บทความวิจัย

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำของน้ำประปา ในพื้นที่ผลกระทบจากโครงการประตูระบายน้ำ จังหวัดพิจิตร

สมศักดิ์ ผลประเสริฐศรี[1,*] สศ.บ., นศ.บ., ไพฑูรย์ คันทัพ[1] สบ., อรวีร์ พลอาจ[1] วท.บ.

Received: February 10, 2021
Revised: April 7, 2021
Accepted: April 7, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาในพื้นที่ผลกระทบจากโครงการประตูระบายน้ำ จังหวัดพิจิตร โดยใช้ตัวชี้วัดด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 เก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ในเดือนมีนาคม มิถุนายน และกรกฎาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 20 จุดศึกษา ผลการวิจัยพบว่าตัวชี้วัดที่ไม่ผ่านเกณฑ์สูงสุดด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำดิบในจุดเก็บจากแหล่งน้ำที่นำมาผลิตประปาหมู่บ้านทั้ง 20 แห่ง เทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา คือ สีของน้ำ ปริมาณของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และปริมาณของเหล็ก ปัญหาดังกล่าวพบถึงร้อยละ 90 รองลงมาคือ ค่าความขุ่น พบร้อยละ 85 จากตัวอย่างน้ำทั้งหมด สำหรับตัวชี้วัดอื่น ได้แก่ ความกระด้าง ปริมาณของของแข็งที่แขวนลอย ทองแดง สังกะสี โครเมี่ยม แคดเมียม ปรอท นิกเกิล ไซยาไนด์ ซัลเฟต คลอไรด์ ไนเตรต ไม่พบเกินค่ามาตราฐานคุณภาพน้ำ ตัวชี้วัดที่ไม่ผ่านเกณฑ์สูงสุดด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำที่ผ่านระบบประปา ได้แก่ ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สีของน้ำ และปริมาณสารหนู โดยพบร้อยละ 70 ร้อยละ 20 และ ร้อยละ 5 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมด ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ผู้บริโภคควรปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนที่จะนำน้ำประปามาใช้ในการอุปโภคและบริโภค เพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงควรมีมาตรการเร่งด่วนในการจัดการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาตามเกณฑ์มาตรฐานเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้บริโภค

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ น้ำประปา ประตูระบายน้ำ

[1] นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพิจิตร
[*] ผู้รับผิดชอบบทความ: paperresearch2121@gmail.com

Water quality analysis of water supply at impacted areas by the floodgates project, Phichit Province

Somsak Phonprasertsri[1,*] B.P.H., B.A., Phaitoon Khanthap[1] B.P.H., Orawee Phonart[1] B.Sc.

ABSTRACT

This research aimed to access water supply quality at the impacted areas by the floodgates project, Phichit Province using physical, chemical, and biological parameters of the Drinking Water Quality Criteria of Department of Health, 2010. The water samples were collected three times in March, June, and July 2020 at 20 sampling sites. The result found that the highest unqualify physical, chemical, and biological parameters of raw water collected from water sources that use to produce water supply of 20 villages compared with the Drinking Water Quality Criteria were color of water, number of coliform bacteria, and concentration of Iron. Those problems were found at 90% followed by the turbidity value, with 85% of all water samples. Other parameters such as hardness, Total Dissolved Solids, Copper, Zinc, Chromium, Cadmium, Mercury, Nickel, Cyanide, Sulfate, Chloride, Nitrate values were found not to exceed Drinking Water Quality Criteria. The highest unqualify physical, chemical, and biological parameters of water that passed through the water supply system were the number of Fecal Coliform Bacteria, the color of water, and concentration of arsenic which found at 70%, 20%, and 5% of all the water sample, respectively. The result suggested that the water from all sampling points failed to meet the Drinking Water Quality Criteria of the Department of Health, 2010. Consumers should improve water quality before consumption for health safety. Therefore, urgent measures should be taken to improve the quality of supply water following the Drinking Water Quality Criteria for enhancing the quality of life of consumers.

Keywords: Water quality, Water supply, Floodgates

[1] Public Health Technical Officer, Professional Level, Phichit Provincial Public Health Office

[*] Corresponding author: paperresearch2121@gmail.com

บทนำ

โครงการประตูระบายน้ำ จังหวัดพิจิตร มีแม่น้ำยมเป็นแม่น้ำสายหลักในพื้นที่ ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับชาติของประเทศไทย โดยมีกิจการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามประกาศที่ออกตามมาตรา 46 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (Thai Government Gazette, 1992) โดยดำเนินการก่อสร้างในพื้นที่ตำบลวังจิก อำเภอโพธิ์ประทับช้าง และตำบลกำแพงดิน อำเภอสามง่าม การดำเนินกิจกรรมในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยกำหนดสุขภาพในด้านต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั้งทางบวกและทางลบ จึงเข้าข่ายประเภทและขนาดโครงการหรือกิจการ ซึ่งต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ และแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม จึงมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม จัดทำแผนปฏิบัติการป้องกันแก้ไขและติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Mitigation Plan: EIMP) ที่มีความเหมาะสมทางวิชาการและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งของการติดตามและประเมินผลภายหลังการดำเนินการโครงการ (Brahmakappa, 2018) นำไปสู่การจัดทำฐานข้อมูลด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมสุขภาพของประชาชนในพื้นที่โครงการและคนงานก่อสร้างและการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำอุปโภคและบริโภคในพื้นที่โครงการ เพื่อเป็นการติดตาม ป้องกัน และเฝ้าระวังด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและโรคติดต่อที่มีน้ำและอาหารเป็นสื่อ ซึ่งจะนำไปสู่การสื่อสารความเสี่ยง รวมทั้งสร้างความรู้ความเข้าใจให้กับประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกรมชลประทาน ในการดำเนินการตามแผนปฏิบัติการ เพื่อป้องกันและติดตามการเฝ้าระวังด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม และโรคติดต่อที่มีน้ำและอาหารเป็นสื่อ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพทั้งทางบวกและทางลบที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการพัฒนาแหล่งน้ำโดยพิจารณาผลกระทบให้รอบด้านในทุกมิติทั้งในเชิงกว้างและเชิงลึก เพื่อให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของเหตุปัจจัยและผลกระทบที่อาจจะเกิดจากการดำเนินกิจกรรมของโครงการในแต่ละช่วงเวลา อันจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยกำหนดสุขภาพอย่างไร ซึ่งผู้ประเมินจะต้องพิจารณาปัจจัยกำหนดสุขภาพด้านสิ่งแวดล้อม (กายภาพ เคมี ชีวภาพ) ปัจจัยกำหนดสุขภาพทางสังคม (การรวมกลุ่มทางสังคม การจ้างงานความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน การติดยาเสพติด พฤติกรรมสุขภาพ) และปัจจัยกำหนดสุขภาพด้านบริการสาธารณะและสาธารณสุข (จำนวนสถานบริการทางการแพทย์จำนวนบุคคลากรทางการแพทย์การบรรเทาสาธารณภัย การจัดการของเสีย (ขยะ สิ่งปฏิกูล) การบริการน้ำดื่มน้ำใช้สุขาภิบาลที่พักอาศัย (Department of health, 2014)

