SUT 7-715-55-12-61

รายงานการวิจัย

การประเมินด้านวิศวกรรมของระบบผลิตประปาชุมชน

(Engineering-Oriented Evaluation of Community Water Supply System)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมาหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รายงานการวิจัย

การประเมินด้านวิศวกรรมของระบบผลิตประปาชุมชน
(Engineering-Oriented Evaluation of Community Water Supply System)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ
ดร. พัชรินทร์ ราโช

สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญชัย วิจิตรเสถียร

ดร. ฉัตรเพชร ยศพล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมาหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเงินทุนอุดหนุนงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2555 เรื่อง การประเมินด้านวิศวกรรมของระบบผลิตประปาชุมชน นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย
20 มิถุนายน 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีการเร่งก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปาหมู่บ้านจากเดิมซึ่งมีเพียงร้อยละ 10 ใน พ.ศ. 2516 เป็นร้อยละ 90 ในปัจจุบันเพื่อลดปัญหาความขาดแคลนในชนบท ซึ่งการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วทำให้เกิดปัญหาในการทำงานหลายๆ ด้าน เช่น น้ำประปาไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปา และปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของประชาชน ในการศึกษานี้ทำการประเมินสภาพปัญหาของระบบผลิตประปาทางวิศวกรรมทั้งด้านออกแบบและควบคุมการทำงานระบบ โดยทำการเก็บตัวอย่างระบบผลิตประปาหมู่บ้านจำนวน 27 แห่งในพื้นที่การศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ วิธีการศึกษาประกอบด้วยการเก็บข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม การเข้าสำรวจข้อมูลระบบผลิตประปาจริง และจากข้อมูลทุติยภูมิของระบบผลิตประปา

ระบบผลิตประปาหมู่บ้านในการศึกษาถูกออกแบบโดยหน่วยงานภาครัฐเป็นส่วนใหญ่ โดยอ้างอิงแบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำ ถึงร้อยละ 71 ของระบบผลิตประปาทั้งหมดในการศึกษา ซึ่งรูปแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐานของหน่วยงานในภาครัฐนับว่ามีความเหมาะสมกับคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ 4 จังหวัด แต่ระบบผลิตประปาแบบใต้ดินมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมกับคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ 4 จังหวัดเนื่องจากคุณภาพน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันขึ้นกับพื้นที่เก็บตัวอย่างและยังขาดกระบวนการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาก่อนสูบจ่ายให้แก่ผู้ใช้น้ำ จากการประเมินการควบคุมการทำงานระบบผลิตประปา พบระบบผลิตประปาทั้งแบบน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินไม่สามารถเดินระบบผลิตได้ตามเงื่อนไขการออกแบบ เช่น ปริมาณสารเคมี การล้างย้อนถังกรอง เป็นต้น อีกทั้งระบบผลิตประปาชุมชนประมาณร้อยละ 40 ไม่สามารถรองรับความต้องการน้ำในอนาคตที่เพิ่มขึ้นได้ในอีก 10-30 ปีข้างหน้าได้ ด้านการบริหารจัดการกิจการประปาพบร้อยละ 81 ทำการบริหารระบบผลิตประปาโดยคณะกรรมการชุมชน ซึ่งผู้ดูแลส่วนมากไม่ได้รับการอบรมการดูแลระบบผลิตประปาส่งผลให้การควบคุมระบบผลิตประปาไม่มีประสิทธิภาพ และระบบผลิตประปาร้อยละ 22 มีต้นทุนการผลิตน้ำประปามากกว่ารายรับจากการจัดเก็บค่าน้ำทำให้ต้องพึ่งพางบประมาณจากส่วนกลาง

Abstract

Water supply system is seen as a critical infrastructure of the community. Nationally, access to an improved the sanitary water supply treatment in Thailand as a low 10% in 1973 to the current level of over 90%. Over has developed rapidly, but water supplies in rural areas have lagged behind. In rural areas, water quality and quantity remains a problem. This study was evaluated design and operated problems of village water supply treatment (VWST). That was sampling 27 samples from the four provinces in North-Eastern region of Thailand. These are including, Nakhon Ratchasima, Surin, Buriram and Chaiyaphum. Data were collected through structured interviews, observations and measurement.

The initial design of village water supply treatment (VWST) are responsibility of government organization such as department of health and department of water resources etc. Most 71% of rural water supply treatment systems is a standard of the Department of Water Resources. Surface water supply treatment systems considered appropriate for the surface water quality in the four provinces, but these ground water supply treatment systems are not suitable for the quality of groundwater in the four provinces in the assessment. Most water supply system control especially ground water supply treatment systems cannot be produced by the system design. And the lack of disinfection processes in water supply before pumping the water users. The VWST has about 40% cannot support the increasing water demand in the next 10-30 years. For evaluating the management of water supply systems, the VWST has 81% of the water supply system, that managed by the community board. Most attendants are not trained for water supply treatment system operation that caused of inefficient the system. The VWST has 22% can not self-management to privatization and were supported by national expenditure.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ญ
บทที่1 บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย	3
บทที่ 2ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**5**
2.1 แหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตประปา	5
2.1.1 น้ำผิวดิน	6
2.1.2 น้ำใต้ดิน	8
2.2 การประมาณความต้องการน้ำ	10
2.2.1 อัตราการใช้น้ำ	10
2.2.2 การทำนายประชากร	12
2.3 หน่วยงานรับผิดชอบในการผลิตน้ำประปา	15
2.4 รูปแบบที่เหมาะสมในการบริหารกิจการประปาชุมชน	18
2.5 รูปแบบของระบบผลิตประปาชุมชน	24
2.5.1 ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานกรมโยธาธิการ	27
2.5.2 ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท	30
2.5.3ระบบผลิตประปาหมู่บ้านตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณี	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.4 ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประนครหลวง	36
2.5.5 ระบบผลิตประปาหมู่บ้านตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ	38
2.6 รูปแบบของระบบส่งจ่ายน้ำสะอาด	44
2.6.1 วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Flow)	44
2.6.2 วิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง (Direct Pumping)	45
2.6.3 วิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้หอถังสูงร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ	46
2.6.4 วิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้ถังยืนร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ	46
2.7 เกณฑ์การออกแบบระบบหน่วยการบำบัดในระบบผลิตประปา	47
2.8 เกณฑ์การออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำสะอาด	50
2.9 การควบคุมระบบผลิตประปา	52
2.9.1 ระบบเครื่องสูบน้ำ	52
2.9.2 การควบคุมการทำงานแบบทันที	53
2.9.3 การคาดการณ์ความต้องการน้ำใช้	53
2.10 การประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตประปา	54
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	**55**
3.1 วิธีการศึกษา	55
3.1.1 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชน	55
3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	58
3.1.3 การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต	59
3.1.4 การประเมินการเลือกรูปแบบระบบผลิตประปา	59
3.1.5 การประเมินการออกแบบระบบประปา	60
3.1.6 การประเมินพลังงานใช้ในการเดินระบบ	60
3.1.7 การประเมินค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิต	60
3.1.8 การประเมินปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาด	61
3.1.9 การประเมินรูปแบบการบริหารกิจการประปา	61
3.1.10 การถ่ายทอดความรู้และเสริมสร้างศักยภาพให้กับชุมชน	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผล	**62**
4.1 ปริมาณความต้องการน้ำ	62
4.1.1 การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต	62
4.1.2 ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต	66
4.1.3 การประเมินความสามารถในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต	67
4.2 การเลือกรูปแบบระบบผลิตประปา	69
4.2.1 ระบบผลิตประปาแบบผิวดิน	74
4.2.2 ระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน	78
4.3 การออกแบบระบบผลิตประปา	82
4.3.1 การออกแบบระบบลำเลียงน้ำดิบ	82
4.3.2 การออกแบบระบบผลิตน้ำ	85
4.3.3 การออกแบบระบบสูบจ่ายน้ำประปา	88
4.4 พลังงานที่ใช้ในการเดินระบบผลิตประปา	95
4.5 ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิตประปา	97
4.6 ปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาด	98
4.7 การบริหารกิจการประปา	99
4.7.1 รูปแบบการบริหารจัดการ	99
4.7.2 บุคลากรผู้ดูแลระบบ	101
4.8 การถ่ายทอดความรู้และเสริมสร้างศักยภาพให้กับชุมชน	102
4.8.1 การจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ	103
4.8.2 การนำเสนอบทความทางวิชาการ	103
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	**104**
5.1 สรุปผลการศึกษา	104
5.2 ข้อเสนอแนะ	106

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 107
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก รายละเอียดระบบผลิตประปา 110
ภาคผนวก ข การถ่ายทอดความรู้และเสริมสร้างศักยภาพให้กับชุมชน 138

