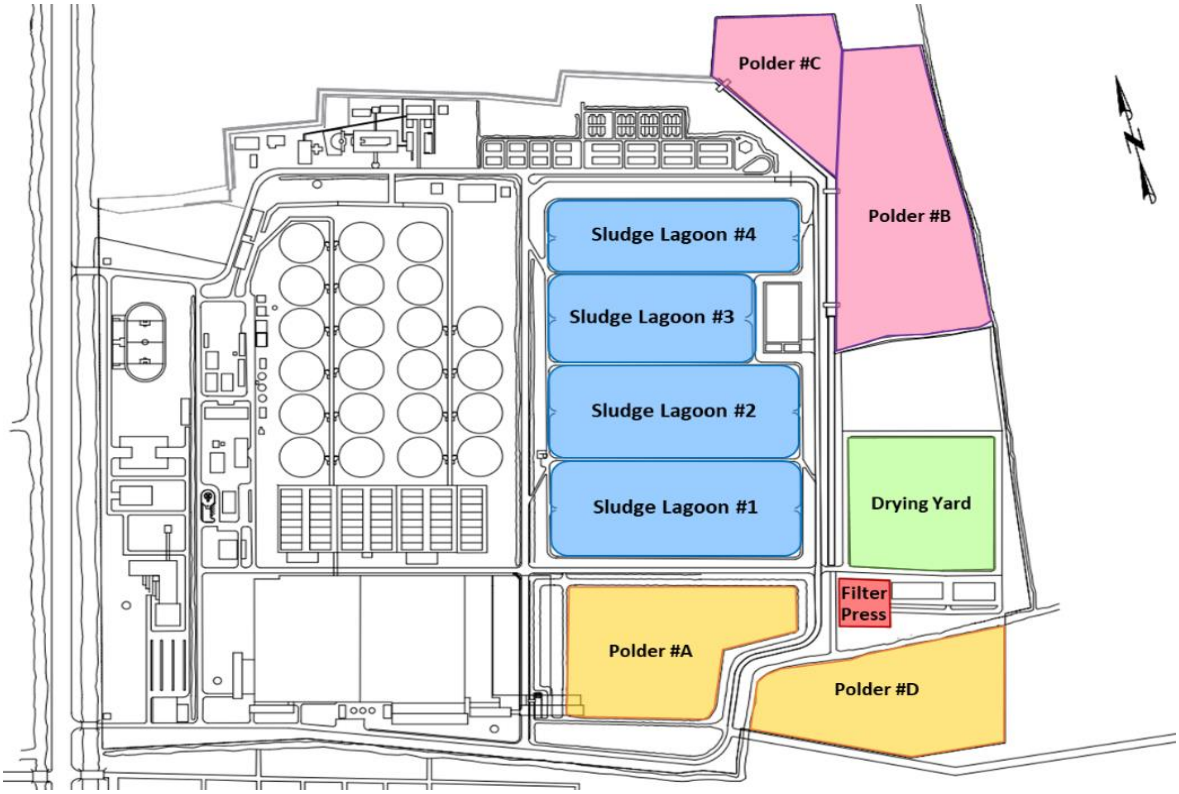
4) โรงสูบจ่ายน้ำ 1 (DPS1) สูบจ่ายน้ำให้พื้นที่งามวงศ์วาน แจ้งวัฒนะ และเมืองทอง

5) โรงสูบจ่ายน้ำ 2 (DPS2) สูบจ่ายน้ำให้พื้นที่วิภาวดีพญาไทสะพานใหม่ สายไหม

สำหรับตะกอนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำ จะถูกกำจัดโดยระบบ 2 รูปแบบ ได้แก่ ระบบธรรมชาติ และระบบกำจัดตะกอนแบบใช้เครื่องจักรกล ประเภทเครื่องบีบอัดตะกอน (Filter Press)

1) ระบบกำจัดตะกอนโดยวิธีธรรมชาติ ประกอบด้วย (1) บ่อกักตะกอน (Sludge Lagoon) ความจุรวม 460,000 ลบ.ม. พื้นที่ 109 ไร่ (2) บ่อตากตะกอน (Sludge Polder) พื้นที่ 77.9 ไร่ และ (3) ลานตากตะกอน (Drying Yard) พื้นที่ 56.25 ไร่ พื้นที่รวมทั้งหมด 243.15 ไร่

2) ระบบกำจัดตะกอนแบบใช้เครื่องจักรกล โดยใช้เครื่องบีบอัดตะกอน (Filter Press) ปัจจุบันรองรับปริมาณตะกอนเท่ากับน้ำตะกอนที่ระบายจากถังตกตะกอน (Clarifier) หมายเลข 21 - 24 โดยมีการติดตั้งเครื่องบีบอัดตะกอน จำนวน 3 เครื่อง มีความสามารถบีบอัดตะกอนได้สูงสุด 42 ตัน/วัน/เครื่อง (ที่ระยะเวลาการทางาน 16 ชั่วโมงต่อวัน) คิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณตะกอนทั้งหมด ปัจจุบันระบบกำจัดตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขนรองรับตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำประปา 4,000,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สัดส่วนการกำจัดตะกอนระหว่างแบบธรรมชาติและเครื่องจักรกลในปัจจุบันอยู่ที่ร้อยละ 80 ต่อ 20 ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ที่ใช้ในการกำจัดตะกอนครอบคลุมพื้นที่กว่าครึ่งหนึ่งของโรงงานผลิตน้ำบางเขน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนผังแสดงพื้นที่ระบบกำจัดตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขนในปัจจุบัน[24]