น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต มนุษย์มีการใช้น้ำเพื่อประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้งการอุปโภค บริโภค เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจุบันชุมชนเมืองมีการขยายตัวมากขึ้น ความต้องการใช้น้ำสำหรับอุปโภคบริโภคก็มากขึ้นตามไปด้วย น้ำประปาเป็นปัจจัยหลักที่ถูกนำมาใช้สำหรับอุปโภคบริโภคการผลิตน้ำประปาจึงต้องมีปริมาณที่มากพอต่อความต้องการของผู้ใช้น้ำ ซึ่งน้ำประปาเป็นการนำน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น น้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินมาผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีความใสสะอาดมากขึ้น แต่อาจจะมีเชื้อโรคเจือปนมากับน้ำได้ ซึ่งน้ำประปาที่ดีมีคุณภาพจะต้องสะอาดปราศจากสารมลพิษหรือเชื้อโรคปนเปื้อนที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นน้ำประปาที่จะนำมาใช้อุปโภคบริโภค ควรนำมาตรวจสอบคุณภาพเพื่อทราบถึงปริมาณมลพิษที่ปนเปื้อนอยู่และหากพบว่ามีปริมาณสารมลพิษปนเปื้อนสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้จำเป็นต้องมีการกำจัดออกหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำมาใช้ (Prasertsin, Waiyaka, Kornochalert, & Pukumpuang, 2017; Sriket, 2016; APHA, AWWA, & WEF, 2005)

ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำจำเป็นต้องมีการตรวจสอบทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพร่วมกัน มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาหลายฉบับทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น Nielsen et al. (2011) ทำการติดตามตรวจสอบหาสารหนูและไนเตรทในน้ำประปาหมู่บ้านในประเทศสหรัฐอเมริกา เก็บตัวอย่างน้ำจากที่พักอาศัยทั้งหมด 107 ตัวอย่าง ผลการศึกษาจากตัวอย่างทั้งหมดตรวจพบสารหนู และไนเตรทคิดเป็นร้อยละ 91 และ 72 ตามลำดับ แต่ปริมาณที่พบอยู่ในระดับที่ต่ำ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพส่วนการศึกษาในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2547 (Moonsin, 2006) ได้ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำประปาจำนวน 10 หมู่บ้าน ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ในช่วงเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ.2535 (Thai Government Gazette, 1992) และมาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคขององค์กรอนามัยโลก ค.ศ. 1993 (World Health Organization, 1993) ผลการตรวจวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ พบว่าน้ำประปาไม่มีกลิ่นเป็นที่น่ารังเกียจ มีค่าการนำไฟฟ้าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ร้อยละ 90) ทางเคมีพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำประปาผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำประปา ร้อยละ 43.3 ความกระด้างของน้ำประปาผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 80 ส่วนผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาพบว่า ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 63.3 ส่วนฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 63.3 จากผลการตรวจวิเคราะห์พบว่า น้ำประปาไม่ได้มาตรฐานอาจเนื่องมาจากความไม่สะอาดของก๊อกน้ำท่อ หรือสายยางภาชนะที่รองรับน้ำประปา รวมทั้งสถานที่ผลิตอาจขาดสุขลักษณะในการผลิตน้ำประปาที่ดี นอกจากนี้ยังมีรายงานการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตประปาหมู่บ้านของตำบลดงบัง อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี มีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับ 11.50 เอ็มพีเอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดิบสำหรับผลิตประปาของกรมควบคุมมลพิษและการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำประปาหมู่บ้านที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.67 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคของกรมอนามัย (Sriket, 2016)

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาในหลายพื้นที่ โดยแต่ละพื้นที่ ก็ให้ผลการตรวจสอบที่ต่างกัน มีทั้งที่ผ่านเกณฑ์เหมาะสมสำหรับการนำมาอุปโภคและบริโภค และไม่ผ่านเกณฑ์ไม่เหมาะสมแก่การนำมาบริโภค ซึ่งทำให้คณะผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาคุณภาพน้ำประปาของหมู่บ้านทั้ง 20 แห่ง ในพื้นที่ ภายใต้โครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่ชาวบ้านนำมาใช้ในการผลิตน้ำประปาในชุมชนเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค มีกระบวนการผลิตน้ำประปาตามหลักอนามัยสิ่งแวดล้อม ก่อนจะถูกส่งไปตามท่อส่งน้ำซึ่งเป็นท่อพีวีซี ไปยังถังเก็บน้ำก่อนจ่ายน้ำให้กับครัวเรือน ตลอดรวมถึงการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาอย่างสม่ำเสมอเพียงพอ อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีและเชื้อโรคได้ ซึ่งน้ำประปาที่ดีมีคุณภาพจะต้องสะอาดปราศจากสารมลพิษหรือเชื้อโรคปนเปื้อนที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค โดยน้ำประปาที่ไม่ได้มาตรฐานก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชากรในท้องถิ่น งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของคุณภาพน้ำสำหรับการอุปโภคและบริโภค โดยทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ เพื่อทราบถึงปริมาณมลพิษและเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน หากพบว่ามีปริมาณสารมลพิษปนเปื้อนสูงเกินเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 (Department of Health, 2014) จำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำมาใช้สำหรับการอุปโภคบริโภคที่สะอาดและปลอดภัยส่งผลให้สุขภาพของคนในชุมชนดีขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

