

การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาหมู่บ้านในจังหวัดสกลนคร

Efficacy Assessment of a Rural Water Supply in Sakon NaKhon Province

จิรวัดน์ ศุภโกศล^{1*}, พานทอง ศุภโกศล¹Jirawat Supakosol^{1*}, Pantong Supakosol¹

Received: 2 February 2019 ; Revised : 17 April 2019 ; Accepted: 23 April 2019

บทคัดย่อ

ระบบประปาหมู่บ้านหลายแห่งขาดการดูแลอย่างเป็นระบบทำให้พบปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำประปาไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูแลระบบผลิตน้ำประปา และเพื่อประเมินประสิทธิภาพการบริหารระบบประปาในจังหวัดสกลนคร การศึกษาโดยใช้แบบสอบถามองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานระบบประปา และผู้บริหารหรือผู้รับผิดชอบระบบประปาในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รวมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำประปาแบบสุ่มที่ปลายท่อของชุมชน ผลการศึกษาพบว่าร้อยละ 95 ของหมู่บ้านมีระบบประปาใช้ ในระบบประปาดังกล่าวเป็นระบบประปาบาดาลร้อยละ 60 ซึ่งส่วนใหญ่ไม่มีระบบกรอง ในการดูแลรักษาระบบประปาที่ดำเนินงานโดยกรมการหมู่บ้านพบว่าไม่ได้ดำเนินงานตามมาตรฐานการดูแลรักษาระบบของกรมทรัพยากรน้ำ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาพบว่าพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัย พ.ศ. 2553 ร้อยละ 50-80 อย่างไรก็ตามมีการตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากถึงร้อยละ 50 สอดคล้องกับค่าคลอรีนอิสระที่พบมีค่าต่ำกว่าค่าควบคุมถึงร้อยละ 90 โดยปัญหาดังกล่าวไม่พบในระบบประปาที่ดำเนินงานโดยประปาเทศบาลที่ยกฐานะจากสุขาภิบาลและการประปาส่วนภูมิภาค จากผลการศึกษาครั้งนี้มีความจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการดำเนินงานและการดูแลรักษาระบบประปาหมู่บ้านอย่างเร่งด่วน

คำสำคัญ: การบริหารจัดการระบบประปา คุณภาพน้ำประปา ระบบประปาหมู่บ้าน

Abstract

Water supplies in rural areas suffer from deficient maintenance thereby causing a problem in the water quality standard. The purposes of this research are to study the maintenance procedures of the water supply production and to evaluate the efficiency of the water system management in Sakon Nakhon Province (SNP). A research questionnaire was answered by the local administrators in SNP (e.g. staffs and manager). Tap water was randomly sampled in nearby villages. The outcomes showed that 95 % of villages in SNP have a water supply system of which 60% use groundwater without filtration. Maintenance of the water supply performed by village councils was not performed according to the system maintenance standards of the Department of Water Resources. Therefore, the coliform bacteria of the tap water samples were measured at 50% consistent with free chlorine of 90% lower limit. However, such problems were not found where the water supply was being maintained by the municipality appointed from the sanitary district and Provincial Waterworks Authority. On the other hand, the analyzed parameters of water quality met the quality standard of tap water of Department of Health (2010) 50-80%. Based on the results of this study, the operation and maintenance procedures have to be improved and developed urgently.

Keyword: water supply system management, water quality, rural water supply

¹ อาจารย์,คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47160

¹ Lecture, Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus, Sakon Nakhon, Thailand, 47160

* Corresponding author: jirawat.su@rmuti.ac.th

บทนำ

โครงการจัดหาน้ำสะอาดด้วยระบบประปาหมู่บ้านเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 2 (2510-2514) และในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5 และ 6 (2525-2534) คณะรัฐมนตรีได้มีมติให้เป็นช่วงของทศวรรษการจัดหาน้ำสะอาดให้ประชาชนในประเทศไทยร้อยละ 95 มีน้ำกินน้ำสะอาดใช้ มีการเร่งรัดจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบทโดยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบได้แก่ สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท กรมทรัพยากรธรณี กรมอนามัยกรมโยธาธิการและการประปาส่วนภูมิภาค ภายหลังปฏิรูประบบราชการ พ.ศ. 2542 มีการโอนภารกิจให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งภารกิจการจัดให้มีน้ำสะอาดอุปโภคบริโภคให้กับประชาชนเป็นหนึ่งในภารกิจที่ถูกถ่ายโอน ดังนั้นทรัพยากรสินสาธารณะน้ำสะอาดแหล่งน้ำ ระบบประปาชนบทเดิม (จากหน่วยงานที่รับผิดชอบเดิม) และที่จะก่อสร้างใหม่ล้วนถูกถ่ายโอนให้อยู่ในความรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ด้วยการที่ถ่ายโอนมีภาระงานมากแต่จำนวนบุคลากรองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีน้อย ดังนั้นการดูแลระบบประปาหมู่บ้านส่วนใหญ่จึงให้ชุมชนดูแลกันเอง มีงานการศึกษาวิจัยในอดีตหลายงานที่ศึกษาปัญหา ประเมินผลการดำเนินงานระบบประปาหมู่บ้านตั้งแต่ระดับภาคจนถึงระดับหมู่บ้าน พบปัญหาหลักคือการบริหารจัดการซึ่งส่งผลต่อคุณภาพน้ำที่ส่งให้กับชุมชนและความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำ

การบริหารจัดการระบบประปาหมู่บ้านส่วนใหญ่บริหารระบบการผลิตประปาโดยคณะกรรมการชุมชนผู้ดูแลระบบประปาส่วนใหญ่ไม่ผ่านการฝึกอบรมความรู้ด้านการผลิตระบบประปา^{2,3} การปฏิบัติงานของผู้ดูแลระบบประปาอยู่ในระดับต่ำ⁴ ขาดความรู้ความเข้าใจในการดูแลรักษาระบบ⁵ ไม่ปฏิบัติตามรอบการบำรุงรักษา^{6,7} ใช้ปริมาณสารส้มคงที่ตลอดเวลา⁸ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบต่ำ คุณภาพน้ำที่ส่งให้ประชาชนส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มโดยเฉพาะด้านจุลชีววิทยา มีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิเคิลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย⁶ สอดคล้องกับการตรวจไม่พบปริมาณคลอรีนหลงเหลือ⁴ บางงานวิจัยพบว่าประสิทธิภาพการจัดการระบบประปาส่วนภูมิภาคมีประสิทธิภาพด้านคุณภาพที่ดีกว่าประปาหมู่บ้าน⁹