จากข้อมูลสภาพทั่วไปของโรงงานผลิตน้ำบางเขน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่ส่งผลต่อเสถียรภาพและความมั่นคงของการผลิตน้ำประปาตามกรอบที่กำหนดได้ ดังนี้

4.2. ประเด็นที่ 1 ความเชื่อมต่อ (Connectivity)

ในการพิจารณาประเด็นความเชื่อมต่อสำหรับโรงงานผลิตน้ำบางเขน จะพิจารณาถึงโครงสร้างระบบผลิตน้ำและระบบท่อต่าง ๆ เป็นหลัก ซึ่งโครงสร้างโดยส่วนใหญ่ของโรงงานผลิตน้ำบางเขนเป็นโครงสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็กทำให้การซ่อมแซมแต่ละครั้งใช้เวลานานนอกจากนี้ระบบท่อและอุปกรณ์บางส่วนอยู่ภายใต้โครงสร้างอื่นทำให้มีพื้นที่จำกัดหรืออาจจะมีพื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับการใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์เพื่อการซ่อมบำรุง อีกทั้งระบบท่อที่เชื่อมถึงกันตลอดโดยไม่มีประตูน้ำเปิดปิดเป็นช่วง ทำให้การเปลี่ยนหรือซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดในระบบผลิตเป็นไปได้ยากหรืออาจต้องหยุดสายการผลิต

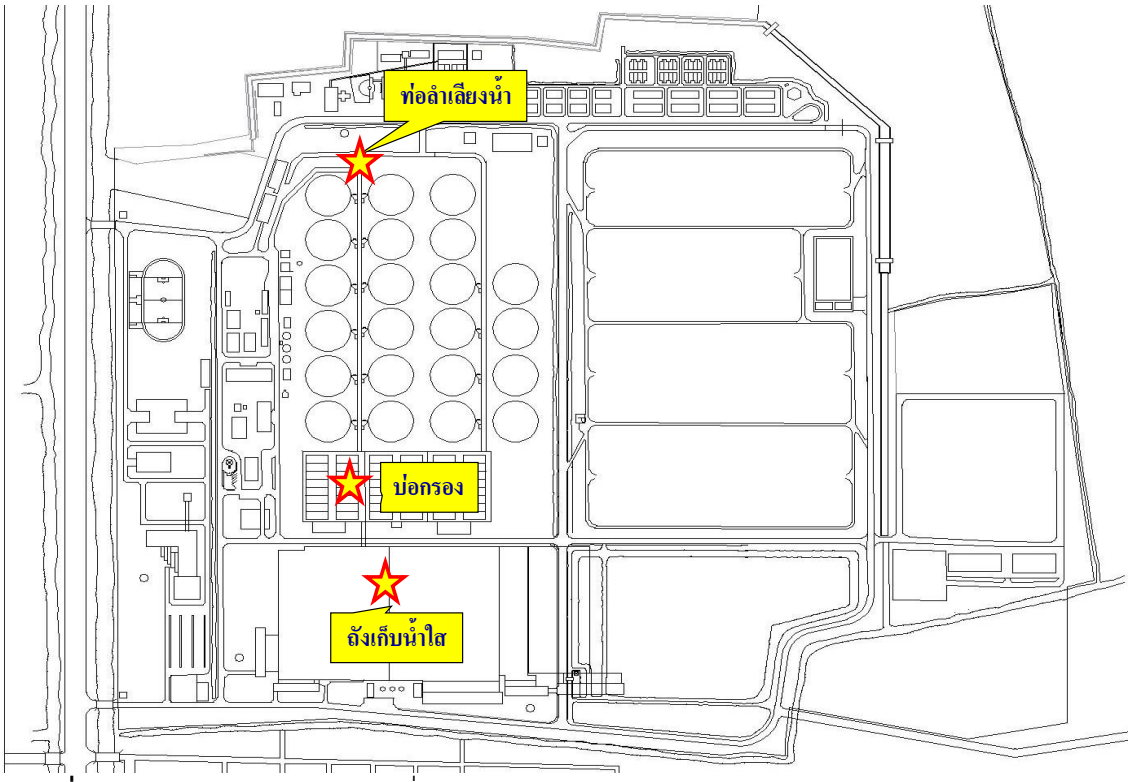
สภาพปัญหาต่อเนื่องอีกประการหนึ่ง ได้แก่ ความจำเป็นของโรงงานผลิตน้ำบางเขนที่จะต้องทำการผลิตน้ำเต็มกำลังการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง การที่จะหยุดระบบเพื่อซ่อมบำรุง

(Overhaul) เป็นระยะเวลานานๆ จึงเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยาก เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำเป็นบริเวณกว้างอีกทั้งไม่สามารถชดเชยปริมาณน้ำที่ขาดหายไป ในช่วงที่ดำเนินการซ่อมบำรุงดังกล่าวได้ จุดที่มีปัญหาด้านโครงสร้าง สามารถสรุปได้ตามภาพที่ โดยมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