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่2.1 แหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์	5
ตารางที่ 2.2 คุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป	7
ตารางที่ 2.3 คุณภาพของน้ำใต้ดิน	9
ตารางที่ 2.4 อัตราการใช้น้ำประปาภายในประเทศไทย	11
ตารางที่ 2.5 สมการการทำนายประชากร	13
ตารางที่ 2.6 หน่วยงานรับผิดชอบในการก่อสร้างระบบผลิตประปา	16
ตารางที่ 2.7 รูปแบบการบริหารกิจการที่เหมาะสม	19
ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การออกแบบระบบหน่วยการบำบัดในระบบผลิตประปาแบบบาดาล	48
ตารางที่ 2.9 เกณฑ์การออกแบบระบบหน่วยการบำบัดในระบบผลิตประปาแบบผิวดิน	49
ตารางที่ 2.10 เกณฑ์การออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำสะอาด	50
ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชน	57
ตารางที่ 4.1 การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต	63
ตารางที่ 4.2 รูปแบบระบบผลิตประปา	71
ตารางที่ 4.3 ลักษณะองค์ประกอบของระบบผลิตประปาที่สำรวจพบ	72
ตารางที่ 4.4 ขนาดเครื่องสูบน้ำที่สำรวจพบ	83
ตารางที่ 4.5 ขนาดท่อลำเลียงน้ำดิบที่สำรวจพบ	84
ตารางที่ 4.6 ความเร็วน้ำในเส้นท่อ	84
ตารางที่ 4.7 แรงดันสูญเสียของระบบลำเลียงน้ำดิบ	85
ตารางที่ 4.8 การออกแบบระบบผลิตประปาแบบใต้ดินที่สำรวจพบ	89
ตารางที่ 4.9 การออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินที่สำรวจพบ	90
ตารางที่ 4.10 สภาพการใช้งานระบบผลิตประปา	92
ตารางที่ 4.11 ความเร็วน้ำประปาในเส้นท่อที่สำรวจพบ	94
ตารางที่ 4.12 แรงดันน้ำต้นทาง และปลายทางของระบบประปาชุมชน	95

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.13 ค่าไฟฟ้าของระบบประปาชุมชน 96
ตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิตประปาชุมชน 98
ตารางที่ ก 1 จุดเก็บตัวอย่างระบบผลิตประปาชุมชน 111
ตารางที่ ก 2 ข้อมูลประชากร และปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต 113
ตารางที่ ก 3 ข้อมูลระบบลำเลียงน้ำดิบ และระบบส่งจ่ายน้ำประปา 116
ตารางที่ ก 4 ข้อมูลระบบผลิตประปา 119
ตารางที่ ก 5 แรงดันสูญเสีย 122
ตารางที่ ก 6 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบใต้ดินตามแบบมาตรฐาน กรมทรัพยากรธรณี 124
ตารางที่ ก 7 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบใต้ดินตามแบบมาตรฐาน กรมทรัพยากรน้ำ 125
ตารางที่ ก 8 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐาน กรมทรัพยากรน้ำ 126
ตารางที่ ก 9 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐาน กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท 129
ตารางที่ ก 10 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐาน กรมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประปานครหลวง 129
ตารางที่ ก 11 ความสามารถในการรองรับอัตราการไหลของน้ำในท่อประธาน 130
ตารางที่ ก 11 รายรับ-รายจ่ายระบบผลิตประปาชุมชน 133
ตารางที่ ก 12 ปริมาณน้ำสูญเสียของระบบผลิตประปาชุมชน 136
ตารางที่ก 13 ข้อมูลการบริหารกิจการประปา 137

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การทำนายจำนวนประชากรโดยใช้รูปกราฟ	15
รูปที่ 2.2 รูปแบบการบริหารกิจการประปาโดยคณะกรรมการบริหารกิจการประปา	22
รูปที่ 2.3 การบริหารโดย อบต.บริหารเอง	22
รูปที่ 2.4 การบริหารโดยประชาชนและ อบต. ร่วมมือกัน	23
รูปที่ 2.5 การบริหารโดย อบต. จ้างเอกชนบริหาร	24
รูปที่ 2.6 ระบบการผลิตน้ำประปาแบบใต้ดิน	25
รูปที่ 2.7 ระบบการผลิตน้ำประปาแบบผิวดิน	26
รูปที่ 2.8 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมโยธาธิการแบบไม่มีชุดกรอง	28
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมโยธาธิการแบบมีชุดกรอง	29
รูปที่ 2.10 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท	31
รูปที่ 2.11 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมทรัพยากรธรณี พร้อมถังกรองสนิมเหล็ก	34
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมทรัพยากรธรณี แบบไม่มีถังกรองสนิมเหล็ก	35
รูปที่ 2.13 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นและการประปานครหลวง	37
รูปที่ 2.14 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ	40
รูปที่ 2.15 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบใต้ดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ	43

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.16 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้หอถังสูง	45
รูปที่ 2.17 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง	45
รูปที่ 2.18 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้หอถังสูง ร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ	46
รูปที่ 2.19 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้ถังยืน ร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ	47
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษา	36
รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชน	57
รูปที่ 3.3 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม	58
รูปที่ 4.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในอนาคต	66
รูปที่ 4.2 ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต 10-30 ปี ข้างหน้า	67
รูปที่ 4.3 การประเมินอัตราการผลิตน้ำประปาในปัจจุบัน	68
รูปที่ 4.4 จำนวนระบบผลิตประปาที่อัตราการผลิตไม่เพียงพอ ต่อความต้องการน้ำในอนาคต	69
รูปที่ 4.5 ระบบผลิตประปาหมู่ 12 โนนตะคร้อ ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์	71
รูปที่ 4.6 ระบบผลิตประปาหมู่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์	71
รูปที่ 4.7 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาผิวดิน แบบกรมทรัพยากรน้ำ	74
รูปที่ 4.8 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปา แบบเร่งรัดพัฒนาชนบท	75
รูปที่ 4.9 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของหมู่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คงจ.นครราชสีมา	76
รูปที่ 4.10 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของหมู่ 12 โนนตะคร้อ ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์จ.บุรีรัมย์	77
รูปที่ 4.11 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปา แบบกรมโยธาธิการ	78

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.12 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมทรัพยากรธรณี 79
รูปที่ 4.13 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาใต้ดินแบบกรมทรัพยากรน้ำ 80
รูปที่ 4.14 ขนาดท่อประธานของระบบผลิตประปาชุมชน 93
รูปที่ 4.15 การพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนกับรายรับของระบบผลิตประปาชุมชน 98
รูปที่ 4.16 ปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาดของระบบผลิตประปาชุมชน 99
รูปที่ 4.17 รูปแบบการบริหารกิจการประปา 100
รูปที่ 4.18 โครงสร้างการบริหารจัดการระบบประปาโดยคณะกรรมการหมู่บ้าน 100
รูปที่ 4.19 โครงสร้างการบริหารจัดการระบบประปาโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 101
รูปที่ 4.20 ระดับการศึกษาบุคลากรดูแลระบบผลิตประปา 102
รูปที่ 4.21 การเข้ารับการอบรมการดูแลระบบผลิตประปา 102
รูปที่ ข 1 บรรยากาศการบรรยายให้ความรู้โดยวิทยากร 139
รูปที่ ข 2 บรรยากาศการบรรยายให้ความรู้ ณ ห้องปฏิบัติการ 140
รูปที่ ข 3 ฝึกปฏิบัติการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างง่าย 140
รูปที่ ข 4 ศึกษาดูงานระบบผลิตน้ำประปา มทส. 141

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ระบบประปาชุมชนหลายแห่งในปัจจุบันยังประสบปัญหาในการทำงานหลายด้าน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นปัญหาของการขาดศักยภาพในการบริหารจัดการ สาเหตุของปัญหาสามารถแยกแยะได้เป็น 4 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) ข้อจำกัดของข้อมูลด้านศักยภาพแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินเพื่อการผลิตประปาชุมชน 2) ข้อจำกัดของข้อมูลด้านการประเมินคุณภาพน้ำของระบบประปาชุมชน 3) ข้อจำกัดของข้อมูลด้านความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน และ 4) ข้อจำกัดของข้อมูลเชิงวิศวกรรมของระบบประปาชุมชน โดยเฉพาะการออกแบบและควบคุมการทำงาน

ด้วยเหตุผลที่กล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำชุดโครงการเพื่อศึกษาและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยจัดทำโครงการย่อย 4 โครงการ สำหรับปัญหาการบริหารจัดการระบบประปาชุมชนทั้ง 4 ประเด็นหลักข้างต้น และตั้งเป้าหมายหลักในการวิจัยเพื่อนำข้อมูลความรู้ทั้งหมดที่ได้ถ่ายทอดกลับคืนให้กับชุมชนในพื้นที่ศึกษา เพื่อให้เกิดการพัฒนาศักยภาพของชุมชนในการดูแลบริหารจัดการระบบประปาอย่างถูกต้องและเกิดความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัย โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาเป็น 4 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ สำหรับโครงการ “การประเมินระบบประปาเชิงวิศวกรรมและการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชน” นี้ เป็นโครงการย่อยที่ 4 และเป็นโครงการสุดท้ายของชุดโครงการ จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ 2 ประการหลัก กล่าวคือ การศึกษาระบบประปาชุมชนในพื้นที่ศึกษาในเชิงวิศวกรรม และถ่ายทอดความรู้ที่ได้จากโครงการนี้และอีก 3 โครงการย่อยในชุดโครงการไปสู่ชุมชน