จังหวัดสกลนครมีจำนวนหมู่บ้าน 1,515 หมู่บ้าน มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 140 แห่ง มีประชากรประมาณ 1,146,000 คน¹⁰ มีการใช้น้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาค การประปาเทศบาล และประปาหมู่บ้าน มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบประปาในสกลนครมีจำนวนน้อยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาการบริหารระบบประปาในระดับตำบล^{7,11} จึงมีความจำเป็นต้อง

ศึกษาประสิทธิภาพการดูแลรักษาระบบประปาเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงการบริหารจัดการระบบประปาหมู่บ้านให้เกิดประโยชน์ต่อประชาชนผู้ใช้น้ำต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ การดำเนินงานวิจัยแบ่งขั้นตอนเป็น 3 ส่วน คือ 1) จัดทำแบบสอบถามองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้งหมดในจังหวัดสกลนคร โดยสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลระบบประปาหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบ ในชุดแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 สอบถามข้อมูลทั่วไป ได้แก่การมีหรือไม่มีระบบประปาของหมู่บ้านหรือใช้น้ำประปาจากแหล่งใด แหล่งน้ำในการผลิตประปา หน่วยงานที่รับผิดชอบ คุณสมบัติผู้ดูแลรักษาระบบ หน่วยงานและปีที่ก่อสร้าง ส่วนที่ 2 สอบถามข้อมูลระบบ ได้แก่ ระบบที่ใช้ก่อสร้างมาเพื่อรองรับแหล่งน้ำผิวดินหรือใต้ดิน ประเภท ขนาดของระบบกรอง ประเภท ความจุของถังน้ำใสและถังสูง ส่วนที่ 3 สอบถามข้อมูลการดูแลรักษาระบบทั้งประปาผิวดินและระบบประปาบาดาลโดยอ้างอิงมาตรฐานการดูแลและบำรุงรักษาระบบประปาของกรมทรัพยากรน้ำ^{12,13} มาเป็นแบบสอบถาม ได้แก่ ความถี่ในการดูแลระบบทั่วไป เครื่องจักรกล ระบบไฟฟ้า การเตรียมสารเคมี การสังเคราะห์ระบบรวมตะกอน การระบายตะกอน การล้างทรายกรอง การทำความสะอาดถังน้ำใสและถังสูง และการตรวจสอบท่อจ่ายน้ำเป็นต้น 2) การสัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบประปาในพื้นที่โดยสอบถาม รายละเอียดของระบบประปา แหล่งน้ำดิบ การดำเนินงานระบบ บุคลากรที่รับผิดชอบ ความครอบคลุมของท่อจ่ายเป็นต้น และ 3) เก็บตัวอย่างน้ำประปาที่ปลายท่อโดยเลือกสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 100 หมู่บ้านทุกอำเภอในจังหวัดสกลนคร จากชุมชนที่ใช้น้ำจากการประปาภูมิภาค การประปาเทศบาล และประปาหมู่บ้าน วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำได้แก่ พีเอช ของแข็งละลายน้ำ ความขุ่น ความกระด้าง ปริมาณเหล็กในน้ำ คลอรีนอิสระ คลิฟอร์มแบคทีเรียและอีโคไลแบคทีเรีย (coliform และ Escherichia coli) การตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำดังแสดงใน Table 1

ผลการศึกษา

ระบบประปา

จากแบบสอบถามพบว่าจังหวัดสกลนครมีหมู่บ้านที่ใช้น้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาคจำนวน 179 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 12 ของจำนวนหมู่บ้านและร้อยละ 15 ของประชากรในจังหวัดสกลนคร ซึ่งส่วนมากอยู่ในเขตเทศบาลนคร เทศบาลเมือง และองค์การบริหารส่วนตำบลต่างๆ หมู่บ้านที่ใช้น้ำประปาจากเทศบาลตำบลที่ยกฐานะจากสุขาภิบาล

ได้แก่ เทศบาลตำบลดงมะไฟ เทศบาลตำบลคำตาก้า และ เทศบาลตำบลท่าแร่คิดเป็นร้อยละ 1 ของจำนวนหมู่บ้านและ ร้อยละ 2 ของประชากรในจังหวัดสกลนคร ส่วนที่เหลือทั้งหมด ใช้บริการประปาที่รับผิดชอบโดยเทศบาลและองค์การบริหาร ส่วนตำบล ซึ่งบางแห่งองค์การบริหารส่วนตำบลหรือเทศบาลดูแล บางแห่งให้คณะกรรมการหมู่บ้านดำเนินการเอง แสดงใน Figure 1

Table 1 Method of water quality analysis

Parameter	Method
pH	pH meter
Turbidity	Nephelometric Turbidity meter
Total dissolve solid	TDS meter
Iron	EPA Phenantroline method 315 B
Total hardness	EDTA Titrimetric Method
Free chlorine	USEPA method 330.5, DPD method
Coliforms and E.coli bacteria	Compact Dry EC ⁽¹⁾

⁽¹⁾ A ready-to-use chromogenic medium for performing E.coli and coliform counts, validated by AOAC (AOAC no. 110402).

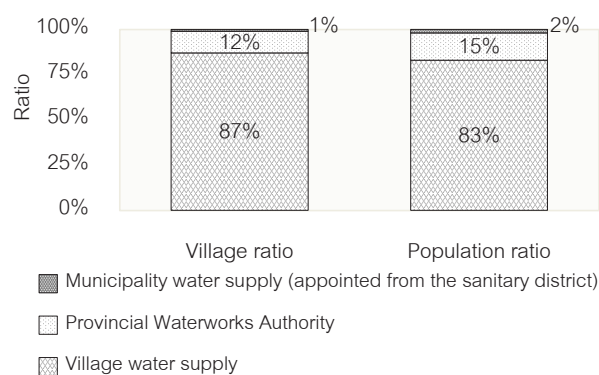


Figure 1 Service of water supplies in Sakon Nakhon Province

Surveyed: March - June 2017

ผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามไปทุกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดสกลนครมีการตอบแบบสอบถามกลับจำนวน 85 แห่งคิดเป็นร้อยละ 61 ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นซึ่งเป็นข้อมูล 790 หมู่บ้านคิดเป็นร้อยละ 50 ของหมู่บ้านในจังหวัดสกลนคร ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามพบว่าหมู่บ้านที่มีระบบประปาคิดเป็นร้อยละ 81 บางหมู่บ้านส่งจ่ายน้ำประปาให้หมู่บ้านอื่นด้วยและมีหมู่บ้านที่รับน้ำประปาจากหมู่บ้านอื่นร้อยละ 14 หมู่บ้านที่ไม่มีระบบประปาของหมู่บ้าน