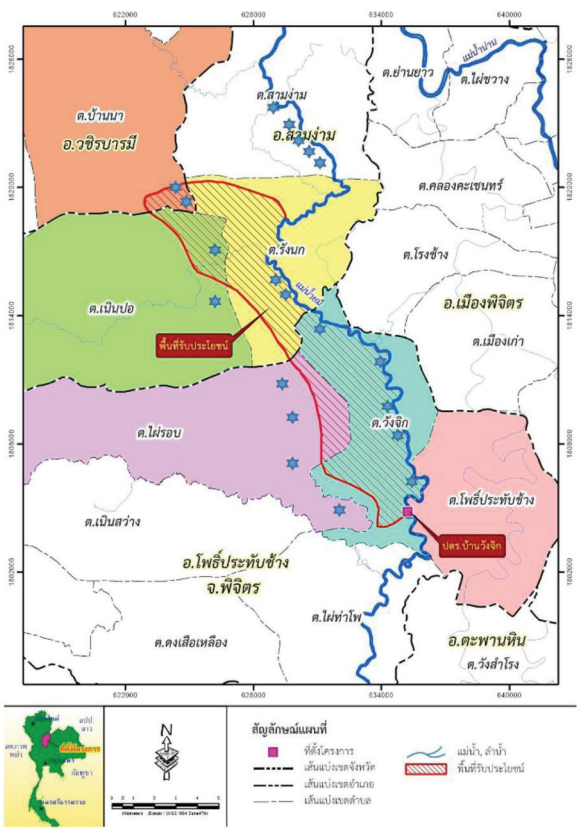
1. เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาในพื้นที่ด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของหมู่บ้านในพื้นที่ ภายใต้โครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาของหมู่บ้าน

ในพื้นที่ ภายใต้โครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร กับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ.2553

ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพัฒนาส่งเสริมและสนับสนุนจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพิจิตร เลขที่อนุมัติโครงการ 14/2563 วันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ลงพื้นที่สำรวจจุดเก็บตัวอย่างก่อนการเก็บตัวอย่างจริง โดยสำรวจพื้นที่โดยรอบของแหล่งน้ำที่นำมาผลิตน้ำประปา ว่ามีการใช้ประโยชน์ในด้านใดบ้าง เช่น การเกษตรกรรม เลี้ยงสัตว์ เพื่อกำหนดปัจจัยในการศึกษาคุณภาพน้ำได้อย่างเหมาะสม (ภาพ 1)



ภาพ 1 แสดงที่ตั้งโครงการ และจุดจัดเก็บน้ำดิบ

ที่มา: Royal Irrigation Department, Bureau of Engineering and Geoscience Survey. (2018).

2. กำหนดจุดเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของการผลิตและส่งจ่ายน้ำประปาหมู่บ้านในพื้นที่ ภายใต้โครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ครั้ง ได้แก่ เดือนมีนาคม มิถุนายน และกรกฎาคม พ.ศ. 2563 จำนวน 20 จุดศึกษา ประกอบด้วย 1) ประปา หมู่ 2 บ้านนา อำเภอวชิรบารมี 2) ประปา หมู่ 14 บ้านนา อำเภอวชิรบารมี 3) ประปา หมู่ 7 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน 4) ประปา หมู่ 8 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน 5) ประปา หมู่ 10 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน 6) ประปา หมู่ 11 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน 7) ประปา หมู่ 12 อำเภอสามง่าม ตำบล

กำแพงดิน 8) ประปา หมู่ 3 อำเภอสามง่าม ตำบลรังนก 9) ประปา หมู่ 12 อำเภอสามง่าม ตำบลรังนก 10) ประปา หมู่ 2 อำเภอสามง่าม ตำบลเนินปอ 11) ประปา หมู่ 6 อำเภอสามง่าม ตำบลเนินปอ 12) ประปา หมู่ 5 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก 13) ประปา หมู่ 6 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก 14) ประปา หมู่ 7 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก 15) ประปา หมู่ 8 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก 16) ประปา หมู่ 9 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก 17) ประปา หมู่ 1 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลไผ่รอบ 18) ประปา หมู่ 2 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลไผ่รอบ 19) ประปา หมู่ 8 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลไผ่รอบ 20) ประปา หมู่ 5 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลไผ่รอบ โดยประปาหมู่บ้านทั้งหมดอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (ภาพ 1)

3. เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นลำดับแรกโดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ (Aseptic technique) และเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ และเคมีบางประการโดยใช้ขวดโพลีเอธิลีน ขนาด 1 ลิตร และรักษาตัวอย่างน้ำโดยเก็บใส่ในถังน้ำแข็งก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

4. วิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ

4.1 วัดค่าความขุ่น โดยใช้เครื่อง Turbidity meter ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100P

4.2 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ โดยใช้ pH meter ยี่ห้อ Schott รุ่น Lab860 set

4.3 ตรวจวิเคราะห์ค่าความกระด้าง ด้วยวิธี EDTA Titrimetric Method (Greenberg, Clescerri, & Eaton, 2005)

4.4 วัดปริมาณฟลูออไรด์ ด้วยวิธี SPADNS method โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR/2500 ของบริษัท HACH

4.5 วัดปริมาณแมงกานีส ด้วยวิธี Colorimetric method โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR/2500 ของบริษัท HACH

4.6 วัดปริมาณเหล็ก ใช้วิธี Inductively coupled plasma-optical emission spectrometer

4.7 ตรวจสอบพารามิเตอร์ไนเตรท ในการวิจัยวิเคราะห์ แปลผล/เปรียบเทียบผลกับเกณฑ์ด้วยวิธี Cadmium reduction โดยใช้ Spectrophotometer รุ่น DR/2500 ของบริษัท HACH ซึ่งดำเนินการตาม Greenberg et al. (2005)

4.8 วิธีการตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยวิธี Multiple tube fermentation technique (MPN) ของ American Public Health Association (2005)

4.9 วิธีการตรวจวิเคราะห์สารหนู โดยวิธี Silver Diethyldithiocarbamate method (Bhuiyan, Tshering, & Misbahuddin, 2015)

5. เปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาของหมู่บ้านในพื้นที่ ภายใต้โครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร กับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553

ผลการวิจัย

คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีของน้ำประปาหมู่บ้านในพื้นที่ ภายใต้โครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร

1) ภาพรวมการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านกายภาพได้แก่ ความขุ่น และค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้านเคมี ได้แก่ค่าความกระด้าง ปริมาณฟลูออไรด์ ปริมาณแมงกานีส ปริมาณเหล็ก และปริมาณไนเตรทของน้ำประปาในพื้นที่ ภายใต้โครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปาภาพรวมพบว่า คุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัยมีปัญหาการปนเปื้อนทางเคมีสูงถึงร้อยละ 100 นอกจากนั้นยังพบปัญหาการปนเปื้อนทางกายภาพสูงถึงร้อยละ 85 และปัญหาการปนเปื้อนทางชีวภาพถึงร้อยละ 60 ซึ่งนับว่ามีความสำคัญที่ต้องเร่งดำเนินการแก้ไข โดยการจัดการปรับปรุงคุณภาพน้ำอย่างเร่งด่วนเพื่อการมีสุขภาพะของผู้บริโภค ส่วนคุณภาพน้ำปลายท่อภาพรวมพบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านกระบวนการจนนำมาใช้ในน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย มีปัญหาการปนเปื้อนทางชีวภาพสูงถึงร้อยละ 100 นอกจากนั้น

ยังพบปัญหาการปนเปื้อนทางกายภาพสูงถึงร้อยละ 45 และปัญหาการปนเปื้อนทางชีวภาพถึงร้อยละ 40 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการจ่ายน้ำไปยังปลายทางสู่ผู้บริโภคมีปัญหาการปนเปื้อนในระดับสูงจนอาจส่งผลอันตรายต่อผู้บริโภคดังแสดงผลในตาราง 1

ตาราง 1 ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปา จากแหล่งน้ำดิบภาพรวม จำนวน 20 แห่ง

จุดเก็บตัวอย่าง	ผลการตรวจวิเคราะห์ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย					
	กายภาพ		เคมี		ชีวภาพ	
	ผ่าน (%)	ปนเปื้อน (%)	ผ่าน (%)	ปนเปื้อน (%)	ผ่าน (%)	ปนเปื้อน (%)
น้ำดิบ (20)	3 (15.0)	17 (85.0)	0 (0)	20 (100)	8 (40.0)	12 (60.0)
ต้นท่อ (20)	7 (35.0)	13 (65.0)	13 (65.0)	7 (35.0)	1 (5.0)	19 (95.0)
ปลายท่อ (20)	11 (55.0)	9 (45.0)	12 (60.0)	8 (40.0)	0 (0)	20 (100)

หมายเหตุ: ประปา 20 แห่ง ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ ของกรมอนามัย พ.ศ.2553

โดยเมื่อแยกพิจารณาผลการคัดกรองคุณภาพน้ำดิบ จากแหล่งน้ำที่นำมาผลิตประปาหมู่บ้าน ทั้ง 20 แห่ง พบว่า ทั้งผลการพิจารณาด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของคุณภาพน้ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา พบว่า มีแหล่งน้ำดิบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในด้านสี ฟีคัลโคลิฟอร์มฯ เหล็ก ไม่ผ่านเกณฑ์สูงที่สุดโดยพบถึงร้อยละ 90 รองลงมาคือ ด้านความขุ่นร้อยละ 85 โดยไม่พบปัญหาด้าน ความกระด้าง TDS ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) โครเมี่ยม (Cr) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) นิกเกิล (Ni) ไซยาไนด์ (CN) ซัลเฟต คลอไรด์ ไนเตรต ดังรายละเอียดแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปา จากแหล่งน้ำดิบภาพรวม จำนวน 20 แห่ง

พารามิเตอร์	เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา	มีนาคม (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)	มิถุนายน (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)	กรกฎาคม (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)
กายภาพ				
สี	ไม่เกิน 15	18 (90.0)	18 (90.0)	18 (90.0)
ความขุ่น	ไม่เกิน 5	17 (85.0)	17 (85.0)	17 (85.0)
ความเป็นกรด-ด่าง (PH)	6.5-8.5	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ชีวภาพ				
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ต้องไม่พบ	12 (60.0)	12 (60.0)	12 (60.0)
ฟีคัลโคลิฟอร์มฯ	ต้องไม่พบ	18 (90.0)	18 (90.0)	18 (90.0)
เคมี				
ความกระด้าง	ไม่เกิน 500	0 (0)	0 (0)	0 (0)
TDS	ไม่เกิน 1000	0 (0)	0 (0)	0 (0)
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	18 (90.0)	18 (90.0)	18 (90.0)

ตาราง 2 ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปา จากแหล่งน้ำดิบภาพรวม จำนวน 20 แห่ง (ต่อ)

พารามิเตอร์	เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา	มีนาคม (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)	มิถุนายน (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)	กรกฎาคม (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	11 (55.0)	11 (55.0)	11 (55.0)
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.01	1 (5.0)	1 (5.0)	1 (5.0)
โครเมี่ยม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	0 (0)	0 (0)	0 (0)
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	0 (0)	0 (0)	0 (0)
สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	7 (35.0)	7 (35.0)	7 (35.0)
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	0 (0)	0 (0)	0 (0)
นิกเกิล (Ni)	ไม่มีกำหนดในเกณฑ์	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ไซยาไนด์ (CN)	ไม่มีกำหนดในเกณฑ์	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ซัลเฟต	ไม่เกิน 250	0 (0)	0 (0)	0 (0)
คลอไรด์	ไม่เกิน 250	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ไนเตรต	ไม่เกิน 50	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ฟลูออไรด์ (F)	ไม่เกิน 0.7	2 (10.0)	2 (10.0)	2 (10.0)

เมื่อแยกพิจารณาผลการคัดกรองคุณภาพประปาหมู่บ้าน ทั้ง 20 แห่ง ที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้ว พบว่าทั้งผลการพิจารณาด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของคุณภาพน้ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา พบว่า มีน้ำประปาที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในด้านฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงที่สุด โดยพบถึงร้อยละ 70 รองลงมาคือ สารหนู ร้อยละ 25 และสี ร้อยละ20 ตามลำดับ ดังรายละเอียดแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปาจากน้ำประปาภาพรวม จำนวน 20 แห่ง