ในส่วนการประเมินระบบประปาเชิงวิศวกรรมนั้น จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการจัดหาน้ำสะอาดในชุมชนในปัจจุบันโดยหน่วยงานต่างๆ ของรัฐได้ดำเนินการตั้งแต่แผนแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 1 โดยมีเป้าหมายกำหนดเป้าหมายให้เมื่อสิ้นสุดแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 – พ.ศ. 2544) ว่าต้องจัดหาน้ำสะอาดในรูปแบบของระบบประปาหมู่บ้านครอบคลุมหมู่บ้านได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของหมู่บ้านทั่วประเทศ (สุกิตี๋ และคณะ, 2545) โดยการดำเนินการดังกล่าวเป็นภารกิจของส่วนราชการหลายหน่วยงาน ได้แก่ กรมอนามัย

กระทรวงสาธารณสุขกรมเร่งรัดพัฒนาชนบท กรมโยธาธิการ กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย และกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม นอกจากนั้นแล้วยังมีหน่วยงานอื่นของภาครัฐที่มีภารกิจในการจัดหาน้ำสะอาดในส่วนภูมิภาค เช่น การประปาส่วนภูมิภาค การประปานครหลวง เทศบาลเมือง เทศบาลนคร เป็นต้น

เนื่องจากหน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่รับผิดชอบการจัดหาน้ำสะอาดในชุมชนส่วนภูมิภาคมีหลายหน่วยงานทำให้มาตฐานการออกแบบและการควบคุมระบบผลิตน้ำประปาชุมชนส่วนภูมิภาคแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันค่อนข้างมากและยังขาดการประเมินประสิทธิภาพของระบบอย่างต่อเนื่องในด้านต่างๆ ที่มีความสำคัญ เช่น ข้อกำหนดในการออกแบบอุปกรณ์ (Design criteria) การเลือกรูปแบบในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Process selection and treatment process train) ระบบแจกจ่ายน้ำและพื้นที่การให้บริการ (Water networks and service area) การเลือกที่ตั้ง การวางรูปแบบระบบและระบบชลศาสตร์ (Plant sitting, layouts and hydraulics) พลังงานและทรัพยากรที่ใช้ในการเดินระบบ (Energy and resources requirements) และการควบคุมระบบผลิตน้ำประปาด้วยด้วยเครื่องมือและบุคคลากร (Qasim et al., 2000; Cornnor et al., 2009) โดยเหล่านี้เป็นสาเหตุหลักของปัญหาต่างๆ ในระบบผลิตประปาส่วนภูมภาค เช่น คุณภาพน้ำประปาด้อยกว่ามาตรฐาน ปริมาณน้ำสะอาดไม่เพียงพอ การสูญเสียในการแจกจ่าย ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสูง เป็นต้น (Eker and Kara, 2003; McGivney and Kawamura, 2008; Montalvo et al., 2008; Vairavamoorthy et al, 2008; Esposto, 2009)

จากที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นเพื่อประเมินสถานการณ์การออกแบบและการควบคุมระบบผลิตน้ำประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ โดยจะสุ่มตัวอย่างระบบผลิตประปาเทศบาล ระบบผลิตประปานคร ระบบผลิตประปาการประปาส่วนภูมิภาค และระบบผลิตประปาหมู่บ้าน เพื่อสำรวจปัญหาของระบบผลิตน้ำประปาชุมชนในปัจจุบันและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านการออกแบบและการควบคุมระบบผลิตน้ำประปาให้แก่ชุมชน การลดการสูญเสียน้ำในระบบแจกจ่าย และการวางแผนในการออกแบบและการบริหารจัดการระบบผลิตน้ำประปาชุมชนในอนาคต

เมื่อคณะผู้วิจัยได้ผลการศึกษาด้านการประเมินระบบประปาเชิงวิศวกรรมแล้ว จะนำมาสรุปรวมกับผลการศึกษาของโครงการย่อยอีก 3 เรื่อง ได้แก่ ด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินเพื่อการผลิตประปาชุมชน ด้านการประเมินคุณภาพน้ำของระบบประปาชุมชน และด้านการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน เพื่อนำไปดำเนินกิจกรรมการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชน ซึ่งเป็นประเด็นหลักของแผนการวิจัย เพื่อให้เกิดผลกระทบเชิงบวกที่สำคัญในการเสริมสร้างศักยภาพและถ่ายทอดความรู้การบริหารจัดการระบบประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและประเมินการออกแบบและควบคุมระบบผลิตน้ำประปาชุมชนในพื้นที่ศึกษา

1.2.2 เพื่อถ่ายทอดความรู้และเสริมสร้างศักยภาพการควบคุมระบบผลิตน้ำประปาชุมชน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 พื้นที่ศึกษาอยู่ภายในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ โดยจะสุ่มตัวอย่างระบบผลิตประปาเทศบาลหรือระบบผลิตประปานคร ระบบผลิตประปาการประปาส่วนภูมิภาค และระบบผลิตประปาหมู่บ้าน

1.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิทางด้านเทคนิคและการออกแบบระบบผลิตประปาชุมชนในพื้นที่ตามข้อกำหนดการออกแบบ ข้อมูลการควบคุมระบบ เช่น การใช้สารเคมี และอัตราการไหล เป็นต้น

1.3.3 การประเมินประสิทธิภาพในด้านการออกแบบและการควบคุมระบบ โดยการคำนวณเปรียบเทียบการออกแบบอุปกรณ์กับข้อกำหนดการออกแบบ รวมถึงการประเมินการเลือกรูปแบบในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และทรัพยากรที่ใช้ในการเดินระบบ

1.4 ประโยชน์ของการวิจัย

1.4.1 ทราบถึงศักยภาพและสภาพปัญหาของระบบผลิตและการควบคุมระบบผลิตประปาในปัจจุบัน

1.4.2 รูปแบบแนวทางในการประเมินสภาพปัญหาของระบบผลิต และการควบคุมระบบผลิตประปาในปัจจุบัน

1.4.3 หน่วยงานส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ สามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อวางแผนนโยบายในการปรับปรุงและแก้ปัญหาของระบบผลิต และการควบคุมระบบประปาในปัจจุบันให้มีความสอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้จริง

1.4.4 หน่วยงานส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ สามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อวางแผนนโยบายในการออกแบบระบบผลิตในอนาคต และสามารถป้องกันปัญหาของระบบผลิตที่อาจจะเกิดขึ้นได้

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตประปา

แหล่งน้ำที่สำคัญบนโลกประกอบด้วย แหล่งน้ำจืดผิวดิน น้ำในบรรยากาศ แหล่งน้ำใต้ดิน และแหล่งน้ำเค็ม น้ำที่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ใช้ได้โดยตรงคือน้ำที่เป็นน้ำจืดซึ่งได้แก่ น้ำผิวดินที่อยู่ตามแม่น้ำ ลำคลอง และทะเลสาบ น้ำใต้ดิน และน้ำในบรรยากาศ อย่างไรก็ตามแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตประปาที่สำคัญมี 2 ประเภท คือ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ส่วนน้ำฝนหรือน้ำในบรรยากาศนั้นไม่อาจนับเป็นแหล่งน้ำดิบที่น่าเชื่อถือได้ เนื่องจากมีปัญหาในการเก็บกักไว้ใช้ยามต้องการ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2536)

จากการสำรวจข้อมูลระบบประปาของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ ในปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีระบบประปาทั้งหมด 408 แห่ง จำแนกระบบประปาตามแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาพบว่าเป็นน้ำผิวดิน 200 แห่ง น้ำใต้ดิน 192 แห่ง ซึ่งถือว่ามีจำนวนใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1แหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์

จังหวัด	ระบบประปาทั้งหมด (แห่ง)	แหล่งน้ำ		
		ผิวดิน	ใต้ดิน	ไม่ระบุ
นครราชสีมา	214	81	119	14
ชัยภูมิ	53	29	22	2
บุรีรัมย์	110	60	50	-
สุรินทร์	31	30	1	-
รวม	408	200	192	16

ที่มา: รายงานประจำปี 2556 ศูนย์อนามัยที่ 5 นครราชสีมา

2.1.1. น้ำผิวดิน (Surface water)