และไม่ได้รับจากหมู่บ้านอื่นคิดเป็นร้อยละ 1 และไม่ระบุข้อมูลในแบบสอบถามอีกร้อยละ 4 เมื่อพิจารณาการดูแลรักษาระบบเฉพาะประปาหมู่บ้านร้อยละ 66 พบว่าดูแลโดยคณะกรรมการหมู่บ้าน แต่เมื่อสอบถามผู้ดูแลระบบเคยเข้ารับการฝึกอบรมการดำเนินงานและบำรุงรักษาระบบประปาหรือไม่พบว่าร้อยละ 66 ยังไม่เคยรับการอบรมการดำเนินงานและบำรุงรักษาระบบเลยดัง Figure 2

รูปแบบระบบประปาหมู่บ้าน

จากแบบสอบถามพบว่าระบบประปาหมู่บ้าน ร้อยละ 60 เป็นระบบประปาน้ำบาดาล มีระบบประปาผิวดินประมาณร้อยละ 30 ที่เหลือมีใช้ทั้งสองระบบและไม่ระบุ ซึ่งในระบบประปาน้ำบาดาล มีระบบกรองร้อยละ 53 ส่วนระบบประปาผิวดินมีระบบกรองร้อยละ 81 ที่เหลือเป็นการจ่ายน้ำเข้าชุมชนโดยตรงดังแสดงใน Figure 3

ระบบกรองมีการกรองอยู่ 3 รูปแบบ ได้แก่ ถังเหล็ก ถังคอนกรีต และถังแบบ 4 in 1 ตัวอย่างถังกรองแสดงใน Figure 4 ระบบกรองที่เป็นถังเหล็กส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบของ กรมทรัพยากรธรณีและกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ถังกรองแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีทั้งการออกแบบสำหรับระบบประปา ผิวดินและระบบประปาบาดาล ส่วนใหญ่ก่อสร้างตามแบบมาตรฐานการก่อสร้างของกรมอนามัยและกรมทรัพยากรน้ำ ปัจจุบันก่อสร้างโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเอง และถังแบบ 4 in 1 ซึ่งใช้แบบมาตรฐานของกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น สำหรับระบบประปาผิวดินส่วนใหญ่จะเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็กร้อยละ 87 แต่ในระบบประปาบาดาลจะใช้ถังเหล็กและคอนกรีตเสริมเหล็กเท่าๆ กันดัง Figure 5 ซึ่งระบบกรองทั้งหมดสามารถใช้งานได้ร้อยละ 60 เห็นได้ว่าการที่ระบบประปามีระบบกรองไม่สมบูรณ์แล้ว ส่วนที่มีระบบกรองยังมีหลายแห่งที่ไม่สามารถใช้งานได้

ระบบประปาผิวดินที่มีระบบกรองมีถังน้ำใสประมาณร้อยละ 80 และประปาบาดาลมีถังน้ำใสประมาณร้อยละ 20 โดยมีความจุตั้งแต่ 10-200 ลบ.ม. โดยขนาดความจุ 100 ลบ.ม.มีจำนวนมากที่สุดถึงร้อยละ 90 สามารถใช้งานได้ ส่วนถังสูงมี 4 รูปแบบ ได้แก่ ถังเหล็ก ถังคอนกรีต ถัง 4 in 1 และโครงสร้างเหล็กตัวอย่างแสดงใน Figure 6 พบว่าในระบบประปาผิวดินมี ถังสูงที่เป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็กร้อยละ 63 รองลงมาเป็นถังสูงแบบโครงสร้างเหล็กร้อยละ 15 ถังสูงมีความจุตั้งแต่ 10-45 ลบ.ม. จำนวนความจุ 30 ลบ.ม.มีมากที่สุด และระบบประปาบาดาลมีถังสูงที่เป็นแบบโครงสร้างเหล็กมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 51 รองลงมาเป็นถังเหล็กประมาณร้อยละ 29 ความจุตั้งแต่ 10-50 ลบ.ม. ความจุ 10 ลบ.ม.มีจำนวนมากที่สุดดังแสดงใน Figure 7

การดูแลรักษา

การดำเนินงานด้านการดูแลรักษาระบบประปาอ้างอิงมาตรฐานการดูแลและบำรุงรักษาระบบประปาทั้งระบบประปา

ผิวดินและระบบน้ำประปาบาดาล^{12 13} ในด้านการดูแลประจำวัน ประจำสัปดาห์ ประจำเดือนและประจำปี การตรวจสอบการดำเนินงานระบบประปาแสดงดัง Figure 8 มีรายละเอียดดังนี้

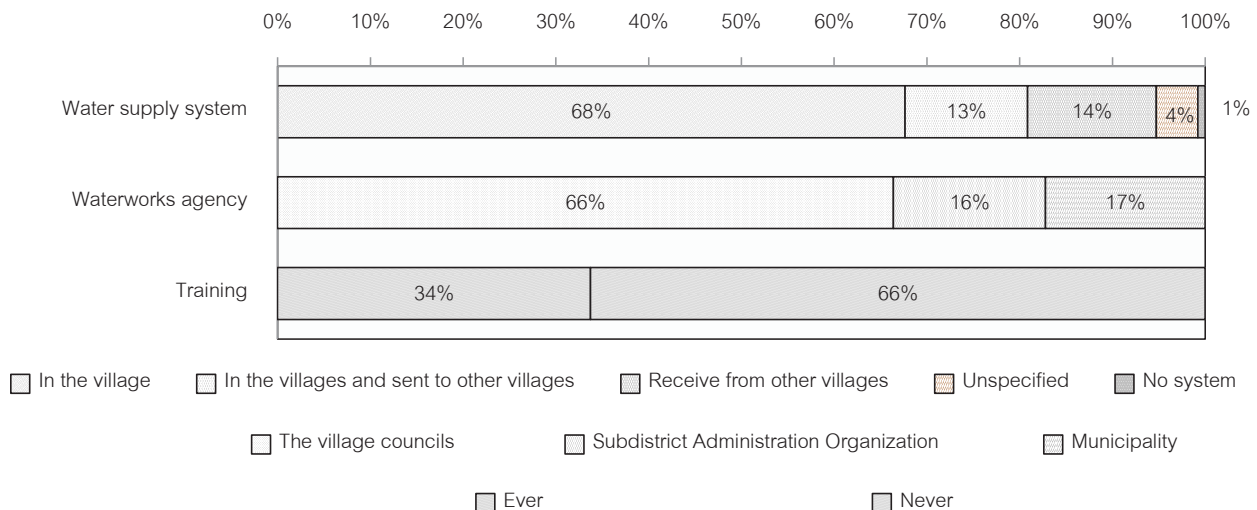


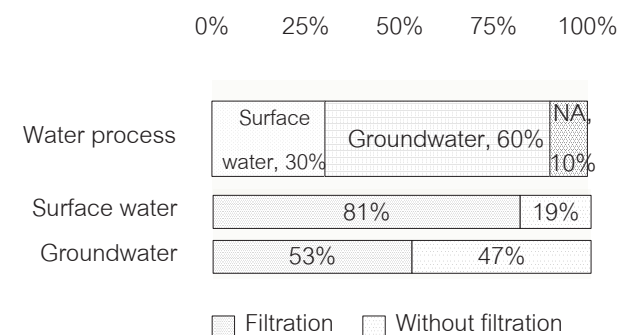
Figure 2 Water supply system, waterworks agency, and training in Sakon Nakhon Province