พารามิเตอร์	เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา	มีนาคม (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)	มิถุนายน (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)	กรกฎาคม (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)
กายภาพ				
สี	ไม่เกิน 15	4 (20.0)	4 (20.0)	4 (20.0)
ความขุ่น	ไม่เกิน 5	3 (15.0)	3 (15.0)	3 (15.0)
ความเป็นกรด-ด่าง (PH)	6.5-8.5	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ชีวภาพ				
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ต้องไม่พบ	3 (15.0)	3 (15.0)	3 (15.0)
ฟีคัลโคลิฟอร์มฯ	ต้องไม่พบ	14 (70.0)	14 (70.0)	14 (70.0)

ตาราง 3 ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปาจากน้ำประปาภาพรวม จำนวน 20 แห่ง (ต่อ)

พารามิเตอร์	เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา	มีนาคม (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)	มิถุนายน (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)	กรกฎาคม (ไม่ผ่าน/ร้อยละ)
เคมี				
ความกระด้าง	ไม่เกิน 500	0 (0)	0 (0)	0 (0)
TDS	ไม่เกิน 1000	0 (0)	0 (0)	0 (0)
เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	3 (15.0)	3 (15.0)	3 (15.0)
แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.01	1 (5.0)	1 (5.0)	1 (5.0)
โครเมี่ยม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	0 (0)	0 (0)	0 (0)
แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	0 (0)	0 (0)	0 (0)
สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	5 (25.0)	5 (25.0)	5 (25.0)
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	0 (0)	0 (0)	0 (0)
นิกเกิล (Ni)	ไม่มีกำหนดในเกณฑ์	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ไซยาไนด์ (CN)	ไม่มีกำหนดในเกณฑ์	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ซัลเฟต	ไม่เกิน 250	0 (0)	0 (0)	0 (0)
คลอไรด์	ไม่เกิน 250	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ไนเตรต	ไม่เกิน 50	0 (0)	0 (0)	0 (0)
ฟลูออไรด์ (F)	ไม่เกิน 0.7	4 (20.0)	4 (20.0)	4 (20.0)

2) ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปาพบว่า ทุกจุดคุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย มีปัญหาการปนเปื้อนสี ฟลูออไรด์ เหล็ก สารหนู โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งนับว่ามีความสำคัญที่ต้องเร่งดำเนินการแก้ไข โดยการจัดการปรับปรุงคุณภาพน้ำอย่างเร่งด่วน เพื่อการมีสุขภาพวะของผู้บริโภค ส่วนคุณภาพน้ำปลายท่อภาพรวม พบว่าคุณภาพน้ำที่ผ่านกระบวนการจนนำมาใช้ในน้ำประปาดื่มได้ ของกรมอนามัย มีปัญหาการปนเปื้อนสี เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปัญหาสำคัญน่าจะมาจากกระบวนการผลิตและกระบวนการจ่ายน้ำไปยังปลายทางสู่ผู้บริโภค มีปัญหาการปนเปื้อนในระดับสูงจนอาจส่งผลอันตรายต่อผู้บริโภค แสดงผลในตาราง 4

ตาราง 4 ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปา จำแนกตามจุดเก็บ จำนวน 20 แห่ง

จุดเก็บ	น้ำดิบ	ต้นท่อ	ปลายท่อ	แนวทางแก้ไข
1. ประปา หมู่ 2 บ้านนา อำเภอวชิรบารมี	สี เหล็ก สารหนู โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	สี เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	สี เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ตรวจสอบกระบวนการผลิตทั้งระบบ
2. ประปา หมู่ 14 บ้านนา อำเภอวชิรบารมี	สี ฟลูออไรด์ เหล็ก สารหนู โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ความขุ่น ฟลูออไรด์ เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ความขุ่น ฟลูออไรด์ เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ตรวจสอบกระบวนการผลิตทั้งระบบ
3. ประปา หมู่ 7 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน	สี ความขุ่น เหล็ก โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
4. ประปา หมู่ 8 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส -	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	- - โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน) 2. ตรวจสอบเส้นท่อ
5. ประปา หมู่ 10 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน	สี ความขุ่น เหล็ก -	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน) 2. ตรวจสอบเส้นท่อ
6. ประปา หมู่ 11 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน	สี ความขุ่น เหล็ก -	สี ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	สี ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
7. ประปา หมู่ 12 อำเภอสามง่าม ตำบลกำแพงดิน	สี ความขุ่น เหล็ก โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
8. ประปา หมู่ 3 อำเภอสามง่าม ตำบลรังนก	สี เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	สี เหล็ก ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	สี เหล็ก ตะกั่ว ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน) 3.ตรวจสอบเส้นท่อ

ตาราง 4 ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปา จำแนกตามจุดเก็บ จำนวน 20 แห่ง (ต่อ)

จุดเก็บ	น้ำดิบ	ต้นท่อ	ปลายท่อ	แนวทางแก้ไข
9. ประปา หมู่ 12 อำเภอสามง่าม ตำบลรังนก	เหล็ก ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ฟลูออไรด์ ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน) 2. ตรวจสอบเส้นท่อ
10. ประปา หมู่ 2 อำเภอสามง่าม ตำบลเนินปอ	เหล็ก แมงกานีส สารหนู -	ความขุ่น ฟลูออไรด์ สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	- ฟลูออไรด์ สารหนู	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
11. ประปา หมู่ 6 อำเภอสามง่าม ตำบลเนินปอ	ฟลูอไรด์ แมงกานีส สารหนู โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ความขุ่น ฟลูออไรด์ สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย ฟลูออไรด์ สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน) 3. ตรวจสอบเส้นท่อ
12. ประปา หมู่ 5 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	สี ความขุ่น เหล็ก -	ความขุ่น เหล็ก	1. ตรวจสอบทรายกรอง
13. ประปา หมู่ 6 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส -	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
14. ประปา หมู่ 7 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส -	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
15. ประปา หมู่ 8 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส -	- - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
16. ประปา หมู่ 9 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลวังจิก	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	- - โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)

ตาราง 4 ผลการตรวจวิเคราะห์และทดสอบตัวอย่างน้ำประปา จำแนกตามจุดเก็บ จำนวน 20 แห่ง (ต่อ)