น้ำผิวดิน หมายถึง น้ำที่ขังอยู่บนพื้นผิวโลก ซึ่งเป็นส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้วไหลลงที่ต่ำตามลำธาร คลอง แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำ รวมถึงน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาสมทบ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) แหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนมากอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน โดยทั่วไปน้ำผิวดินไม่สามารถนำมาดื่มได้อย่างปลอดภัยโดยปราศจากการปรับปรุงคุณภาพ เนื่องจากการไหลของน้ำบนผิวดินได้ชะล้างพัดพาเอาสิ่งต่าง ๆ ปะปนมาทั้งตะกอนและจุลชีพ ทำให้น้ำผิวดินมีคุณภาพไม่ดี เช่น มีความขุ่น กลิ่น สี สารพิษ และเชื้อโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะน้ำที่ไหลผ่านย่านชุมชนหรือย่านอุตสาหกรรม คุณภาพของน้ำผิวดินขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่น้ำผิวดินไหลผ่าน ตารางที่ 2.2ได้แสดงคุณภาพน้ำผิวดินที่ไหลอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปที่มีความสะอาดปกติ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2536) และคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่จังหวัดนครชัยบุรินทร์ พบว่าคุณภาพน้ำผิวดินของจังหวัดนครชัยบุรินทร์ โดยส่วนมากมีค่าสูงกว่าค่าโดยทั่วไป ยกเว้นโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ต่ำกว่าค่าโดยทั่วไป นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำผิวดินมีความขุ่น และสีที่สูง เนื่องจากแหล่งน้ำประเภทนี้มักมีการตกตะกอนและการกัดเซาะของดินในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำผิวดินที่มีการไหล เช่น แม่น้ำ ลำน้ำ ลำคลองและลำธารต่างๆ เป็นต้น ซึ่งในที่สุดแล้วส่วนมากมักจะไหลลงสู่ทะเลในที่สุด ทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเกือบจะตลอดเวลานอกจากนี้ฤดูกาลยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพน้ำผิวดิน โดยฤดูฝนมีปริมาณน้ำมาก อัตราการไหลของน้ำสูงทำให้มีการพัดเอาตะกอนปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้ ส่วนฤดูร้อนปริมาณน้ำในธรรมชาติน้อยลง ถ้ามีการปนเปื้อนของเสียต่างๆ ทำให้คุณภาพน้ำต่ำลงเนื่องจากการเจือจางน้อย (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2551) ทั้งนี้การเลือกแหล่งน้ำดิบที่มีความสกปรกหรือมลทินน้อยที่สุดทำให้มั่นใจว่าน้ำประปาที่ได้จะมีคุณภาพสูง และสามารถผลิตได้ในราคาถูก คุณภาพของน้ำผิวดินที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตประปาควรมีคุณภาพตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ที่กำหนดมาตรฐานน้ำดิบที่เหมาะสมในการผลิตน้ำประปาถ้าน้ำผิวดินมีพวกสารเคมีต่าง ๆ ปนเปื้อนมาก ส่งผลให้ยากที่จะบำบัดเพื่อทำเป็นน้ำประปาได้ด้วยราคาถูก สำหรับตะกอนหรือจุลชีพที่อยู่ในน้ำผิวดินอาจถูกกำจัดได้ไม่ยากนัก

2.1.2. น้ำใต้ดิน (Ground water)

น้ำใต้ดิน หมายถึง น้ำฝนที่ตกลงหรือน้ำผิวดินที่ซึมผ่านชั้นดินต่าง ๆ ลงไปจนถึงชั้นดินหรือชั้นหินที่ไม่ซึมน้ำ และเกิดการสะสมอยู่ระหว่างช่องว่างของเนื้อดิน โดยเฉพาะชั้นดินที่เป็นกรวด ทรายหิน ปริมาณของน้ำที่ขังอยู่ในชั้นของดินดังกล่าวจะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นในฤดูฝน และลดปริมาณลงในฤดูแล้ง น้ำใต้ดินมีการถ่ายเทระดับได้เช่นเดียวกับน้ำผิวดิน การไหลของน้ำใต้ดินมักจะมีทิศทางการไหลเหมือนน้ำในแม่น้ำลำธาร น้ำใต้ดินตามธรรมชาติแบ่งได้ 2 อาณาเขต คือ เขตสัมผัสอากาศ (Zone of aeration) และเขตที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Zone of saturation) หรือที่เรียกว่า น้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังอาจแบ่งได้เป็น ชั้นให้น้ำแบบเปิด และชั้นให้น้ำแบบปิด ซึ่งชั้นน้ำแบบเปิดหรือชั้นน้ำเขตที่สัมผัสอากาศจะอยู่ใต้ผิวดินระดับตื้น ทำให้น้ำมีการแปรเปลี่ยนตามฤดูกาล (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2541)

ตารางที่ 2.2 คุณภาพน้ำผิวดินทั่วไป

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าโดยทั่วไป*	นครชัยบุรินทร์**	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ทางกายภาพ				
ความขุ่น	NTU	50	3-550	1-125
สี	หน่วยสี	50	7-325	3-420
ทางเคมี				
สารละลายน้ำ (TDS)	mg/L	150	18 - 2548	38-1830
พีเอช		7.5	6-9	5-8
ความกระด้าง	mg/L	90	47-500	77-400
แมกนีเซียม	mg/L	20	5-215	47-150
โปแตสเซียม	mg/L	2	-	-
แมงกานีส	mg/L	0.02	0-0.7	0-1
คลอไรด์	mg/L	25	7-500	13-550
ไนเตรท	mg/L	0.5	0.01 - 4	0.3-15
ไนโตรเจน	mg/L	3	0-7	0-3
ฟอสฟอรัส	mg/L	0.05	-	-
แคลเซียม	mg/L	30	7-300	15-250
โซเดียม	mg/L	20	-	-
เหล็ก	mg/L	0.5	0-2	0-2
ไบคาร์บอเนต	mg/L	90	-	-
ซัลเฟต	mg/L	20	0-150	0-250
ฟลูออไรด์	mg/L	0.2	0.2-0.8	0.4-1
ทางชีววิทยา				
โคโลฟอร์ม	MPN/100 ml	2000	0-400	0-850
ไวรัส	pfu/100 ml	10	-	-

ที่มา: *เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, (2541)

** Soticha and Jareeya et al., (2014)

โดยทั่วไปแล้วน้ำใต้ดินจะมีคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์ดีดังแสดงในตารางที่ 2.3กล่าวคือ มีความใสสะอาดปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดโรคของทางเดินอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากชั้นของดินจะเป็นตัวกรองที่สกัดกั้นความขุ่นของเชื้อจุลินทรีย์ไว้ขณะที่น้ำซึมผ่านชั้นดินลงไป แต่คุณสมบัติทางด้านเคมี เช่น แร่ธาตุและสารละลายต่าง ๆ จะมีปริมาณที่ไม่แน่นอน เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำลายที่ดี ในขณะที่ซึมผ่านชั้น

ดินลงไปก็จะละลายเอาแร่ธาตุและสารในชั้นดินปะปนลงไปด้วย น้ำใต้ดินมักมีปัญหาการปนเปื้อนของเหล็กและแมงกานีสที่อยู่ในรูปสารละลาย

ตารางที่ 2.3 คุณภาพของน้ำใต้ดิน

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าโดยทั่วไป*	นครชัยบุรินทร์**
ทางกายภาพ			
ความขุ่น	NTU	0.5	0.3-3
สารละลายน้ำ (TDS)	mg/L	250	70-725
ทางเคมี			
ไนโตรเจน	mg/L	10	0.00 - 2.5
ฟอสฟอรัส	mg/L	0.01	-
ความเป็นด่าง	mg/L	150	-
พีเอช		7.5	3-9
ความกระด้าง	mg/L	120	52-450
แคลเซียม	mg/L	40	35-375
แมกนีเซียม	mg/L	5	1-100
โซเดียม	mg/L	5	-
โปแตสเซียม	mg/L	2	-
เหล็ก	mg/L	0.1	0.00 - 0.25
คาร์บอนอินทรีย์	mg/L	0.5	-
ไบคาร์บอเนต	mg/L	120	-
คลอไรด์	mg/L	25	10-80
ซัลเฟต	mg/L	10	0.00 - 67
ไนเตรท	mg/L	10	0.07 - 25
ฟลูออไรด์	mg/L	0.1	-
ทางชีววิทยา			
โคโลฟอร์ม	MPN/100 ml	100	5-350
ไวรัส	pfu/100 ml	1	-

ที่มา : *เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, (2541)

**Soticha and Jareeya et al., (2014)

เมื่อน้ำใต้ดินถูกสูบขึ้นมาและสัมผัสกับอากาศ เหล็กและแมงกานีสจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดผลึกสีแดง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาคราบสนิมบนเสื้อผ้า และสุขภัณฑ์ นอกจากนั้นแล้วน้ำใต้ดินอาจเกิดการเน่าเสีย มีสิ่งเจือปนได้เนื่องมาจากการทิ้งขยะมูลฝอย โดยปราศจากการปูรองก้นหลุมหรือการจัดการที่ดีพอ ทำให้เมื่อเกิดฝนตกลงมาน้ำที่ไหลแทรกซึมไปตามกองขยะจะชะล้างเอาสิ่งสกปรกแล้วพัดพาซึมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน หรือสารเคมีจาก

โรงงานล้วนมีผลต่อการเกิดมลพิษต่อน้ำใต้ดินทั้งสิ้น ตลอดจนสารเคมีในภาคเกษตรกรรม มีน้ำไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม น้ำจะละลายสารเคมีลงไปด้วย นับว่าเป็นอันตรายอย่างมาก คุณภาพน้ำใต้ดินของจังหวัดนครชัยบุรินทร์เมื่อเทียบกับคุณภาพน้ำทั่วไป พบว่าคุณภาพน้ำมีสารปนเปื้นมากกว่าคุณภาพน้ำทั่วไป น้ำมีความกระด้างสูง รวมถึงมีปริมาณโคลิฟอร์มที่สูงถึง 350 MPN/100 mlดังนั้นจะเห็นได้ว่าแม้น้ำใต้ดินจะมีความขุ่นต่ำ และปราศจากเชื้อโรคก็ไม่สามารถสูบขึ้นมาใช้ในการอุปโภคบริโภคได้โดยปราศจากการบำบัดก่อน