1) ท่อลำเลียงน้ำ (conduit) มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำหน้าที่เป็นทั้งท่อส่งน้ำดิบและท่อรับน้ำใสหลังกระบวนการตกตะกอนปัจจุบันเกิดการรั่วซึมออกมาภายนอกโครงสร้างการซ่อมแซมตัวโครงสร้างดังกล่าวจำเป็นต้องหยุดกระบวนการผลิตในแต่ละสายการผลิต (กำลังการผลิต 2,000,000 ลบ.ม./วัน/สายการผลิต) และใช้เวลาในการดำเนินงานนาน จึงทำให้การซ่อมบำรุงทำได้ค่อนข้างยากและเป็นไปยาก

2) บ่อกรอง ในส่วนของระบบท่อน้ำและท่อลมซึ่งอยู่ใต้พื้นทางเดินคอนกรีต โดยแนวท่อน้ำ-ท่อลมและผนังต่าง ๆ อยู่ชิดติดกันมาก ทำให้การซ่อมบำรุงมีพื้นที่จำกัดและไม่มากพอที่จะนำเครื่องจักรและอุปกรณ์มาใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งระบบท่อและอุปกรณ์ประกอบไม่มีประตูน้ำเปิดปิดเพื่อกั้นน้ำเป็นส่วนๆ ทำให้การเปลี่ยนอุปกรณ์หรือประตูน้ำต่าง ๆ หรือการตัดต่อท่อน้ำที่รั่ว จำเป็นจะต้องหยุดระบบการผลิตทั้งสายการผลิต ในเชิงของการปฏิบัติงานจึงทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นเมื่อระบบท่อและประตูน้ำซึ่งใช้สำหรับการล้างบ่อกรองทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลต่อคุณภาพน้ำหลังกรองด้วยทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำได้เท่าที่ควร

3) ถังเก็บน้ำใส ลักษณะปัญหาจะคล้ายคลึงกันกับท่อลำเลียงน้ำ เนื่องจากถังเก็บน้ำใสมีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่ระดับความรุนแรงของปัญหาจะมีมากกว่า เนื่องจากบริเวณถังเก็บน้ำใส เป็นจุดที่มีการเติมสารฆ่าเชื้อโรคหรือคลอรีน ซึ่งมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนส่งผลให้โครงสร้างคอนกรีตชำรุดเสียหายเป็นบริเวณกว้าง การหยุดซ่อมแซมจะส่งผลกระทบต่อการสูบส่ง/จ่ายน้ำประปา โดยเฉพาะในช่วง peak hour หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องวางแผนการดำเนินงานอย่างรัดกุมเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว ปัจจุบันโรงงานผลิตน้ำบางเขนมีแผนงานโครงการซ่อมถังเก็บน้ำใสหมายเลข 2 ในช่วงปี 2563 - 2565 (ความจุ 120,000 ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 28.6 ของความจุรวม)



ภาพที่ 5 แสดงกระบวนการผลิตที่มีปัญหาในการซ่อมบำรุง[25]

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึง ความเชื่อมต่อกับภายนอก ซึ่งจะหมายถึง การที่โรงงานผลิตน้ำแห่งอื่นจะผลิตน้ำเพื่อให้บริการในพื้นที่ที่อยู่ในความรับผิดชอบของโรงงานผลิตน้ำบางเขนได้ ยังคงมีความเสี่ยง เนื่องจาก ยังไม่สามารถให้การสนับสนุนน้ำในปริมาณที่มีนัยสำคัญได้

4.3. ประเด็นที่ 2 ความหลากหลาย (Diversity)

การพิจารณาประเด็นความหลากหลายสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน จะพิจารณาใน 3 ประเด็นหลัก ได้แก่

1) การมีแหล่งน้ำดิบที่หลากหลาย

2) การใช้เทคโนโลยีหลากหลาย

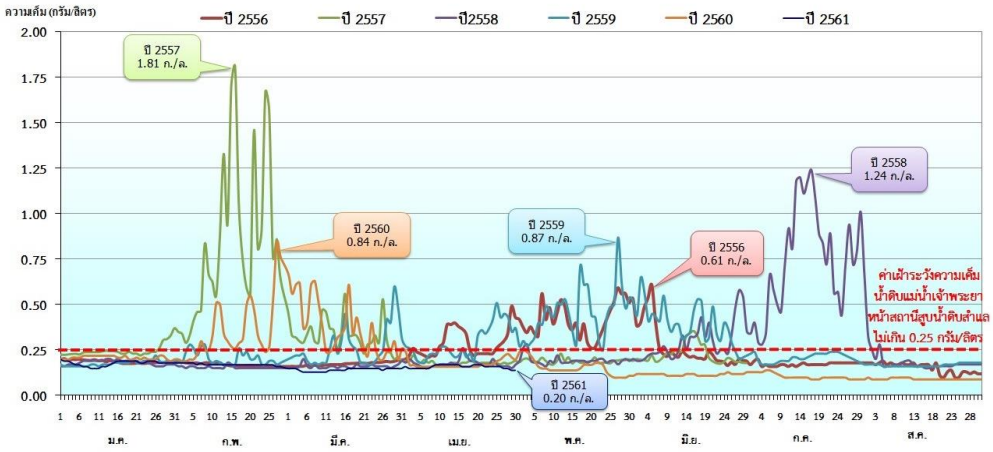
3) การสร้างระบบโดยให้มีการกระจายตัวในสถานที่ต่าง ๆ