Surveyed: March - June 2017

การดำเนินงานประจำวัน ได้แก่ การตรวจสอบและดูแลเครื่องจักรทั่วไป เช่นการตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามีการดำเนินงานได้ตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 33 การตรวจสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำเช่นการตรวจสอบ การสันสะเทือนและเสียงของเครื่องสูบน้ำมีการดำเนินงานได้ตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50 ของระบบประปาผิวดิน ส่วนระบบประปาบาดาลมีการตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าร้อยละ 15 ด้านระบบผลิตน้ำประปา ระบบประปาผิวดินมีการเตรียมสารส้มร้อยละ 58 การเตรียมปูนขาว ร้อยละ 35 การสังเกตขนาดเม็ดตะกอนร้อยละ 39 และการเปิดวาล์วระบายตะกอนเพื่อระบายตะกอนในถังตกตะกอน ร้อยละ 15 ส่วนระบบประปาบาดาลไม่มีการตรวจสอบในด้านนี้

การดำเนินงานประจำ 2 วัน ระบบประปาผิวดินมีการล้างทรายกรองร้อยละ 13 การเตรียมคลอรีนร้อยละ 20 ระบบประปาบาดาลไม่มีการล้างทรายกรอง มีการเตรียมคลอรีนร้อยละ 58 การดำเนินงานระบบประปาประจำเดือน การดูแลสภาพทั่วไป ระบบประปาผิวดิน ตัดหญ้า ทำความสะอาดบริเวณระบบประปาร้อยละ 37 มีตรวจสอบสภาพแหล่งน้ำ ร้อยละ 42 และกำจัดขยะในแหล่งน้ำร้อยละ 39 ระบบประปาบาดาลตัดหญ้าทำความสะอาดบริเวณระบบประปาร้อยละ

ละ 29 ด้านการดูแลเครื่องจักรของระบบประปาผิวดิน มีการตรวจสอบที่อุดตันรั้วตามเพลารองรับน้ำร้อยละ 27 การดูแลท่อเมนจ่ายน้ำการตรวจสอบการรั่วซึมร้อยละ 39 ส่วนระบบประปาบาดาลมีการดูแลดังกล่าวร้อยละ 24 การดำเนินงานประจำปี ระบบประปาผิวดินมีการล้างถังน้ำใสร้อยละ 77 การระบายตะกอนจากถังสูงร้อยละ 71 และการระบายตะกอนในท่อเมนร้อยละ 45 สำหรับระบบประปาบาดาลมีการดำเนินงานดังกล่าวร้อยละ 69 54 และ38 ตามลำดับ



Note: NA, unspecified

Figure 3 Water process in Sakon Nakhon Province

Surveyed: March - June 2017

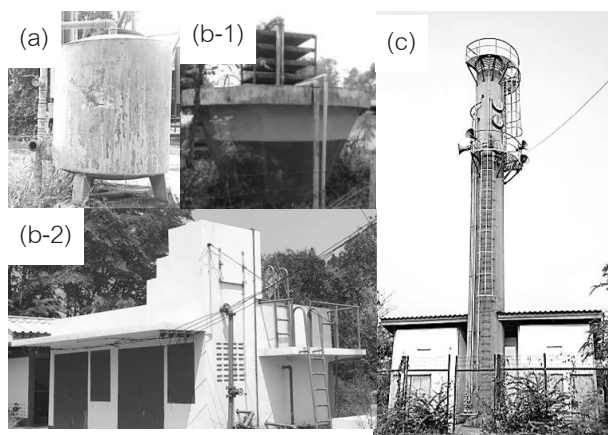


Figure 4 Examples of filtration tanks
(a) Steel tank (b-1) Concrete tank for groundwater treatment (b-2) Concrete tank for surface water treatment (c) Tower water treatment (4 in 1 system)

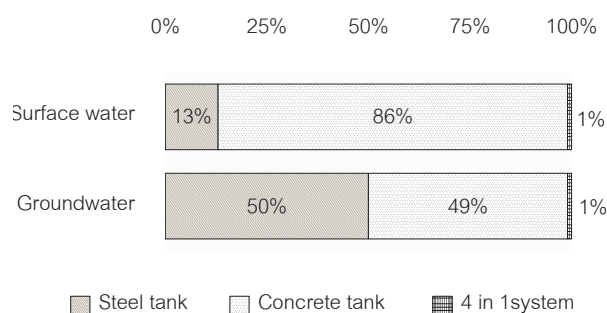


Figure 5 Filtration systems in Sakon Nakhon Province
Surveyed: March - June 2017

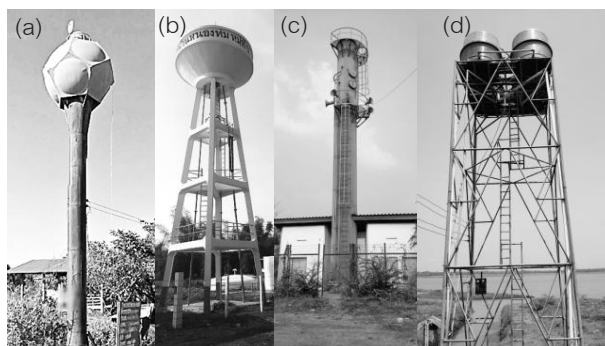


Figure 6 Examples of elevated tanks
(a) Steel tank (b) Concrete tank (c) Tower water treatment (4 in 1 system) (d) Steel structure