2.2 การประมาณความต้องการใช้น้ำ

การประมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อใช้ในการคัดเลือกแหล่งน้ำดิบและขนาดของระบบประปาให้เหมาะสมกับความต้องการใช้น้ำ และลงทุนก่อสร้างระบบประปาในราคาที่เหมาะสม (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2541)ปริมาณน้ำที่ใช้ในการออกแบบระบบผลิตประปาประกอบด้วย ปริมาณน้ำสำหรับผู้ใช้น้ำ ปริมาณน้ำสูญเสียในระบบผลิตประปาและการส่งจ่าย และปริมาณน้ำสำรองที่ใช้ในการดับเพลิง (Walski et al., 2001)

2.2.1. อัตราการใช้น้ำ

อัตราการใช้น้ำ มักคิดในหน่วยลิตรต่อคนต่อวัน ซึ่งในแต่ละชุมชนย่อมมีอัตราการใช้น้ำที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้ชีวิตประจำวัน อย่างเช่นประเทศที่มีการพัฒนาสูงย่อมมีการใช้น้ำในปริมาณที่มากกว่าประเทศที่กำลังพัฒนาหรือประเทศด้อยพัฒนา ความแตกต่างของอัตราการใช้น้ำเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) ดังนี้

2.2.1.1. ขนาดของชุมชน ปกติแล้วขนาดของชุมชนจะมีผลต่ออัตราการใช้น้ำในทางอ้อม โดยชุมชนที่มีขนาดใหญ่ย่อมมีปริมาณน้ำที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์มาก

2.2.1.2. จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในชุมชนนั้น ๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรมมีการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ปริมาณมาก ทำให้ชุมชนหรือพื้นที่ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ ปริมาณน้ำที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ก็จะมากตามไปด้วย

2.2.1.3. คุณภาพของน้ำ ถ้าน้ำประปามีคุณภาพดีปราศจากกลิ่น สี และความขุ่นย่อมส่งผลให้มีอัตราการใช้น้ำที่มากกว่าน้ำประปาที่มีคุณภาพไม่ดี

2.2.1.4. ค่าน้ำประปา ในกรณีที่น้ำประปามีราคาถูก มักจะทำให้ประชาชนใช้น้ำกันมากขึ้น เนื่องจากไม่ต้องกังวลกับการจ่ายค่าน้ำ และยังอาจทำให้ไม่คำนึงถึงการประหยัดน้ำด้วย แต่ถ้าน้ำประปามีราคาสูงขึ้น ทำให้ประชาชนตระหนักถึงการใช้น้ำอย่างประหยัดมากขึ้น

2.2.1.5. สภาพความเป็นอยู่และอาชีพของประชาชน ครอบครัวที่มีฐานะยากจนจะมีการใช้น้ำประปาน้อยกว่าครอบครัวที่มีฐานะปานกลางถึงร่ำรวย ตามลำดับ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับการประกอบอาชีพของแต่ละครอบครัวด้วย ดังจะเห็นว่าประชาชนในชนบทที่มีอาชีพทางด้านเลี้ยงสัตว์และเกษตรกรรมจะใช้น้ำประปาไม่มากนัก เพราะมักจะใช้น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ห้วย คลอง และสระน้ำ ในการ

ประกอบอาชีพเป็นส่วนใหญ่ ต่างจากชุมชนที่มีร้านค้า หรือธุรกิจที่เกี่ยวกับอาหาร การใช้น้ำประปาจะมากกว่าอาชีพเกษตรกรรม และบ้านเรือนทั่วไป

2.2.1.6. สภาพอากาศ สภาพอากาศมีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมาก ในฤดูร้อน ประชาชนต้องใช้น้ำประปาในการอาบน้ำ รดน้ำต้นไม้ หรือกิจกรรมอื่น ๆ ในปริมาณที่มากกว่าในฤดูอื่น ๆ ทั้งนี้ในฤดูหนาว หรือในเขตประเทศหนาวการใช้น้ำของประชาชนก็จะน้อยลง เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้อาบน้ำอาจน้อยลงบ้าง แต่ยังคงมีการใช้น้ำในการรดน้ำต้นไม้ หรือกิจกรรมอื่น ๆ แต่ในฤดูฝนอาจไม่จำเป็นในการใช้น้ำรดน้ำต้นไม้ แต่ยังคงต้องใช้น้ำ และในกิจกรรมอื่น ๆ ทำให้ทั้งในฤดูหนาวและฝนปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่าในฤดูร้อน

2.2.1.7. การสูญเสียน้ำในท่อประปา ท่อประปาทั่วไปจะมีการรั่วไหลของน้ำออกไปโดยเปล่าประโยชน์ จากการสำรวจในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีการสูญเสียน้ำประปาในท่อมากถึงร้อยละ 20 ของปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้ ซึ่งคาดว่าประเทศไทยมีปริมาณการสูญเสียมากกว่าร้อยละ 20

จากปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น ทำให้ชุมชนในแต่ละพื้นที่มีอัตราการใช้น้ำที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.4ประชากรในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองเศรษฐกิจที่มีความเจริญ และผู้อาศัยอยู่มากมาย อัตราการใช้น้ำมากกว่า 250 ลิตรต่อคนต่อวันซึ่งแตกต่างจากอัตราการใช้น้ำของเขตเทศบาล ชานเมือง และชนบท ที่มีอัตราการใช้น้ำที่ลดน้อยลงตามลำดับ เนื่องจากลักษณะการดำเนินชีวิตที่แตกต่างกัน โดยในเขตชนบทน้ำประปาที่ใช้ก็เพื่อกิจกรรมในชีวิตประจำวัน อย่างเช่น การอาบน้ำ ปรุงอาหาร ล้างสิ่งของต่าง ๆ การซักผ้าเพียงเท่านั้น ทำให้มีอัตราการใช้เพียงประมาณ 30-50 ลิตรต่อคนต่อวัน เกณฑ์การออกแบบระบบประปาตามแบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำจึงได้กำหนดให้ความต้องการใช้น้ำของประชากรโดยเฉลี่ย 50 ลิตรต่อคนต่อวัน ตามค่ากำหนดขององค์การสหประชาชาติ (ทวีศักดิ์ วังไพศาล, 2554)

ตารางที่ 2.4 อัตราการใช้น้ำประปาภายในประเทศไทย

พื้นที่	อัตราการใช้น้ำ (ลิตรต่อคนต่อวัน)
กรุงเทพมหานคร	200
เทศบาล	100-120
ชานเมือง	50-75
ชนบท	30-50

ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, (2541,น.43)

2.1.2. การทำนายประชากร

จำนวนประชากรเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการใช้น้ำในทางอ้อม เนื่องจากความต้องการปริมาณน้ำใช้ที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปีเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร

และการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมประเภทต่าง ๆ การทำนายจำนวนประชากรในอนาคตที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดถือเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้สามารถคำนวณขนาดของระบบประปาสำหรับอนาคตได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้หากการทำนายจำนวนประชากรสูงเกินไป ส่งผลให้ระบบประปามีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ทำให้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้าง แต่ถ้าทำนายจำนวนประชากรในอนาคตน้อยเกินไปจะส่งผลให้ระบบประปามีขนาดเล็กเกิน และทำให้ต้องมีการขยายระบบประปาเร็วเกินกว่าแผนที่กำหนดหรือคาดหมายไว้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542)

การทำนายจำนวนประชากรมีด้วยกันหลายวิธี ดังแสดงในตารางที่ 2.5 สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การทำนายระยะสั้น (Short-term Estimates) และการทำนายระยะยาว (Long-term Estimates) มีรายละเอียดดังนี้

2.2.2.1. การทำนายระยะสั้น สำหรับทำนายจำนวนประชากรในอนาคตถึงประมาณ 15 ปีข้างหน้า

- แบบเลขคณิต (Arithmetic method) มีสมมติฐานว่า อัตราการเพิ่มประชากรมีค่าคงที่ นิยมใช้กับชุมชนเก่าขนาดใหญ่ ที่ผ่านการพัฒนามาแล้ว เช่น สุพรรณบุรี อุบลราชธานี เป็นต้น
- แบบเรขาคณิต (Geometric method) มีสมมติฐานว่าอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สม่ำเสมอต่อหนึ่งหน่วยเวลา นิยมใช้กับชุมชนใหม่ที่ยังมีพื้นที่เพื่อการพัฒนาอีกมาก มีสาธารณูปโภคและการคมนาคมที่สมบูรณ์การเติบโตของชุมชนเป็นไปอย่างรวดเร็ว เช่น ชุมชนรอบนอกเทศบาลเชียงใหม่ (พ.ศ. 2530) เป็นต้น
- แบบอัตราเพิ่มลดลง (Decreasing-rate-of-increasing method) มีสมมติฐานว่าชุมชนนั้นมีพื้นที่อยู่ในวงจำกัด ดังนั้นเมื่อเติบโตถึงที่สุดแล้ว จำนวนประชากรจะอิ่มตัว ไม่สามารถเพิ่มได้อีก เช่น ชุมชนที่ติดภูเขาหรือแม่น้ำ เป็นต้น