การมีแหล่งน้ำดิบที่หลากหลาย

การประปานครหลวง ใช้น้ำดิบจาก 2 แหล่งหลัก ได้แก่ **1) แม่น้ำเจ้าพระยา**จุดรับน้ำที่สำแล จังหวัดปทุมธานี ผ่านคลองประปาฝั่งตะวันออก ซึ่งใช้มาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 และ **2)**

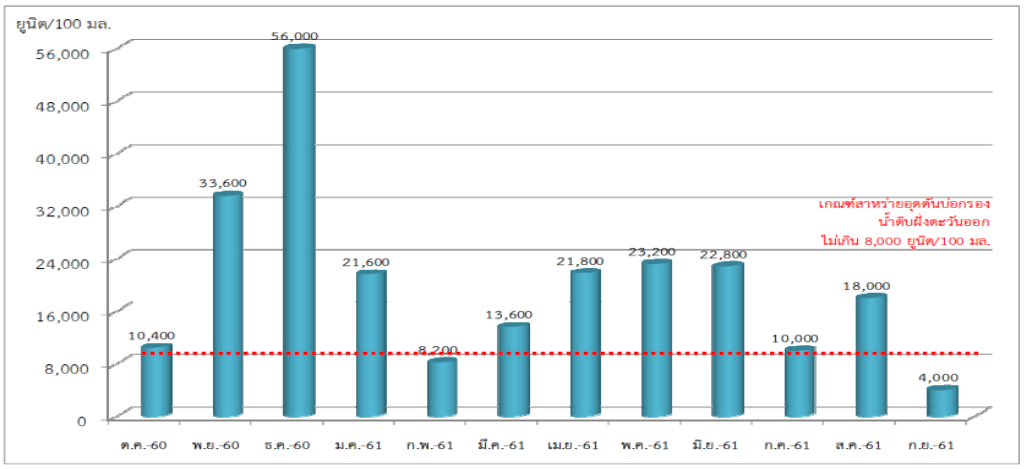
เขื่อนแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี ผ่านคลองประปาฝั่งตะวันตก ขุดขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 9 ประมาณต้นเดือนมีนาคม พ.ศ. 2545 โดยโรงงานผลิตน้ำบางเขนใช้น้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นหลัก ซึ่งคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีแนวโน้มเสื่อมโทรมลงตลอดเวลา นอกจากคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมลงแล้ว แม่น้ำเจ้าพระยายังมีปัญหาอื่น ๆ อีกมากมาย ได้แก่ ปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็ม และปัญหาการเพิ่มปริมาณของสาหร่ายอุดตันบ่อกรอง

วิกฤติภัยแล้งแหล่งน้ำดิบแม่น้ำเจ้าพระยา ส่งผลให้ค่าความเค็มในน้ำดิบสูงเกินมาตรฐาน โดยมีความถี่ของช่วงเวลาที่ค่าความเค็มสูงเพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึง ปี พ.ศ. 2561 จะเห็นได้ว่า ค่าความเค็มมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดยาวนาน รายละเอียดตามภาพที่ 6 นอกจาก จากข้อมูลล่าสุดเมื่อปี พ.ศ. 2562 ค่าความเค็ม ณ โรงสูบน้ำดิบสำแล เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2562 มีค่าสูงสุด ถึง 2.06 ก./ล.[26] ซึ่งถือได้ว่าสูงสุดในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา



ภาพที่ 6 ค่าความเค็มหน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2557 – 2561[27]

ปัญหาสาหร่ายอุดตันบ่อกรอง สาหร่ายจำพวกที่ส่งผลทำให้บ่อกรองอุดตันที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนใหญ่ ได้แก่ กลุ่มไดอะตอม เช่น *Aulacoseira spp.*, *Cyclotella spp.*, *Nitzschia spp.* กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ประกอบไปด้วย *Oscillatoria spp.* กลุ่มสาหร่ายสีเขียว ประกอบไปด้วย *Chlorella spp.* ซึ่งหากมีปริมาณสูงเกิน 8,000 หน่วยต่อ 100 มิลลิลิตร จะมีความเสี่ยงที่ทำให้บ่อกรองอุดตัน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 พบว่าปริมาณสาหร่ายอุดตันบ่อกรองมีปริมาณเกินเกณฑ์กำหนดและมีความถี่ในการเกิดสูงขึ้น ตามภาพที่ 7 ซึ่งจะส่งผลกระทบให้เป็นการสิ้นเปลืองปริมาณน้ำล้างบ่อกรอง และสิ้นเปลืองสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 7 ปริมาณสาหร่ายอุดตันบ่อกรองสูงสุด หน้าสถานีสูบน้ำดิบสำแล ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561[28]