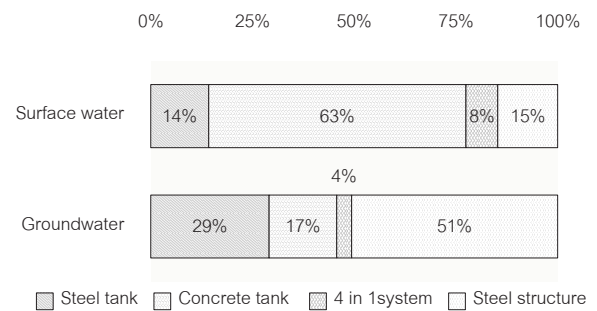


Figure 7 Elevated tank in Sakon Nakhon Province
Surveyed: March - June 2017

ผลการสัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบประปา

การสัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านจำนวน 120 หมู่บ้านทุกอำเภอในจังหวัดสกลนคร แบ่งการศึกษาเป็น 2 รูปแบบคือ ระบบประปาที่บริหารโดยคณะกรรมการหมู่บ้าน และระบบประปาที่บริหารโดยเทศบาล แบบที่ 1 พบว่ามีการดำเนินงานร้อยละ 66 ในจังหวัดสกลนคร การดำเนินงานจะมีผู้ดูแลระบบประปา 1 คน ดำเนินการผลิต จำหน่ายรวมถึงการเก็บเงินค่าน้ำประปา ซึ่งนอกจากจะมีหน้าที่ดูแลระบบประปาแล้วยังประกอบอาชีพอื่นด้วย ผลการสัมภาษณ์พบว่าหมู่บ้านที่ผลิตน้ำประปาใช้เองและจ่ายน้ำประปาให้กับหมู่บ้านอื่น เช่น บ้านโพธิ์ทอง ตำบลอินทร์แปลง อำเภอนวนวินาสมีหมู่บ้านใช้น้ำประปาร่วมกัน 7 หมู่บ้าน ส่วนบางหมู่บ้านไม่มีระบบประปาเช่น บ้านแคนน้อยหมู่ 9 ตำบลตองโขบ อำเภอโคกศรีสุพรรณจากการเก็บข้อมูลภาคสนามพบว่าระบบประปาส่วนใหญ่ ร้อยละ 60 เป็นระบบประปาบาดาลที่เหลือเป็นระบบประปา ผิวดิน หน่วยงานที่ก่อสร้าง ได้แก่ สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท กรมโยธาธิการ กรมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมอนามัย กรมทรัพยากรน้ำ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยการก่อสร้างตามแบบมาตรฐานของหน่วยงานที่กล่าวมาข้างต้นและแบบก่อสร้างที่นิยมมากที่สุดคือแบบโครงสร้างเหล็กของกรมโยธาธิการ

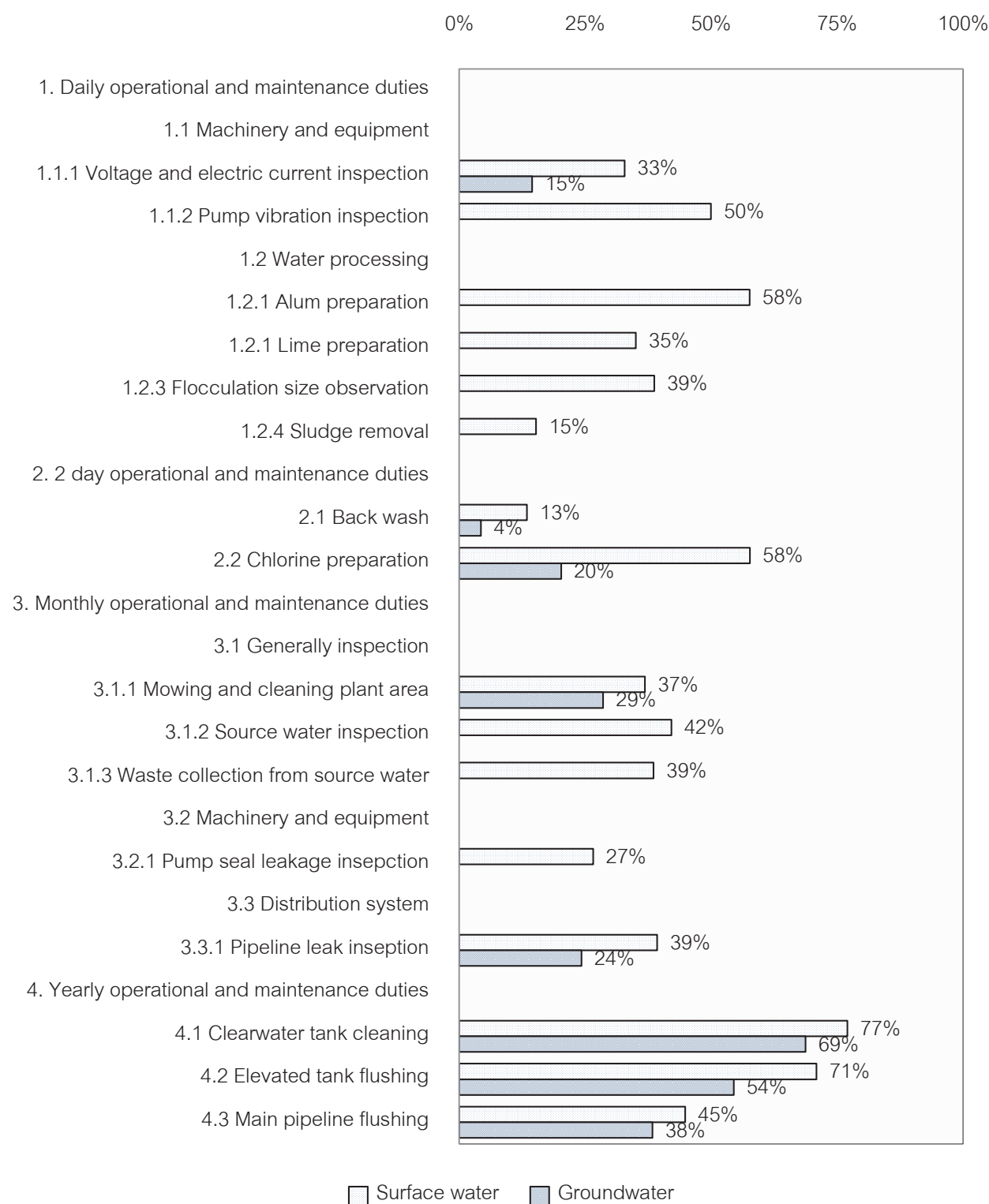


Figure 8 Operated according to maintenance standards of the Department of Water Resources x, % Operated according to maintenance standards and y, Duties description

จากการศึกษาพบว่าระบบประปายังใช้งานได้ดี ร้อยละ 48 และผู้ดูแลรักษาต้องการให้มีการก่อสร้างใหม่ เนื่องจากโครงสร้างชำรุดและชุมชนมีขนาดใหญ่ขึ้น ปริมาณน้ำดิบสำหรับผลิตส่วนใหญ่ไม่เพียงพอโดยเฉพาะระบบประปา