2.2.2.2. การทำนายระยะยาว

- แบบรูปกราฟ (Graphical Projection) ใช้การเปรียบเทียบกับกราฟการเพิ่มขึ้นของประชากรสำหรับเมืองอื่น ๆ ที่มีลักษณะในอดีตใกล้เคียงกัน และมีขนาดเท่า ๆ กัน เพื่อเป็นฐานสำหรับประเมินประชากรในอนาคต ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในอนาคตเข้าไปด้วย

ตารางที่ 2.5 สมการการทำนายประชากร

วิธีการ	สมการ
ระยะสั้น	
แบบเลขคณิต	$$\frac{dP}{dt} = k_a$$ $$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$ โดย P = จำนวนประชากร t = เวลา k_a = Arithmetic Growth Constant
แบบเรขาคณิต	$$\frac{dP}{dt} = k_g P$$ $$k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$ โดย P = จำนวนประชากร t = เวลา k_g = Geometric Growth Constant
แบบอัตราเพิ่มลด	$$\frac{dP}{dt} = k_d (S - P)$$ $$k_d = \frac{-\ln \frac{S-P_2}{S-P_1}}{t_2 - t_1}$$ โดย S = จำนวนประชากรสูงสุดที่จุดอิ่มตัว t = เวลา k_a = Decreasing rate of increase Constant

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

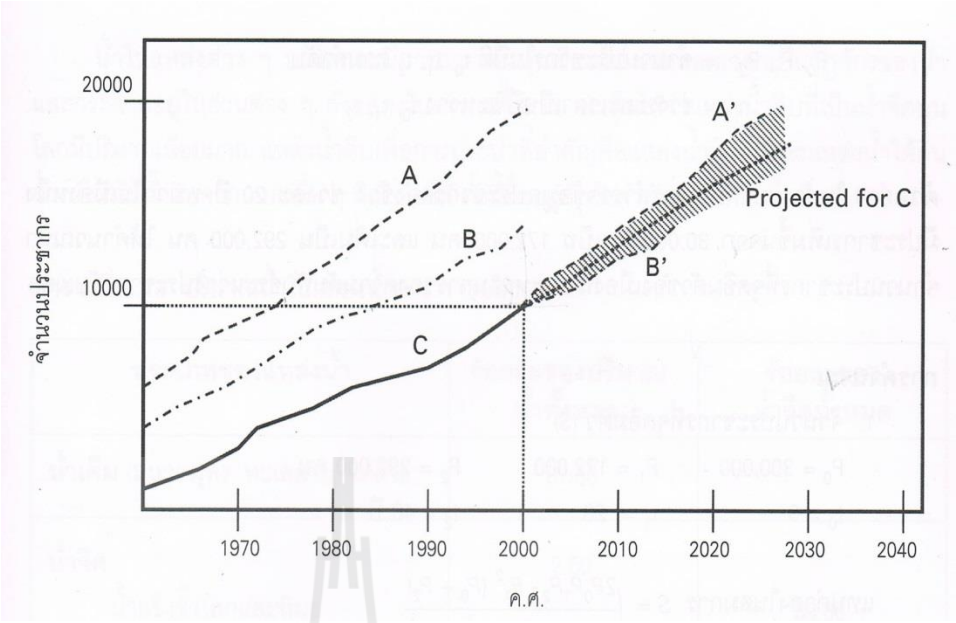
ตารางที่ 2.5สมการการทำนายประชากร(ต่อ)

วิธีการ	สมการ
ระยะยาว	
แบบรูปกราฟ	อาศัยข้อมูลประชากรเมืองอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน 2 เมือง ลากเส้นกราฟต่อจากปีที่มีข้อมูลสุดท้ายของเมืองที่ต้องการทำนายจำนวนประชากร
แบบ Logistics S	$S = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0 + P_2 - P_1^2}$ $m = \frac{S - P_0}{P_0}$ $b = 1/n - \ln[P_0(S - P_1)/P_1(S - P_0)]$ เมื่อ m และ b เป็นค่าคงที่ n เป็นช่วงเวลาระหว่าง t_0, t_1, t_2 จะได้ $P = S/(1 + m.e^{bt})$

ที่มา : ทวีศักดิ์ วังไพศาล, (2554)

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการทำนายจำนวนประชากรของเมือง C โดยอาศัยข้อมูลประชากรจากเมือง A และ B วิธีการทำนาย ใช้วิธีลากเส้นกราฟต่อจากปีที่มีข้อมูลสุดท้ายของเมือง C ออกไป โดยนำเส้นกราฟของเมือง A และ B ตั้งแต่ปีที่มีจำนวนประชากรเท่ากับเมือง C มาต่อก่อน จากนั้นลากเส้นกราฟแนวโน้มของจำนวนประชากรเมือง C

- แบบ Logistic S ใช้คาดคะเนประชากรชุมชนที่มีแนวโน้มว่าจะอิ่มตัว เช่นเดียวกับวิธีเพิ่มลดลง แต่กำหนดจำนวนประชากรอิ่มตัว (S) จากสูตรแทนสมการอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรกับเวลาหรือปี และต้องมีข้อมูลประชากร 2 ช่วง หรือข้อมูลจำนวนประชากร 3 ค่า โดยต้องคำนวณหาจำนวนประชากรสูงสุดที่จุดอิ่มตัวก่อน



รูปที่ 2.1การทำนายจำนวนประชากรโดยใช้รูปกราฟ
ที่มา: ทวีศักดิ์ วังไพศาล, (2554,น. 59)

2.3 หน่วยงานรับผิดชอบในการผลิตน้ำประปา

ก่อนการปฏิรูปราชการปีพ.ศ. 2545 มีหน่วยงานราชการที่ปฏิบัติภารกิจในการจัดหาน้ำสะอาดโดยการก่อสร้างระบบประปาให้แก่หมู่บ้านตามพื้นที่ชนบทเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำในการอุปโภคบริโภคซึ่งแต่ละหน่วยงานมีรูปแบบของระบบประปาหมู่บ้านตามแบบมาตรฐานของหน่วยงานได้แก่กรมโยธาธิการสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท (ร.พ.ช.)กรมอนามัยและกรมทรัพยากรธรณี หลังจากการปฏิรูปราชการปีพ.ศ. 2545 มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบระบบราชการกระทรวงทบวงกรม บางหน่วยงานได้ถูกยุบหรือไปรวมกับกระทรวงทบวงกรมอื่นๆทำให้ภารกิจหน้าที่ด้านจัดหาน้ำสะอาดให้แก่ประชาชนที่หน่วยงานราชการต่างๆได้ดำเนินการก่อสร้างไว้ต้องทำการถ่ายโอนภารกิจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น บางหน่วยงานต้องเปลี่ยนภารกิจที่ต้องทำเป็นหน่วยงานสนับสนุนให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแทน ปัจจุบันสำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำกระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ถือเป็นหน่วยงานที่สนับสนุนภารกิจด้านจัดหาน้ำสะอาดให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยได้ทำการปรับปรุงแบบมาตรฐานระบบประปาใหม่ระบบผลิตประปาหมู่บ้านที่พบในปัจจุบันถูกสร้างโดยหน่วยงานต่าง ๆ ดังสรุปในตารางที่ 2.6 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่2.6หน่วยงานรับผิดชอบในการก่อสร้างระบบผลิตประปา

หน่วยงาน	รูปแบบ	แหล่งน้ำ	ลักษณะ
กรมโยธาธิการ		ใต้ดิน	ระบบกรองน้ำประกอบด้วยชั้นกระจายน้ำ และถังกรอง หอถังสูงเป็นโครงเหล็กด้านบนประกอบด้วยถังน้ำต่อเป็นชุด 4 ใบ
กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท		ผิวดินและใต้ดิน	ระบบกรองเป็นแบบทรายกรอง มีชั้นถาดด้านบนถังกรองภายในบรรจุถ่านใช้ในการฟอกสี และดับกลิ่น หอถังสูงเป็นถังเหล็กทรงแชมเปญ
กรมทรัพยากรธรณี		ใต้ดิน	ระบบทรายกรองเร็ว ด้วยถังกรองทรายแบบใช้แรงดัน หอถังสูงทรงลูกกอล์ฟ

ที่มา: กรมการปกครอง (2557)

ตารางที่2.6หน่วยงานรับผิดชอบในการก่อสร้างระบบผลิตประปา (ต่อ)

หน่วยงาน	รูปแบบ	แหล่งน้ำ	ลักษณะ
กรมทรัพยากรน้ำ		ผิวดินและใต้ดิน	โรงกรองน้ำ เป็นอาคารสี่เหลี่ยม ประกอบด้วย ถังกวนเร็ว กวนช้า ตกตะกอน และถังกรองทราย หอถังสูงเป็นถังคอนกรีต
แบบกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประปานครหลวง		ผิวดินและใต้ดิน	รวมระบบการผลิตไว้ในแท่งเสาโลหะทรงกระบอก