จุดเก็บ	น้ำดิบ	ต้นท่อ	ปลายท่อ	แนวทางแก้ไข
17. ประปา หมู่ 1 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลไผ่รอบ	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส สารหนู -	ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย -	- - โคลิฟอร์มแบคทีเรีย -	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
18. ประปา หมู่ 2 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลไผ่รอบ	สี ความขุ่น เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ความขุ่น เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	สี ความขุ่น เหล็ก สารหนู ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
19. ประปา หมู่ 8 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลไผ่รอบ	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)
20. ประปา หมู่ 5 อำเภอโพธิ์ประทับช้าง ตำบลไผ่รอบ	สี ความขุ่น เหล็ก แมงกานีส ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	ความขุ่น - ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	- - ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	1. ตรวจสอบทรายกรอง 2. เพิ่มระบบการฆ่าเชื้อ (คลอรีน)

ผลการประเมินคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้าน ในพื้นที่ได้รับผลกระทบจากโครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร ด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ โดยรวม เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 พบว่าทุกจุดเก็บตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553

สรุปและอภิปรายผล

จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบจากโครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตร ด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 เพื่อประเมินคุณภาพน้ำพบว่า ค่าความขุ่น ค่าความกระด้าง ปริมาณฟลูออไรด์ ปริมาณเหล็ก และปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ส่วนค่าความขุ่น ปริมาณแมงกานีส ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553

1) คุณภาพน้ำดิบในจุดเก็บจากแหล่งน้ำที่นำมาผลิตประปาหมู่บ้าน ทั้ง 20 แห่ง พบว่าด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของคุณภาพน้ำเมื่อเมื่อเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาพบว่า มีแหล่งน้ำดิบที่ไม่ผ่านเกณฑ์สูงที่สุดในด้าน สี ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เหล็ก โดยพบถึงร้อยละ 90 รองลงมาคือ ด้านความขุ่น ร้อยละ 85 โดยไม่พบปัญหาด้านความกระด้าง TDS ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) โครเมี่ยม (Cr) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) นิกเกิล (Ni) ไซยาไนด์ (CN) ซัลเฟต คลอไรด์ ไนเตรต ส่วนคุณภาพน้ำที่ผ่านระบบประปาแล้วไม่ผ่านเกณฑ์ในด้าน ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สูงที่สุด โดยพบถึงร้อยละ 70 รองลงมาคือสารหนู ร้อยละ 5 และสี ร้อยละ 20 ดังนั้นจึงควรมีมาตรการที่สำคัญในการจัดการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาตามเกณฑ์มาตรฐานอย่างเร่งด่วนเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้บริโภค

2) ปัญหาในเชิงพื้นที่จากการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบแหล่งน้ำดิบและผลกระทบที่อาจเกิดเนื่องมาจากโครงการประตูระบายน้ำ ควรมีการขยายพื้นที่ในการศึกษาคุณภาพของแหล่งน้ำในบริเวณโดยรอบพื้นที่ และตรวจประเมินผลกระทบที่อาจส่งผลต่อภาวะสุขภาพของประชาชนในพื้นที่เป็นประจำทุกปีเพื่อเป็นการเฝ้าระวังอย่างยั่งยืน

3) จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ พบว่าค่าความขุ่นของการเก็บตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ทั้ง 20 จุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากพื้นที่วิจัยเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำยม น้ำฝนและน้ำหลากทุกปี น้ำฝนและน้ำหลากอาจชะเอาตะกอนดินลงสู่ฝายชะลอน้ำ ซึ่งเป็นบริเวณที่ต้องส่งน้ำไปตามจุดอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sathidpong (2018) ที่กล่าวว่าความขุ่นของแหล่งน้ำผิวดินจะมีค่าสูงและแปรปรวนไปตามฤดูกาล โดยมีค่าสูงสุดในฤดูฝนและต่ำในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งค่าความขุ่นของน้ำเกิดจากการที่มีของแข็งแขวนลอยต่าง ๆ เช่น ดินเหนียวสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งอนุภาคเหล่านี้มีผลทำให้แสงส่องผ่านลงในแหล่งน้ำลดลง (Wetzel, 2001)

4) คุณภาพน้ำด้านกายภาพ ทั้งสี และความขุ่น มีความสำคัญต่อการผลิตน้ำประปาในแง่ความน่าดื่มน่าใช้ โดยน้ำประปาจะต้องมีความใส และปราศจากความขุ่น ทำให้การฆ่าเชื้อโรคไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควรเพราะเชื้อโรคอาจแฝงตัวหรือหลบซ่อนอยู่กับตะกอนต่าง ๆ (Alegre, Baptista, Cabrera, Cubillo, Duarte, Hirner et al., 2016) ส่วนค่าความกระด้างของน้ำประปาหมู่บ้าน ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ทุกจุดโดยค่าความกระด้างไม่ได้เป็นอันตรายต่อการบริโภค แต่น้ำที่มีความกระด้างมากเกินไปไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการอุปโภคบริโภค เนื่องจากทำให้เกิดฟองในสบู่น้อยลง และเกิดตะกรันในภาชนะ (Yimrattanabavorn, Rungrueang, Karuchit, & Wirikitkhul, 2018)

5) เมื่อพิจารณาปริมาณฟลูออไรด์พบว่าผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 ทุกจุดโดยปริมาณฟลูออไรด์เฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.36-0.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเหมาะสมสำหรับการนำน้ำมาใช้ในการอุปโภคบริโภค มีรายงานว่าถ้าได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยให้กระดูกและฟันแข็งแรง แต่หากได้รับมากเกินไปจะทำให้เกิดสารสะสมฟลูออไรด์ที่กระดูกและฟัน (Yimrattanabavorn et al., 2018)

6) การตรวจสอบปริมาณเหล็กพบว่าผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ทุกจุดซึ่งปริมาณเหล็กของน้ำประปาของหมู่บ้านในพื้นที่ผลกระทบจากโครงการประตูระบายน้ำ จังหวัดพิจิตร ค่าค่อนข้างต่ำ คือ 0.04-0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับรายงานของ Ibekwe, Murinda, & Graves (2011) ซึ่งรายงานว่าเหล็กที่ละลายในน้ำผิวดินมีอยู่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับน้ำใต้ดิน โดยเหล็กที่พบในน้ำผิวดินอาจเป็นเหล็กอินทรีย์ซึ่งเป็นสารประกอบของเหล็กที่อยู่รวมกับสารอินทรีย์ ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชในน้ำ เหล็กชนิดนี้ให้สีเข้มแต่สามารถกำจัดออกจากน้ำได้ง่าย น้ำดื่มที่มีเหล็กมากเกินไปจะไม่เหมาะสำหรับการนำมาบริโภคเพราะมีกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์