บาดาลการดำเนินงานส่วนใหญ่โดยเฉพาะระบบประปาบาดาล จะไม่มีระบบกรองจะสูบน้ำจากบ่อบาดาลแล้วจ่ายเข้าหมู่บ้าน ระบบประปาผิวดินการดูแลรักษาไม่ได้ตามเกณฑ์หลายแห่ง ไม่เปิดระบายตะกอน วาล์วระบายตะกอนชำรุดทำให้มีปัญหา

ต่อระบบกรอง หลายแห่งไม่ใส่คลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค บางแห่งต้องยกเลิกการผลิตเพราะไม่สามารถดำเนินงานได้ ส่วนระบบการจ่ายน้ำมีท่อเมนครอบคลุมในหมู่บ้าน แบบที่ 2 ระบบประปาที่บริหารโดยเทศบาลมี 2 แบบคือ 1) เทศบาลที่ยกฐานะจากสุขาภิบาล จะมีพื้นที่ไม่กว้างใหญ่มาก การบริหารระบบประปามีหน่วยงานรับผิดชอบชัดเจนเช่น การประปา เทศบาลตำบลเมือง อำเภอมือง กองการประปา เทศบาลตำบลท่าแร่ อำเภอมือง ระบบประปาที่พบเป็นระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มีอัตราการกรอง 50-100 ลบ.ม./ชม. 2) เทศบาลที่ยกฐานะจากองค์การบริหารส่วนตำบล เทศบาลเหล่านี้จะมีพื้นที่กว้างใหญ่มากมีหมู่บ้านกระจายและห่างกัน การบริหารจัดการเทศบาลจะดูแลบางหมู่บ้าน โดยจ้างเจ้าหน้าที่รับผิดชอบระบบ ระบบประปาที่พบเป็นระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มีอัตราการกรอง 20-50 ลบ.ม./ชม. ส่วนหมู่บ้านที่อยู่ไกลออกไปมีคณะกรรมการหมู่บ้านดูแล โดยมีเทศบาลเป็นผู้สนับสนุน เจ้าหน้าที่เทศบาลที่รับผิดชอบ การดำเนินงานของระบบประปามีหน้าที่คือดำเนินงานระบบรวมทั้งตรวจสอบและซ่อมแซม จากการสัมภาษณ์พบว่ามีการดำเนินงานตามมาตรฐานการดูแลรักษา ปัญหาที่พบคือน้ำผลิตขาดแคลนมากในช่วงฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างน้ำประปาที่ปลายท่อในช่วงเดือนเมษายน 2561 ทั้งระบบประปาผิวดินและระบบประปาบาดาลอย่างละ 50 หมู่บ้านรวมเป็น 100 หมู่บ้านของทุกอำเภอในเขตจังหวัดสกลนคร โดยข้อมูลมีทั้งชุมชนที่ใช้น้ำจากการประปาส่วนภูมิภาค การประปาเทศบาล และประปาหมู่บ้าน วิเคราะห์ข้อมูลน้ำประปา ได้แก่ ค่าพีเอช ของแข็งละลายน้ำ ความขุ่น ความกระด้าง ปริมาณ

เหล็กกละลายน้ำ คลอรีนอิสระคงเหลือ และโคลิฟอร์มแบคทีเรียสรุปดัง Table 2 มีรายละเอียดดังนี้ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ พบว่าพีเอชของน้ำประปาผิวดินมีค่าอยู่ในช่วง 4.10-7.86 และน้ำประปาบาดาลมีค่าอยู่ในช่วง 4.22-7.89 ค่าพีเอชที่มีค่าต่ำมักจะตรวจพบคลอรีนอิสระในน้ำและปริมาณเหล็กในน้ำสูงด้วย ค่าความขุ่นของน้ำประปาผิวดินอยู่ในช่วง 0.17-81.3 NTU และน้ำประปาบาดาลอยู่ในช่วง 0.07-13.45 NTU ค่าความขุ่นในน้ำบาดาลที่สูงจะตรวจพบปริมาณเหล็กในน้ำสูงด้วย คุณภาพน้ำทางเคมี พบว่าค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำประปาผิวดินมีค่าระหว่าง 10-346 มก./ล. และน้ำประปาบาดาลมีค่าระหว่าง 30-975 มก./ล. สำหรับค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำบาดาลที่มีค่าสูงจะพบว่ามีค่าความกระด้างสูงเช่นกัน โดยความกระด้างซึ่งตรวจวัดเฉพาะระบบประปาบาดาลพบว่ามีความกระด้าง 18-588 มก./ล. และปริมาณเหล็กกละลายน้ำในระบบประปาน้ำบาดาลพบว่ามีความกระด้าง 0-2.13 มก./ล. คลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำพบว่าในระบบประปาผิวดินมีค่า 0-1.23 มก./ล. และระบบประปาบาดาลมี 0-0.13 มก./ล. คลอรีนอิสระคงเหลือที่ตรวจพบเป็นหมู่บ้านที่ใช้น้ำประปาจากประปาเทศบาลที่ยกฐานะจากสุขาภิบาลและการประปาภูมิภาค ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางชีวภาพ ตรวจพบโคลิฟอร์มและอีโคไลแบคทีเรียทั้งในระบบประปาผิวดินและระบบประปาบาดาล

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์แบบสอบถามด้านการดำเนินงานผลการสัมภาษณ์ และผลของคุณภาพน้ำ นำมาสร้างเกณฑ์หาประสิทธิภาพการดำเนินงานระบบประปา ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบประเมินมาตรฐานคุณภาพระบบบริการอนามัยสิ่งแวดล้อมองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น¹⁴ บางส่วนมาใช้

Table 2 Results of the analyzed water quality

Parameter	Results		% qualified the standard		The WQS of DOH ⁽¹⁾ (2010)
	Surface water	Groundwater	Surface water	Groundwater	
pH	4.10-7.86	4.22-7.89	80	88	6.5-8.5
Turbidity(NTU)	0.17-81.3	0.07-13.45	82	96	5
Total dissolve solid (mg/l)	10-346	30-975	100	100	1,000
Iron (mg/l)	0 - 0.9	0 - 2.13	96	98	0.5
Total hardness (mg/l)		18 -588		94	500
Free chlorine ⁽²⁾ (mg/l)	0 - 1.23	0 - 0.3	12	2	
Coliforms and E. Coli bacteria (MPN/100 ml)	Detected	Detected	50	58	Absent