ที่มา: กรมการปกครอง (2557)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) **กรมโยธาธิการ**ลักษณะหอถังสูงเป็นโครงเหล็กด้านบนเป็นถังบรรจุน้ำต่อเป็นชุดละ 4 ใบใช้แหล่งน้ำใต้ดินเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำประปา
2) **สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท**ลักษณะหอถังสูงเหล็กทรงแชมเปญส่วนใหญ่ใช้แหล่งน้ำใต้ดินบางพื้นที่ปรับไปใช้แหล่งน้ำผิวดินเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำประปาระบบกรองเป็นแบบภายนอกมีระบบทรายหยาบกรองและถ่านในการฟอกสีดับกลิ่น
3) **กรมทรัพยากรธรณี**ลักษณะหอเหล็กรูปลูกกอล์ฟแหล่งน้ำใช้แหล่งน้ำใต้ดิน ระบบกรองใช้ถังกรองทรายแบบใช้แรงดัน
4) **กรมทรัพยากรน้ำ**ลักษณะหอถังสูงคอนกรีตใช้ได้ทั้งแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินเป็นวัตถุดิบในการผลิตระบบกรองถูกพัฒนาเป็นระบบมาตรฐาน โรงกรองมีลักษณะเป็นอาคารสี่เหลี่ยม ประกอบด้วยถังกวนเร็ว กวนช้า ตกตะกอน และถังกรองทรายมีหลากหลายขนาดขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้น้ำ

5) **กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประนครหลวง**ส่วนหอสูงระบบกรองและบำบัดสารปนเปื้อน รวมถึงการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ ถูกรวมเข้าไว้เป็นอาคารเดียวกัน ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งเสาโลหะทรงกระบอก

2.4 รูปแบบที่เหมาะสมในการบริหารกิจการประปาชุมชน

เมื่อหน่วยงานที่ทำการก่อสร้างระบบผลิตประปา ถ่ายโอนกิจการให้กับชุมชนที่เป็นเจ้าของท้องถิ่นดำเนินการบริหารกิจการประปา เพื่อให้บริการน้ำประปาแก่ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน รูปแบบการบริหารระบบประปาที่ดีควรพิจารณาถึงความเหมาะสมของสภาพท้องถิ่นในด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและความพร้อมของชุมชน ซึ่งกรมทรัพยากรน้ำได้เล็งเห็นถึงปัญหาในทางปฏิบัติของการบริหารกิจการประปาหมู่บ้านที่อาจเกิดขึ้น และได้ทำการศึกษาข้อดี ข้อเสียของรูปแบบการบริหารกิจการ สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2.7 รูปแบบการบริหารกิจการที่เหมาะสม มีดังนี้

รูปแบบที่ 1 การบริหารโดยคณะกรรมการบริหารกิจการประปา เป็นการบริหารกิจการประปาโดยประชาชนเป็นคณะกรรมการ และดำเนินการเองทั้งหมดตามรูปแบบของระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการบริหารกิจการและการบำรุงรักษาระบบประปาชนบท พ.ศ.2535 และองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ทำหน้าที่คอยกำกับดูแลและให้คำปรึกษาแก่คณะกรรมการบริหารกิจการประปา คณะกรรมการบริหารกิจการประปาถูกเลือกขึ้นมาโดยผู้ใช้น้ำ และทำหน้าที่บริหารคน เงิน วัสดุอุปกรณ์ และการจัดการ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 รูปแบบนี้ทำให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการดูแลและมีความรู้สึกเป็นเจ้าของ การทำงานคล่องตัวรวดเร็ว เนื่องจากไม่ต้องทำตามระเบียบขั้นตอนเหมือนราชการ แต่รูปแบบนี้มักหางบประมาณสนับสนุนยาก เมื่อต้องมีการซ่อมแซมวัสดุ อุปกรณ์ หรือขยายระบบประปา ขาดการตรวจสอบความถูกต้องจาก อบต. และการเก็บรักษาเงินและการจัดทำบัญชีอาจไม่ถูกต้อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.7รูปแบบการบริหารกิจการที่เหมาะสม

รูปแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย	ความเหมาะสม
การบริหารโดยคณะกรรมการบริหารกิจการประปา	- ส่งเสริมการกระจายอำนาจให้แก่ประชาชน - การบริหารงานมีความคล่องตัว - มีผู้รับผิดชอบในเรื่องต่างๆ แยกกันไป ทำให้การทำงานคล่องตัวรวดเร็ว - ประชาชนมีความรู้สึกเป็นเจ้าของ	- ขาดการตรวจสอบการบริหารจาก อบต. - การเก็บเงิน เอกสารการเงิน และการจัดทำบัญชีอาจไม่ถูกต้อง - หางบประมาณมาสนับสนุนได้ยาก เมื่อจะต้องมีการซ่อมแซมวัสดุ อุปกรณ์ประปา หรือการขยายระบบประปา - ชาวบ้านไม่เห็นความสำคัญในเรื่องของคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตได้ ทำให้คุณภาพน้ำไม่ได้มาตรฐาน	- ชุมชนที่มีความเข้มแข็ง - ชุมชนที่ผู้บริหารชุมชนมีความรับผิดชอบสูง และมีความเสียสละเพื่อส่วนรวม - ชุมชนที่มีความโปร่งใสในการบริหาร
การบริหารโดย อบต.บริหารเอง	-มีขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นระบบ มีการตรวจสอบที่ดี และการเก็บหลักฐานครบถ้วน -มีงบประมาณสนับสนุน -สามารถเลือกสรรและจ้างผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปาที่มีความเหมาะสมกับหน้าที่ และให้ค่าตอบแทนได้ด้วย	- ขาดการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารงานโดยตรง - อาจเกิดความล่าช้าเนื่องจากระบบของราชการ - บางหมู่บ้านไม่ยอมรับการบริหารจาก อบต. - มีค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการสูง	- ชุมชนที่ยังไม่เข้มแข็งพอ - ชุมชนที่มีปัญหาในการบริหาร ในด้านการตัดสินใจ และการสั่งการ - ชุมชนที่ผู้บริหารชุมชนมีภารกิจมาก ไม่มีเวลาเข้ามาบริหารงานกิจการระบบประปา

ตารางที่ 2.7รูปแบบการบริหารกิจการที่เหมาะสม(ต่อ)

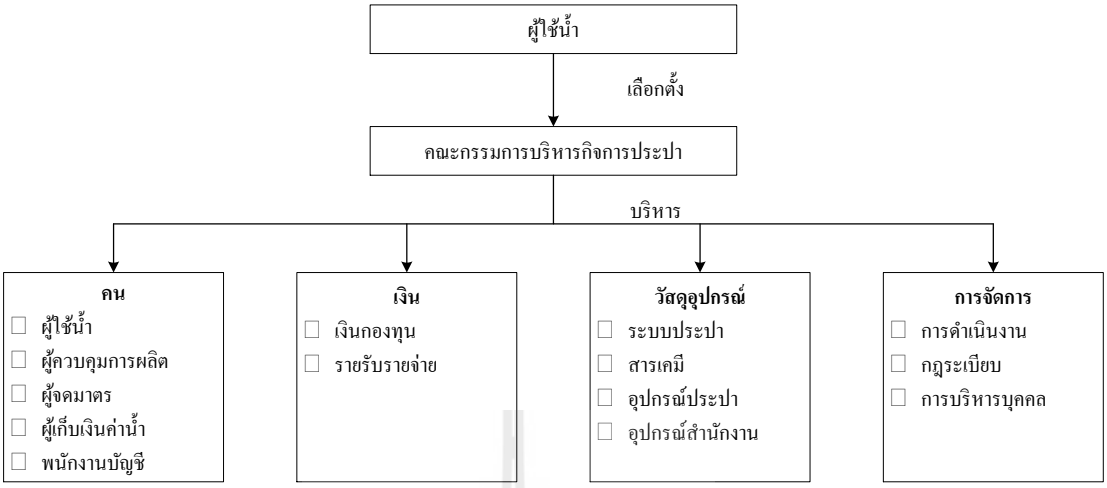
รูปแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย	ความเหมาะสม
	อัตราสูง -สามารถควบคุมคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตได้ดีขึ้น	ขึ้น อาจจะส่งผลให้ค่าน้ำประปาสูงขึ้นกว่ารูปแบบที่ 1 และ 2	- ชุมชนที่ไม่มีบุคลากรที่มีความรู้ในด้านการบริหาร - อบต.ที่มีความเข้มแข็ง แต่มีงบประมาณน้อย
การบริหารโดยประชาชนและ อบต. ร่วมมือกัน	-ประชาชนมีส่วนร่วมในการบริหารงาน -มีการจัดทำบัญชีที่เป็นระบบ และมีการตรวจสอบ -อบต. มีส่วนร่วมและรับรู้ในการบริหาร -ได้รับการจัดสรรงบประมาณจาก อบต. -เป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับระยะเปลี่ยนผ่าน ซึ่งแต่เดิมให้คณะกรรมการหมู่บ้านเป็นผู้บริหารกิจการประปา เมื่อมีการถ่ายโอนให้องค์กรส่วนท้องถิ่น -มีการให้ความสำคัญต่อคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น	- อาจเกิดความล่าช้าในการดำเนินการต่างๆ - มีความคล่องตัวในการบริหารจัดการน้อยลงกว่ารูปแบบที่ 1	- ชุมชน และ อบต.ที่มีความเข้มแข็งในระดับปานกลาง - ชุมชนที่มีปัญหาในการบริหาร ในด้านการตัดสินใจ และการสั่งการ - ผู้บริหารชุมชนไม่ค่อยมีเวลาในการดำเนินการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.7 รูปแบบการบริหารกิจการที่เหมาะสม(ต่อ)