การใช้เทคโนโลยีหลากหลาย

โรงงานผลิตน้ำบางเขน ถูกออกแบบและใช้งานมาเป็นระยะเวลายาวนาน โดยไม่ได้รับการปรับปรุงหรือยกระดับกระบวนการผลิตแต่อย่างใด เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตน้ำจึงมีเพียงกระบวนการผลิตน้ำแบบทั่วไป (Conventional water treatment system) ซึ่งมีข้อด้อยในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนจำพวกสารเคมีในน้ำ นอกจากนี้ รูปแบบของถังตกตะกอนและบ่อกรองส่วนใหญ่มีลักษณะที่คล้ายกัน และปัจจุบันมีสภาพเสื่อมโทรมเป็นอย่างมาก จึงทำให้โรงงานผลิตน้ำบางเขน มีความเสี่ยงในด้านเทคโนโลยีการผลิตน้ำค่อนข้างสูง ในกรณีที่น้ำดิบเกิดการปนเปื้อนสารเคมีและการที่น้ำดิบมีคุณภาพเสื่อมโทรมลงตลอดเวลา

การสร้างระบบโดยให้มีการกระจายตัวในสถานที่ต่าง ๆ

โรงงานผลิตน้ำบางเขนเป็นโรงงานผลิตน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งมีการจัดวางระบบต่างๆ ไว้ในสถานที่เดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นระบบลำเลียงน้ำดิบ ระบบตกตะกอน ระบบกรอง และระบบเก็บน้ำใส ประกอบกับปัจจุบันไม่มีกำลังผลิตน้ำสำรอง (Reserved capacity) เหลืออยู่ จึงมีความเสี่ยงสูงที่หากระบบใดระบบหนึ่งชำรุดขัดข้อง กำลังการผลิตจะขาดหายไปเป็นจำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่น ท่อลำเลียงน้ำในสายการผลิตที่ 1 ที่เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอยู่ในสภาพชำรุดเสียหาย ต้องมีการซ่อมแซมชั่วคราวทุกปี และเสี่ยงต่อการพังทลาย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อกำลังการผลิต 2,000,000 ลบ.ม./วัน ทำให้กำลังการผลิตน้ำ

ของโรงงานผลิตน้ำบางเขนลดลงร้อยละ 50 ซึ่งโรงงานอื่นไม่สามารถผลิตน้ำในปริมาณดังกล่าวทดแทนได้ ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำเป็นวงกว้าง

4.4. ประเด็นที่ 3 การมีระบบสำรอง (Redundancy)

ถึงแม้ว่าการประปานครหลวงจะมีระบบผลิตน้ำ 4 แห่ง แต่เมื่อกล่าวถึงโรงงานผลิตน้ำบางเขน ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตสูงสุด จึงทำให้เป็นการยากที่จะนำน้ำจากระบบผลิตน้ำที่เหลืออีก 3 แห่งมาชดเชย ในกรณีที่โรงงานผลิตน้ำบางเขนไม่สามารถผลิตน้ำได้ เนื่องจากกำลังการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำสามเสนและโรงงานผลิตน้ำธนบุรีเมื่อรวมกันแล้วยังคงมีปริมาณน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของกำลังผลิตน้ำโรงงานผลิตน้ำบางเขน สำหรับโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ที่มีกำลังการผลิตสูงรองจากโรงงานผลิตน้ำบางเขน แต่ด้วยระบบโครงข่ายท่อน้ำประปาที่ยังไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงทำให้การผันน้ำประปาจากฝั่งตะวันตกมายังฝั่งตะวันออกดำเนินการได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

5. แนวทางการเสริมสร้างเสถียรภาพและความมั่นคงในการผลิตน้ำประปาสำหรับโรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ระบบน้ำดิบ และระบบผลิตน้ำประปา

5.1. ระบบน้ำดิบ มีข้อเสนอ 2 แนวทาง ได้แก่

แนวทางแรก ก่อสร้างเขื่อนยกระดับน้ำท้ายจุดรับน้ำที่สำแลจังหวัดปทุมธานี เพื่อช่วยป้องกันปัญหาความเค็มสูงเกินมาตรฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถบริหารจัดการปริมาณสาหร่ายอุดตันบ่อกรองให้น้อยลงโดยการเลือกรับน้ำต่ำกว่าระดับที่สาหร่ายอาศัยอยู่ รวมทั้งสามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ได้นานประมาณ 15 วันอีกด้วย ประการสำคัญ เมื่อทำการยกระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่สามารถไหลเข้าคลองประปาโดยแรงโน้มถ่วง (gravity flow) ได้แล้ว จะสามารถหยุดเดินเครื่องสูบน้ำดิบเข้าคลอง เป็นการประหยัดค่าไฟฟ้าได้ อย่างไรก็ตาม แนวทางนี้ยังไม่สามารถลดและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำในด้านอื่นได้

แนวทางที่สอง การนำน้ำดิบจากฝั่งตะวันตก (เขื่อนแม่กลอง) มาใช้เสริมกับน้ำดิบฝั่งตะวัน (แม่น้ำเจ้าพระยา) แต่อย่างไรก็ตาม แนวทางนี้จะใช้งบประมาณการก่อสร้างสูง มีการ