Note: ⁽¹⁾ Water quality standard of Department of Health,

⁽²⁾The optimum chlorine residual is in the range of 0.2 to 0.5 mg/l.^{12 13}

โดยเลือกหัวข้อหลักที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยได้แก่ การพัฒนาศักยภาพเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบประปา การดูแลรักษาระบบตามมาตรฐานการบำรุงรักษา และผลคุณภาพน้ำที่ได้จากการดูแลรักษาเป็นหลักมีรายละเอียดดังนี้

ด้านการพัฒนาศักยภาพเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบประปา ซึ่งจากแบบสอบถามพบว่าระบบประปาที่ดูแลโดยคณะกรรมการหมู่บ้านมีจำนวนมากคิดเป็นร้อยละ 66 โดยผู้ดูแลระบบประปาไม่ได้รับการฝึกอบรมการดำเนินงานและบำรุงรักษาระบบประปา คิดเป็นร้อยละ 66 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พัชรินทร์ ราช³ พบว่าร้อยละ 81 ของประปาหมู่บ้าน 27 แห่งในพื้นที่ศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างบริหารโดยคณะกรรมการชุมชนและผู้ดูแลส่วนมากไม่ได้รับการอบรมการดูแลระบบผลิตประปาเช่นกัน การดูแลรักษาระบบตามมาตรฐานการบำรุงรักษาและผลของคุณภาพน้ำ ในการศึกษาแบ่งออกเป็นระบบประปาบาดาลและระบบประปาผิวดิน ในระบบประปาบาดาลจากแบบสอบถามพบว่าในจังหวัดสกลนครมีมากถึงร้อยละ 60 ที่ไม่มีระบบกรองคิดเป็นร้อยละ 47 ซึ่งสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบประปาในพื้นที่พบว่าส่วนใหญ่เป็นระบบบาดาลเช่นกันโดยระบบจะมี บ่อบาดาลสูงขึ้นถึงสูงแบบโครงสร้างเหล็กของกรมโยธาธิการและจ่ายให้กับชุมชนเลย ดังนั้นการดูแลรักษาระบบจึงจะพบในส่วนที่เป็นถังกรองแบบถังเหล็กและแบบถังคอนกรีต การดำเนินงานส่วนใหญ่ได้แก่ การทำความสะอาดถาดกระจายน้ำ การล้างทรายกรอง การทำความสะอาดถึงน้ำใส ถึงสูงและ ระบบจ่ายน้ำ ส่วนใหญ่พบความถี่ในการดำเนินงานไม่เป็นไปตามมาตรฐานการบำรุงรักษาระบบแต่ก็ยังมีดำเนินงานอยู่เพียงแต่ความถี่น้อยกว่า เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำที่จ่ายเข้าชุมชนเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของ กรมอนามัย พ.ศ.2553 พบว่าน้ำประปาบาดาลผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าน้ำประปาผิวดินดัง Table 2 น้ำประปาบาดาลที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้แก่ ค่าฟิเอชค่ามักจะตรวจพบความขุ่นและปริมาณเหล็กละลายน้ำไม่ผ่านมาตรฐานเช่นกัน ได้แก่ บ้านจำปาดง ตำบลกุดเรือคำ อำเภอนวนนิวาส มีความขุ่น 9 NTU ปริมาณเหล็กละลายน้ำ 2.18 มก./ล. และบ้านนาขาม ตำบลนาหม่อง อำเภอกุดบาก มีความขุ่น 13.4 NTU มีปริมาณเหล็กละลายน้ำ 2.18 มก./ล. และน้ำประปาบาดาลที่ค่าของแข็งละลายน้ำสูงมักจะพบค่าความกระด้างสูงเช่นที่ ตำบลปะชี อำเภอพรรณานิคมของแข็งละลายน้ำมีค่า 330-946 มก./ล. มีค่าความกระด้าง 300-684 มก./ล. ผลคุณภาพน้ำมีความใกล้เคียงกับรายงานสถานการณ์น้ำบาดาลปี 2558¹⁵ ในแอ่งน้ำบาดาลอุดรธานี-สกลนครพบว่าค่าของแข็งละลายน้ำ 352-1,130 มก./ล. ค่าความกระด้างทั้งหมด 94-260 มก./ล.และปริมาณเหล็กละลาย

น้ำ 0.4-2.9 มก./ล. ด้านมาตรฐานคุณภาพด้านชีววิทยามีตรวจพบโคลิฟอร์มและอีโคไลแบคทีเรียซึ่งมาตรฐานต้องไม่มี สอดคล้องกับบรรณาคณาและคณะ¹⁶ ได้ศึกษาระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล 8 แห่งในลุ่มน้ำวังสามหมอก จังหวัดขอนแก่น พบว่าคุณภาพน้ำด้านชีววิทยาไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานถึงร้อยละ 60 เช่นกัน

ระบบประปาผิวดินส่วนที่เหลือ การดำเนินงานจะมีขั้นตอนที่มากกว่าการดำเนินงานของระบบประปาบาดาล จากแบบสอบถาม พบความถี่การดำเนินงานที่เป็นไปตามมาตรฐาน ได้แก่ การดูแลรักษาสภาพทั่วไปของระบบประปา คือการตัดหญ้า การดูแลรักษาแหล่งน้ำ การล้างถังน้ำใสและถังสูง การระบายตะกอนในท่อ ส่วนการดำเนินงานที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานการดูแลรักษาได้แก่ การกำจัดขยะในแหล่งน้ำ การตรวจสอบและดูแลเครื่องจักรทั่วไป การเตรียมสารเคมีเช่น สารส้ม ปูนขาว และคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค การดำเนินงานระบบได้แก่ การสังเกตขนาดเม็ดตะกอนในรางรวมตะกอน การระบายตะกอนจากถังตกตะกอน การทำความสะอาดและการล้างทรายกรอง อย่างไรก็ตามแม้ความถี่ในการดำเนินงานจะไม่เป็นไปตามมาตรฐานการดูแลรักษาแต่ผู้ดูแลรักษาระบบก็ยังมีดำเนินงานอยู่ จากข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้ดำเนินงานโดยกรรมการหมู่บ้านพบว่าระบบประปาจะทำงานอัตโนมัติเมื่อน้ำในถังน้ำใสลดลงเครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำดิบเข้าระบบ น้ำดิบจะผสมกับสารส้มซึ่งผสมไว้ในปริมาณคงเดิมหรือเปิดน้ำผ่านสารส้มให้ละลายน้ำเอง การระบายตะกอนในถังตกตะกอน และการล้างทรายกรองจะทำเมื่อทรายกรองอุดตัน โดยจ้างเหมาล้างถังตกตะกอนและถังกรองทรายเป็นต้น เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำที่จ่ายเข้าชุมชนเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัย พ.ศ.2553 ดัง Table 2 น้ำประปาที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้แก่ ค่าฟิเอชที่ต่ำมักจะพบคลอรีนอิสระคงเหลือ ส่วนค่าความขุ่นและปริมาณเหล็กที่เกินมาตรฐานร้อยละ 12 และ 6 ตามลำดับนั้นอาจจะมีสาเหตุจากช่วงที่เก็บตัวอย่างน้ำเป็นช่วงที่มีฝนตกและเกี่ยวเนื่องกับการดำเนินงานของผู้ดูแลระบบด้วย การตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระบบประปาผิวดินมีมากกว่าระบบประปาบาดาล ซึ่งการตรวจพบนี้มีความสัมพันธ์กับค่าคลอรีนอิสระคงเหลือ กล่าวคือหมู่บ้านที่ตรวจพบคลอรีนอิสระคงเหลืออยู่จะไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย หมู่บ้านที่ตรวจพบคลอรีนอิสระคงเหลือตามข้อแนะนำจะเป็นหมู่บ้านที่ใช้น้ำจากการประปาส่วนภูมิภาค และประปาเทศบาล