7) เมื่อพิจารณาปริมาณไนเตรทไนโตรเจนพบว่ามีค่าผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ซึ่งปริมาณไนเตรทของน้ำประปาของหมู่บ้านมีค่าค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับรายงานของ Ibekwe et al. (2011) ที่กล่าวว่าโดยปกติระดับของไนเตรทไนโตรเจนที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าค่อนข้างต่ำ (น้อยกว่า 1 ส่วนในล้านส่วนของไนโตรเจนในรูปของไนเตรท)

8) การตรวจสอบปริมาณแมงกานีส พบว่าแหล่งน้ำดิบจากจุดเก็บตัวอย่างมากกว่าครึ่งมีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ซึ่งแหล่งที่พบแมงกานีสคือ ในดิน หิน (Ibekwe et al., 2011) และบริเวณพื้นท้องน้ำของฝายชะลอน้ำ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปตะกอน โดยปริมาณแมงกานีสที่พบในน้ำมีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตน้ำประปา กล่าวคือถ้าในน้ำที่มีแมงกานีสอยู่ในปริมาณสูงจะส่งผลต่อคุณลักษณะของน้ำคือ ทำให้เกิด สี กลิ่น และรสโลหะในน้ำ ทำให้เกิดสีเหลืองปนน้ำตาลหรือเทา และรอยด่าง

บนเสื้อผ้าและเครื่องสุขภัณฑ์ และยังส่งผลให้ท่อน้ำอุดตันได้อีกด้วย ในกรณีที่น้ำดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำประปามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องนำน้ำดิบไปสกัดแมงกานีสออกก่อนที่จะนำมาใช้ประโยชน์ (Alegre et al., 2016) อย่างไรก็ตามภายหลังการปรับปรุงคุณภาพไม่พบปริมาณแมงกานีสที่เกินเกณฑ์มาตรฐานในแหล่งน้ำประปาทุกแห่ง

9) การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านชีวภาพ พบว่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียจากจุดเก็บตัวอย่างเกินเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 หลายแห่งอาจเนื่องมาจากน้ำฝนและน้ำหลากตามฤดูกาลในพื้นที่ ได้ชะเอาจุลินทรีย์ในดิน อากาศ และจุลินทรีย์ที่ติดตามพืชลงสู่แหล่งน้ำ สอดคล้องกับการรายงานของ Berry, Xi, & Raskin. (2006) ที่กล่าวว่าการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ ปนเปื้อนมาจากอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นและปนเปื้อนมาจากแหล่งอื่น เช่น น้ำ อากาศ และติดตามพืช เช่น Enterobacter aerogenes โดยทั่วไปจะไม่ทำให้เกิดโรคแก่คนและสัตว์ แต่ถ้าพบการปนเปื้อนในปริมาณที่สูง แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นไม่สะอาด ไม่เหมาะสมที่จะนำไปบริโภค นอกจากนี้การปนเปื้อนอาจมาจากกระบวนการส่งจ่ายน้ำ เนื่องจากมีการวางท่อน้ำประปาเป็นระยะเวลาหลายปี ทำให้ท่อมีสภาพเก่า เกิดตะไคร่น้ำในเส้นท่อสภาพก๊อกน้ำไม่สะอาด พบเมือกบริเวณก๊อกน้ำ และสายยางที่รองรับน้ำมีการเกิดตะไคร่น้ำ ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดอาศัยอยู่กับตะไคร่น้ำ พืช และสิ่งมีชีวิตอื่นจึงทำให้เป็นแหล่งอาศัยของจุลินทรีย์ต่าง ๆ รวมถึงท่อน้ำประปาบางบริเวณมีรอยแตกรั่วทำให้สิ่งสกปรกที่อยู่ภายนอกท่อสามารถเข้ามาปะปนกับน้ำประปาได้ ซึ่งดินเป็นแหล่งสะสมของจุลินทรีย์จำนวนมาก โดยที่ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์แตกต่างกันตามชนิดของดิน อินทรียวัตถุ และสภาพแวดล้อมในดิน เช่น ความชื้น pH และอุณหภูมิ (Soticha, Jareeya, Sudjit, & Prapat, 2014; Richardson, Nichols, Lane, Lake, & Hunter, 2009; Yokota, Tanabe, Sezaki, Akiyoshi, Miyata, Awahara et al., 2011)

10) การปนเปื้อนปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พบว่า จากจุดเก็บตัวอย่างมีค่าเกินเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 เกือบทุกแห่ง อาจเนื่องจาก การชะปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียลงสู่ตาน้ำ รวมถึงพื้นที่ดังกล่าวมีการทำเกษตรกรรม ซึ่งบริเวณที่ชาวบ้านเข้าไปใช้ประโยชน์ในการทำการเกษตรไม่ได้มีห้องน้ำที่ถูกสุขลักษณะจึงง่ายต่อการปนเปื้อน ฟีคัลโคลิฟอร์มเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่นพบอยู่ในอุจจาระ หากพบแบคทีเรียนี้ในน้ำจะเป็นการบ่งชี้ให้ทราบว่าน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนจากแหล่งก่อโรค (Sa-nguanduan, 2020)

ข้อเสนอแนะ

1) ควรดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านทุกแห่งในพื้นที่ ผลกระทบจากโครงการประตูระบายน้ำในจังหวัดพิจิตรอย่างต่อเนื่อง และควรทำโครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาในพื้นที่ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553

2) ควรมีการขยายพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบเพิ่มเติมในการดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านในพื้นที่เขตติดต่ออื่น เพื่อขยายความครอบคลุมปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาในพื้นที่ ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553

3) จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำดิบ น้ำประปา ณ จุดจ่ายน้ำของระบบประปาและน้ำประปา ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน ปัญหาที่สำคัญของคุณภาพน้ำคือด้านชีววิทยา ซึ่งแสดงให้เห็นโดยค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม ทั้งในแหล่งน้ำดิบมาจนถึงจุดใช้งานในครัวเรือน คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่ากระบวนการผลิตน้ำประปาชุมชนควรมีการปรับปรุง โดยเพิ่มหน่วยการผลิตน้ำที่ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรคอาทิ ถังสัมผัสคลอรีน เพื่อสามารถแก้ปัญหาคุณภาพน้ำตามผลการศึกษาวิจัย สามารถผลิตน้ำประปาได้ตามมาตรฐานน้ำประปาเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเนื่องจากน้ำเป็นสาเหตุของประชากรในชุมชน