เวนคืนที่ดินเพื่อใช้ก่อสร้างระบบส่งน้ำดิบ รวมถึงจะต้องมีการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (EIA และ HIA) ด้วย

5.2. ระบบผลิตน้ำประปา มีข้อเสนอ 2 แนวทาง ได้แก่

แนวทางแรก การก่อสร้างระบบผลิตน้ำสำรองกำลังผลิต 2,400,000 ลบ.ม./วัน ที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน โดยใช้พื้นที่ระบบกำจัดตะกอน (บางส่วน) พร้อมปรับปรุงระบบกำจัดตะกอนให้เป็นแบบผสมสาน ระหว่างระบบธรรมชาติประสิทธิภาพสูงและระบบกำจัดตะกอนโดยใช้เครื่องจักรกล

แนวทางที่สอง การก่อสร้างระบบผลิตน้ำสำรองกำลังผลิต 2,400,000 ลบ.ม./วัน โดยการก่อสร้างระบบผลิตน้ำเพิ่มทางฝั่งตะวันตก พร้อมเพิ่มเส้นทางลำเลียงน้ำดิบและเพิ่มเส้นทางการลำเลียงน้ำประปามายังฝั่งตะวันออกซึ่งแนวทางที่ 2 จะได้น้ำประปาที่มีคุณภาพดี ต้นทุนการผลิตน้ำต่ำ แต่งบประมาณในการก่อสร้างค่อนข้างสูง

ทั้งนี้ สำหรับการปรับปรุงระบบผลิตน้ำประปา 2 แนวทางที่นำเสนอ รูปแบบของระบบผลิตน้ำประปาที่นำมาใช้ จะต้องเป็นรูปแบบที่สามารถลดหรือกำจัดความเสี่ยง ซึ่งอาจจะเกิดจากคุณภาพน้ำดิบที่เปลี่ยนแปลงไปได้ นอกจากนี้ยังจะต้องพิจารณาถึงความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของน้ำในด้านสารเคมี จากสารมลพิษอุบัติใหม่ (Contaminants of Emerging Concerns) ด้วย ซึ่งอาจอ้างอิงเกณฑ์การออกแบบจากเอกสารต่าง ๆ เช่น สมาคมประปาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (AWWA)[29] บริษัทที่ปรึกษา MWH[30]และบริษัทที่ปรึกษา Black & Veatch Corporation[31] เป็นต้น ตัวอย่างเทคโนโลยีการผลิตน้ำแบบใหม่ ได้แก่ การใช้ระบบตกตะกอนในอัตราสูง ซึ่งจะสามารถตกตะกอนได้อย่างรวดเร็วและใช้พื้นที่น้อย หรือการกรองด้วยเมมเบรน รวมถึงกระบวนการออกซิเดชั่นและกระบวนการฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นต้น

สรุป

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพและความมั่นคงของการผลิตน้ำประปา ในกรณีของโรงงานผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง โดยทำการวิเคราะห์ในเชิงโครงสร้างพื้นฐาน

ซึ่งตามกรอบการดำเนินงานของ Nancey Green Leigh และ Heonyeong Lee (พ.ศ. 2562) โครงสร้างพื้นฐานที่มีเสถียรภาพและความมั่นคง ควรจะต้องมีลักษณะดังนี้

1. ความเชื่อมต่อ (Connectivity) โครงสร้างพื้นฐานจะต้องมีการเชื่อมต่อกันทั้งภายในและภายนอก เพื่อเป็นทางเลือกในการดำเนินการสำหรับกรณีฉุกเฉินต่างๆ

2. ความหลากหลาย (Diversity) โครงสร้างพื้นฐานจะต้องมีความหลากหลายใน 2 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านพื้นที่ และด้านหน้าที่ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเด็นพิจารณาหลัก ประกอบด้วย 1) การมีแหล่งน้ำดิบที่หลากหลาย 2) การใช้เทคโนโลยีหลากหลาย 3) การสร้างระบบโดยให้มีการกระจายตัวในสถานที่ต่างๆ

3. การมีระบบสำรอง (Redundancy) โรงงานผลิตน้ำบางเขน เริ่มผลิตน้ำมาตั้งแต่ปี 2522 ปัจจุบันใช้งานมาเป็นระยะเวลานานกว่า 40 ปี สภาพโครงสร้างระบบผลิตน้ำมีความชำรุดเสื่อมโทรมไปตามกาลเวลา สาเหตุสำคัญเนื่องจากการที่ไม่สามารถหยุดผลิตน้ำเพื่อซ่อมบำรุงได้ (การประปานครหลวงวางแผนการสร้างโรงงานผลิตน้ำตามปริมาณการใช้น้ำเป็นหลัก) ทำให้โรงงานผลิตน้ำบางเขนในปัจจุบันผลิตน้ำเต็มกำลังการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้น้ำ โดยไม่มีกำลังการผลิตสำรอง หากระบบผลิตน้ำเกิดชำรุดขัดข้องจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำจำนวนมาก ทำให้เกิดความเสียหายต่อภาพลักษณ์และชื่อเสียงของการประปานครหลวง รวมทั้งทำให้การประปานครหลวงสูญเสียโอกาสและรายได้จากการขายน้ำประมาณ 2,000,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จึงถือเป็นความเสี่ยงของการประปานครหลวงในอนาคตอันใกล้