ผลของคุณภาพน้ำมีความสอดคล้องกับงานวิจัยหลายงานอาทิเช่น สุวรรณ⁴ ที่ศึกษาระบบประปาผิวดินในองค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัว อำเภอวังทอง จังหวัดนครสวรรค์ และ นราพล และคณะ⁷ ที่ศึกษาทั้งระบบประปาผิวดิน

ดินและใต้ดินจำนวน 16 แห่งใน ตำบลเชียงเครือ จังหวัดสกลนคร ล้วนสรุปว่ามีประปาหมู่บ้านจำนวนมากไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาระบบประปาในจังหวัดสกลนครมีหมู่บ้านใช้บริการน้ำประปาจากกรมการปกครองประปาหมู่บ้านร้อยละ 87 ที่เหลือรับบริการน้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาค และการประปาเทศบาล ระบบประปาส่วนใหญ่เป็นระบบประปาน้ำบาดาลซึ่งส่วนใหญ่ไม่มีระบบกรอง ผู้ดูแลรักษาระบบประปาส่วนใหญ่ไม่เคยเข้ารับการฝึกอบรมการดูแลรักษาระบบประปา การดูแลรักษาไม่เป็นไปตามมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำและคุณภาพน้ำไม่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัย การบริหารระบบประปากรมการปกครองประปาหมู่บ้านมีประสิทธิภาพต่ำ การดูแลโดยการประปาส่วนภูมิภาค และการประปาเทศบาล (ยกฐานะจากสุขาภิบาล) มีประสิทธิภาพดีกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนทุนวิจัยปีงบประมาณ 2560 ขอขอบคุณองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ช่วยตอบแบบสอบถาม ท่านผู้ใหญ่บ้านและผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านที่เสียสละเวลาให้ข้อมูลและดูงาน

เอกสารอ้างอิง

1. วิเชียร จุ่งรุ่งเรือง, เทวรักษ์ เครือคล้าย. ความเป็นมาและรูปแบบการบริหารระบบประปาชนบท. วารสารสมาคมทรัพยากรน้ำ. 2548:14-22.
2. มยุรี โยธาวุฒิ. การบริหารจัดการระบบประปาหมู่บ้านของประเทศไทย: กรณีศึกษาชุมชน จังหวัดนครนายก. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2560.
3. พัทรินทร์ ราโช, บุญชัย วิจิตรเสถียร, ฉัตรเพชร ยศพล. การประเมินด้านวิศวกรรมของระบบผลิตประปาชุมชน. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2555.
4. สุวรรณ เพ็ชรรัตน์. การศึกษาระบบผลิตและคุณภาพน้ำประปาผิวดิน พื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัว อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์. วารสารบัณฑิตวิทยาลัย. 2553;5(11):68.
5. ยุภาพร อำนาจ, นันทพร สุทธิประภา, วัฒนาชัย มาลัย. การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาหมู่บ้านในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2557;6(12): 77-90

6. มาสสุภา เจริญवास, อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. การดูแลระบบประปาและคุณภาพน้ำประปาของระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาล ในเขตตำบลวังทอง อำเภอनावัง จังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2556;6(1): 47-60.
7. นราพล เกษมสานต์, สมณพร สุธิปาก, นัทกาญจน์ ประเสริฐสังข์. การประเมินคุณภาพน้ำระบบประปาหมู่บ้านตำบลเชียงเครือจังหวัดสกลนคร. ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามครั้งที่ 12. 2559 หน้า 432-440.
8. ชินวัฒน์ เรือนใหม่. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตได้ของชุมชน 4 หมู่ อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา. โครงการวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2555.
9. นฤมล ประภาสสมุทร, วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์. การดูแลระบบผลิตและคุณภาพน้ำประปาของระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินในเขตจังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฉบับบัณฑิตศึกษา, 2549;6(12): 121-134.
10. สำนักงานเขตสุขภาพที่ 8 กระทรวงสาธารณสุข. รายงานประจำปี. 2560.
11. ไพรัตน์ ทัศกร, พงศ์ ภัคดีสุวรรณ, วิจิตรา สุจริต. การมีส่วนร่วมความพึงพอใจ และความต้องการเทคโนโลยีในการบริหารจัดการการผลิตน้ำประปาของเทศบาลตำบลจีวตอน อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร. วารสารบัณฑิตศึกษา. 2556;10(50): 47-58.
12. กรมทรัพยากรน้ำ. มาตรฐานการดูแลและบำรุงรักษาระบบประปาแบบผิวดิน. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2548.
13. กรมทรัพยากรน้ำ. มาตรฐานการดูแลและบำรุงรักษาระบบประปาแบบบาดาล. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2548.
14. สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย. คู่มือการพัฒนาคุณภาพระบบบริการอนามัยสิ่งแวดล้อม องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (Environmental Health Accreditation : EHA). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด; 2559.
15. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. รายงานสถานการณ์น้ำบาดาลประเทศไทย พ.ศ.2558. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2558.
16. วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์, ชัชวาล กิรติวรสกุล, กฤษณชัย เรืองจาบ. สถานการณ์คุณภาพน้ำประปาและความพึง

พอใจของผู้ใช้น้ำประปาหมู่บ้านบาดาล ในพื้นที่ลุ่มน้ำสามหมอ
จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
2552;14(10): 961-974