4) เมื่อนำผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพบางประการไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้

ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 พบว่า ค่าความขุ่น ปริมาณแมงกานีส ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเกินเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ดังนั้นก่อนที่จะนำน้ำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภคควรที่จะทำการตกตะกอนโดยอาจจะเปิดน้ำใส่ถังและตั้งทิ้งไว้ หรือใช้สารส้มในการช่วยตกตะกอน หรืออาจจะทำการกรองอย่างง่ายผ่านชั้นของหิน ทราย และถ่านเพื่อช่วยให้น้ำใสขึ้น นอกจากนี้ควรทำลายเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยการต้มน้ำให้เดือด เพราะเชื้อดังกล่าวถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 65 องศาเซลเซียส

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์อนามัยที่ 3 นครสวรรค์ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคติดต่อเขต 3 นครสวรรค์ สำนักงานการประปาส่วนภูมิภาคสาขาพิจิตร สำนักงานการประปาส่วนภูมิภาคเขตนครสวรรค์ คณะกรรมการประสานงานสาธารณสุขระดับอำเภอโพธิ์ประทับช้าง สามง่าม และวชิรบารมี ตลอดจนบุคลากรสาธารณสุขประจำโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพระดับตำบล และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลงได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Alegre, H., Baptista, J. M., Cabrera, E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W. et al. (2016). *Performance indicators for water supply services.* (3rd ed.). IWA publishing.

American Public Health Association. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater.* (21st ed.). Washington D.C.: American Public Health Association.

APHA, AWWA, & WEF. (2005). *Standard methods for the examination of the water and wastewater.* Washington D.C.: American Public Health Association.

Berry, D., Xi, C., & Raskin, L. (2006). Microbial ecology of drinking water distribution systems. *Current opinion in biotechnology, 17*(3), 297-302.

Bhuiyan, H. A., Tshering, K., & Misbahuddin, M. (2015). Estimation of arsenic in nail using silver diethyldithiocarbamate method. *Bangladesh Journal of Pharmacology, 10*(3), 513-517.

Brahmakappa, A. (2018). The political communication of resolving conflict on public policy: A case study of Mae Wong Dam Project. *Journal of Arts Management, 2*(2), 79-88. (in Thai)

Department of Health. (2014). *Health impact assessment guideline for Water Resource Development Project.* Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand. (in Thai)

Greenberg, A. E., Clescerri, L. S., & Eaton, A. D. (2005). *Standard Methods for the examination of water and wastewater.* (20th ed.). Washington D.C.: American Public Health Association.

Ibekwe, A. M., Murinda, S. E., & Graves, A. K. (2011). Microbiological evaluation of water quality from urban watersheds for domestic water supply improvement. *International journal of environmental research and public health, 8*(12), 4460-4476.

Moonsin, P. (2006). *Physical chemical and microbiology properties water quality 10 villages tap water Amphur Maung Ubonratchathani.* Ubonratchathani: Ubonratchathani Ratjabhat University. (in Thai)

Nielsen, S. S., Petersen, L. R., Kjeldsen, P., & Jakobsen, R. (2011). Amendment of arsenic and chromium polluted soil from wood preservation by iron residues from water treatment. Chemosphere, 84(4), 383-389.

Prasertsin, T., Waiyaka, P., Kornochalert, S., & Pukumpuang, W. (2017). Water quality analysis of mountain water supply at Nanglae noi village, Nandlae subdistrict, Muang district, Chiangrai province. *Kasalongkham Researech Journal, 11*(3), 101-113. (in Thai)

Richardson, H. Y., Nichols, G., Lane, C., Lake, L. R., & Hunter, P. R. (2009). Microbiological surveillance of private water supplies in England-The impact of environmental and climate factor on water quality, *Water Research, 43*, 215-21683

Royal Irrigation Department, Bureau of Engineering and Geoscience Survey. (2018). *Report of drilling work to explore the floodgates foundations, Ban Wang Chik Floodgate Project, Wang Chik Subdistrict, Pho Prathap Chang District Phichit Province.* Bangkok: Bureau of Engineering and Geoscience Survey. (in Thai)

Sathidpong, N. (2018). Decreasing of water turbidity by chemical substance use and nymphaea lotus L. cultivation: A case study of closed water system in Dhurakijpundit University. *Sutthiparithat Journal, 32*(104), 68-82. (in Thai)

Sa-nguanduan, N. (2020). Assessment of village waterworks systems from groundwater resources: Case studies of Thungluknok Subdistrict Administrative Organization, Nakhon Pathom. *Thai Science and Technology Journal,* 717-732. (in Thai)

Searles, N. S., Kuehn, C. M. & Mueller, B. A. (2010). Water quality monitoring records for estimating tap water arsenic and nitrate: a validation study. *Environmental Health, 9*(4), 1-10.

Soticha, K., Jareeya, Y., Sudjit, K., & Prapat, P. (2014). Assessing water quality of rural water supply in Thailand. *Journal of Clean Energy Technologies, 2*(3), 226-228.

Sriket, J. (2016). Contamination of total coliform bacteria in water source for water supply village water supply system Dongbang Subdistrict, Prachantakham District, Prachin Buri Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 10*(2), 189-198. (in Thai)

Thai Government Gazette. (1992). *Enhancement and conservation of national environmental quality Act, B.E. 2535.* Given on the 29th Day of March B.E. 2535 (1992), Being the 47th Year of the Present Reign, 1-34 (in Thai)

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: lake and river ecosystems.* (3rd ed.). San Diego: Academic Press.

World Health Organization. (1993). *Guidelines for drinking water quality: Recommendation volume 1.* (2nd ed.). Geneva: World Health Organization.

Yimrattanabavorn, J., Rungrueang, O., Karuchit, S., & Wirikitkhul, P. (2018). Assessing urban water supply system in northeastern Thailand: water quality and authority organization. *International journal of geomate, 15*(48), 187-194.

Yokota, H., Tanabe, K., Sezaki, M., Akiyoshi, Y., Miyata, T., Awahara, K. et al. (2011). Arsenic contamination of ground and pond water and water purification system using pond water in Bangladesh. *Engineering Geology, 60*, 323-331.