ส่วนแนวทางการเพิ่มเสถียรภาพและความมั่นคงในการผลิตน้ำให้แก่โรงงานผลิตน้ำบางเขน ได้นำเสนอไว้สำหรับ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบน้ำดิบ และระบบผลิตน้ำประปา

ระบบน้ำดิบ เสนอทางเลือก 2 แนวทาง ได้แก่

แนวทางแรก ก่อสร้างเขื่อนยกระดับน้ำท้ายจุดรับน้ำที่สำแลจังหวัดปทุมธานี เพื่อช่วยป้องกันปัญหาความเค็มสูงเกินมาตรฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถบริหารจัดการปริมาณสาหร่ายอุดตันบ่อกรองให้น้อยลงโดยการเลือกรับน้ำต่ำกว่าระดับที่สาหร่ายอาศัยอยู่ รวมทั้งสามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ได้นานประมาณ 15 วันอีกด้วย ประการสำคัญ เมื่อทำการยกระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่สามารถไหลเข้าคลองประปาได้แล้ว (gravity

flow) จะทำให้สามารถหยุดเดินเครื่องสูบน้ำดิบเข้าคลองประปา ประหยัดค่าไฟในการเดินเครื่องสูบน้ำดิบได้อีกด้วยเช่นกัน

แนวทางที่สอง พิจารณาก่อสร้างระบบส่งน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันตก (เขื่อนแม่กลอง) มาเสริมปริมาณแหล่งน้ำดิบฝั่งตะวันออก (แม่น้ำเจ้าพระยา) ซึ่งงบประมาณในการก่อสร้างสูงมาก และอาจต้องเวนคืนที่ดินเพื่อการก่อสร้างระบบส่งน้ำดิบ รวมทั้งต้องมีการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (EIA และ HIA)

ระบบผลิตน้ำประปา เสนอทางเลือก 2 แนวทาง

แนวทางแรก การก่อสร้างระบบผลิตน้ำสำรองกำลังผลิต 2,400,000 ลบ.ม./วัน ที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน โดยใช้พื้นที่ระบบกำจัดตะกอน (บางส่วน) พร้อมปรับปรุงระบบกำจัดตะกอนให้เป็นแบบผสมสาน ระหว่างระบบธรรมชาติประสิทธิภาพสูงและระบบกำจัดตะกอนโดยใช้เครื่องจักรกล

แนวทางที่สอง การก่อสร้างระบบผลิตน้ำสำรองกำลังผลิต 2,400,000 ลบ.ม./วัน โดยการก่อสร้างระบบผลิตน้ำเพิ่มทางฝั่งตะวันตก พร้อมเพิ่มเส้นทางลำเลียงน้ำดิบและเพิ่มเส้นทางการลำเลียงน้ำประปามายังฝั่งตะวันออกซึ่งแนวทางที่ 2 จะได้น้ำประปาที่มีคุณภาพดี ต้นทุนการผลิตน้ำต่ำ แต่งบประมาณในการก่อสร้างค่อนข้างสูง

ทั้งนี้ สำหรับทั้ง 2 แนวทาง รูปแบบของระบบผลิตน้ำประปาที่นำมาใช้ จะต้องเป็นรูปแบบที่สามารถลดหรือกำจัดความเสี่ยง ซึ่งอาจจะเกิดจากคุณภาพน้ำดิบที่เปลี่ยนแปลงไปได้ นอกจากนี้ยังจะต้องพิจารณาถึงความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของน้ำในด้านสารเคมี จากสารมลพิษอุบัติใหม่ (Contaminants of Emerging Concerns) ด้วย ซึ่งอาจอ้างอิงเกณฑ์การออกแบบจากเอกสารต่าง ๆ เช่น สมาคมประปาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (AWWA) บริษัทที่ปรึกษา MWH และบริษัทที่ปรึกษา Black & Veatch Corporation เป็นต้น ตัวอย่างเทคโนโลยีการผลิตน้ำแบบใหม่ ได้แก่ การใช้ระบบตกตะกอนในอัตราสูง ซึ่งจะสามารถตกตะกอนได้อย่างรวดเร็วและใช้พื้นที่น้อย หรือการกรองด้วยเมมเบรน รวมถึงกระบวนการออกซิเดชั่นและกระบวนการฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. พระราชบัญญัติการประปานครหลวง พ.ศ. 2510 (ฉบับแก้ไขล่าสุด). เข้าถึงจาก http://web.krisdika.go.th/data/law/law2/%a124/%a124-20-9999-update.pdf. เข้าถึงเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2563.

[2] การประปานครหลวง. 2561. รายงานประจำปี 2561 การประปานครหลวง. https://www.mwa.co.th/mobile/download/Annual_Report_2561.pdf. เข้าถึงเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2563.

[3] David Grey and Claudia W. Sadoff. 2007. Sink or Swim? Water security for growth and development. Water Policy (2007) 9 (6): 545–571.

[4] Asian Development Bank. 2016. Asian water development outlook 2016: Strengthening water security in Asia and the Pacific. Mandaluyong City, Philippines.

[5] Asian Development Bank. 2019. Asian Development Outlook 2019 Update: Fostering Growth and Inclusion in Asia's Cities. Mandaluyong City, Philippines.

[6] C. S. Holling. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. Annual Review of Ecology and Systematics. Volume 4, 1973. pp 1-23.

[7] Lance H. Gunderson. 2000. Ecological Resilience—In Theory and Application. Annual Review of Ecology and Systematics. Volume 31, 2000. pp 425-439.

[8] Jean-Pierre Corriou. 2004. Process Control, theory and application. Springer, London, U.K.

[9] Gibbie, P. 2000. WATER STABILITY - WHAT DOES IT MEAN AND HOW DO YOU MEASURE IT ?. 63rd Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference. Civic Centre - Warrnambool. 6 and 7 September, 2000.

[10] MWH. 2011. Water Utility Master Plan (WUMP) prepared for City of Boulder.

[11] László Pintér, Peter Hardi, André Martinuzzi, and Jon Hall. 2012. Bellagio STAMP: Principles for sustainability assessment and measurement. Ecological Indicators 17 (2012) 20–28.

[12] Serenella Sala, Biagio Ciuffo, and Peter Nijkamp. 2015. A systemic framework for sustainability assessment. Ecological Economics 119 (2015) 314–325.

[13] Nancey Green Leigh and Heonyeong Lee. 2019. Sustainable and Resilient Urban Water Systems: The Role of Decentralization and Planning. Sustainability 2019, 11, 918.

[14] Petter D. Jenssen, Lasse Vråle, and Oddvar Lindholm. 2007. Sustainable Wastewater Treatment. Proc. International conference on natural resources and environmental management and environmental safety and health. Kuching, Malaysia. November 27-29, 2007.

[15] ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 (ฉบับย่อ). http://www.nesdc.go.th/download/document/SAC/NS_SumPlanOct2018.pdf. เข้าถึงเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2563.

[16] การประปานครหลวง. 2562. แผนวิสาหกิจ การประปานครหลวง ฉบับที่ 5 (ปี 2563 - 2565).

[17] การประปานครหลวง. 2533. แผนแม่บทโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาของการประปานครหลวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2533).

[18] เรื่องเดียวกัน.

[19] Nancey Green Leigh and Heonyeong Lee. 2019. Sustainable and Resilient Urban Water Systems: The Role of Decentralization and Planning. Sustainability 2019, 11, 918.

[20] Serenella Sala, Biagio Ciuffo, and Peter Nijkamp. 2015. A systemic framework for sustainability assessment. Ecological Economics 119 (2015) 314–325.

[21] การประปานครหลวง. โครงการระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบ Real Time. http://rwc.mwa.co.th/page/stats/. เข้าถึงเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2563.

[22] การประปานครหลวง. 2562. แผนงานปรับปรุงและพัฒนาเพื่อเพิ่มเสถียรภาพกำลังการผลิตโรงงานผลิตน้ำบางเขน. คณะทำงานจัดทำแผนงานปรับปรุงและพัฒนาโรงงานผลิตน้ำบางเขน.

[23] การประปานครหลวง. โครงการระบบเฝ้าระวังคุณภาพน้ำแบบ Real Time. http://rwc.mwa.co.th/page/stats/. เข้าถึงเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2563.

[24] เรื่องเดียวกัน.

[25] เรื่องเดียวกัน.

[26] เรื่องเดียวกัน.

[27] เรื่องเดียวกัน.

[28] เรื่องเดียวกัน.

[29] American Water Works Association, American Society of Civil Engineers. James K. Edzwald, PhD, editor. 2011. Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water, sixth edition. USA.

[30] John C. Crittenden R. Rhodes Trussell David W. Hand Kerry J. Howe George Tchobanoglous. 2012. MWH's Water Treatment: Principles and Design, Third Edition: Principles and Design, Third Edition. USA.

[31] Black & Veatch Corporation. 2009. White's Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants, Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc.

ประวัติย่อผู้วิจัย

ยศ ชื่อ นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

วัน เดือน ปี เกิด 2 กุมภาพันธ์ 2512

ประวัติสำเร็จศึกษา

พ.ศ. 2535 ปริญญาตรี สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2541 ปริญญาโท สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2553 หัวหน้าส่วนควบคุมการผลิตน้ำ 4 ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน

พ.ศ. 2555 นักวิทยาศาสตร์ 7 ผู้ช่วยผู้ว่าการ (แหล่งน้ำและคุณภาพ)

พ.ศ. 2556 ผู้อำนวยการกองธุริจเสริมด้านระบบผลิต ฝ่ายวางแผนและพัฒนาการผลิตระบบส่งและจ่ายน้ำ

พ.ศ. 2558 ผู้อำนวยการกองวิชาการและข้อมูลผลิตน้ำ

พ.ศ. 2559 ผู้เชี่ยวชาญการประปานครหลวง ระดับ 8

พ.ศ. 2560 ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน

ตำแหน่งปัจจุบัน

พ.ศ. 2562 – ปัจจุบัน ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์และธนบุรี