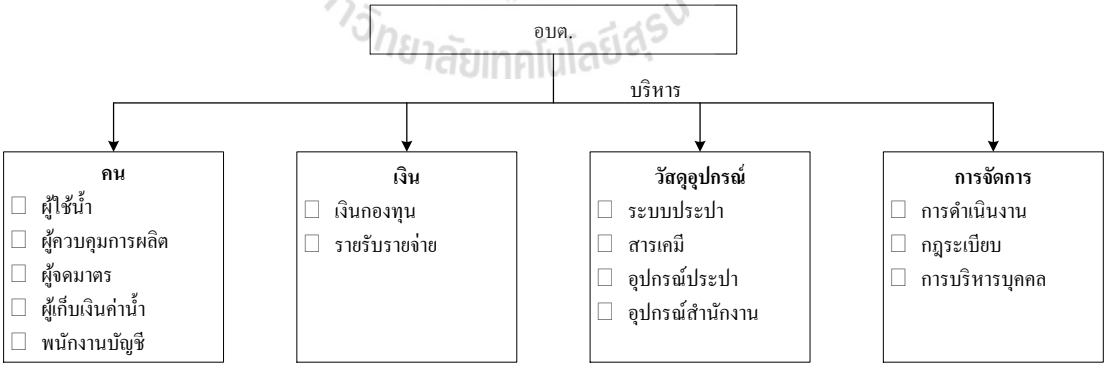
รูปแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย	ความเหมาะสม
การบริหารโดย อบต.จ้างเอกชนบริหาร	- บริหารกิจการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น - อบต.ไม่สูญเสียบุคลากรที่ - สามารถควบคุมคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตได้ดี - สามารถให้บริการน้ำประปาที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณเพียงพอ	- ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจ้างภาคเอกชนเข้ามาบริหาร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อรายจ่ายที่เพิ่มขึ้น - ราคาค่าน้ำประปาจะสูงขึ้นกว่าการบริหารรูปแบบอื่นๆ - ขาดการมีส่วนร่วมในการบริหารจากประชาชนโดยตรง	- ชุมชนที่ยังไม่เข้มแข็งพอ - อบต. ที่มีความเข้มแข็ง ทันสมัย และมีงบประมาณมาก - อบต. ที่ขาดบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในการบริหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.2 รูปแบบการบริหารกิจการประปาโดยคณะกรรมการบริหารกิจการประปา

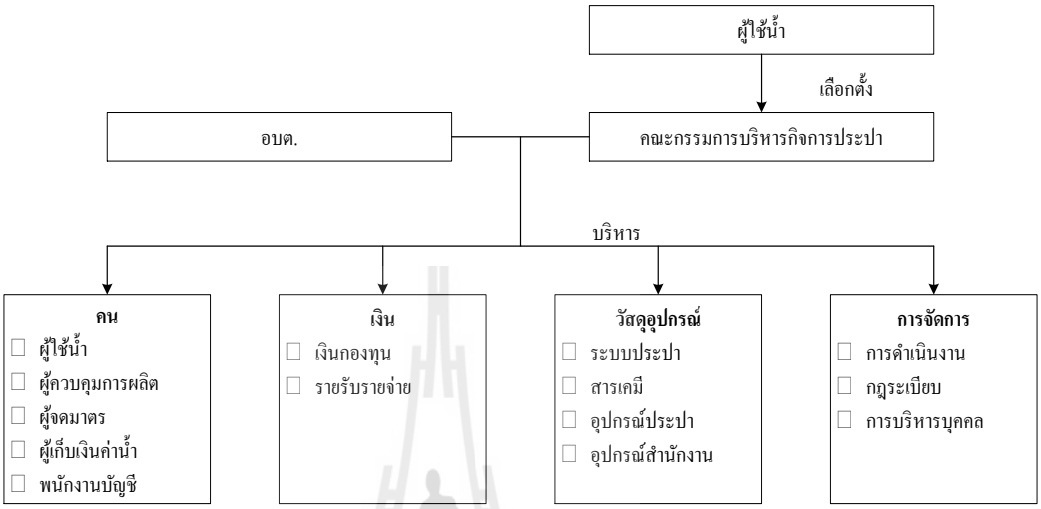
รูปแบบที่ 2 การบริหารโดย อบต.บริหารเองเป็นรูปแบบการบริหารที่ อบต. เป็นผู้บริหารกิจการเองทั้งหมด ทั้งในด้านบุคลากร การเงิน วัสดุอุปกรณ์ และ การดำเนินการ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ได้แก่ การคัดเลือกและจ้างผู้ดูแลระบบประปา การจัดทำบัญชีรายรับ-รายจ่าย การจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ การวางระเบียบข้อบังคับ เป็นต้นรูปแบบการบริหารนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานเป็นระบบ เก็บหลักฐานครบถ้วน มีงบสนับสนุน แต่อาจเกิดความล่าช้าเนื่องจากระบบของราชการ ขาดการมีส่วนร่วมของประชาชน และค่าน้ำประปาอาจสูงกว่ารูปแบบที่บริหารโดยประชาชน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการสูง



รูปที่ 2.3 การบริหารโดย อบต.บริหารเอง

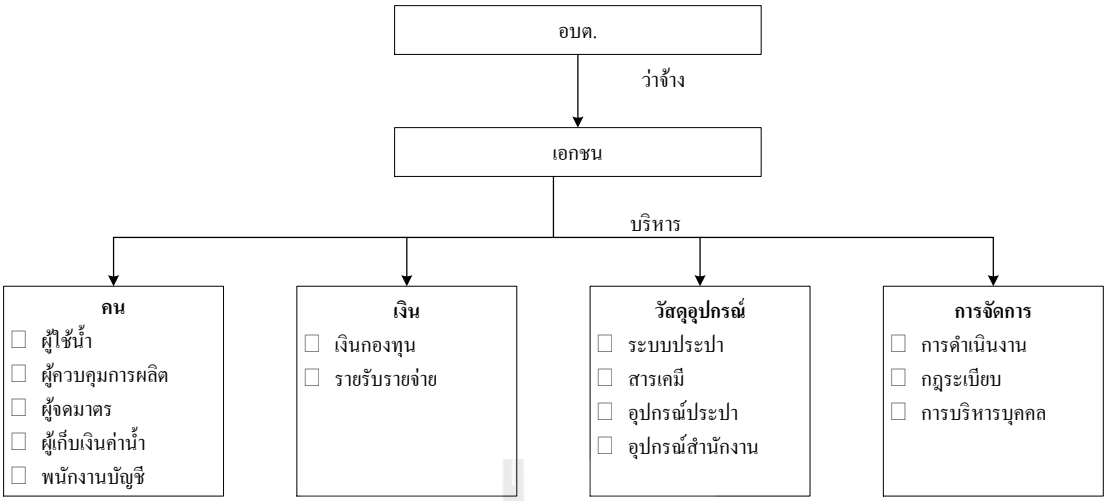
รูปแบบที่ 3 การบริหารโดยประชาชนและ อบต. ร่วมมือกัน ใช้รูปแบบตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการบริหารกิจการและการบำรุงรักษาระบบประปาชนบท พ.ศ. 2535 เหมือนรูปแบบที่ 1 แต่คณะกรรมการบริหารกิจการประปามาจากการเลือกตั้งจากสมาชิกผู้ใช้น้ำส่วนหนึ่ง และแต่งตั้งโดยตำแหน่งจากเจ้าหน้าที่ของ อบต.ส่วนหนึ่งดังแสดงใน

รูปที่ 2.4 รูปแบบการบริหารนี้ทำให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการบริหาร มีการจัดทำบัญชีที่เป็นระบบ ได้รับการจัดสรรงบประมาณจาก อบต. แต่การดำเนินการอาจล่าช้า และคล่องตัวน้อยกว่าการบริหารจัดการโดยประชาชนเอง



รูปที่ 2.4การบริหารโดยประชาชนและ อบต. ร่วมมือกัน

รูปแบบที่ 4 การบริหารโดย อบต.จ้างเอกชนบริหารเป็นรูปแบบที่ อบต.จ้างเอกชนมาดำเนินการโดยเอกชนเป็นผู้บริหารกิจการเองทั้งหมดทั้งในด้านบุคลากร ด้านการเงิน ด้านวัสดุอุปกรณ์ และด้านการดำเนินการ ได้แก่ การคัดเลือกและจ้างผู้ดูแลระบบประปา การจัดทำบัญชีรายรับ-รายจ่าย การจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ การวางระเบียบข้อบังคับ เป็นต้น โดย อบต. เป็นผู้ควบคุมการบริหารงานดังแสดงในรูปที่ 2.5ทำให้การบริหารกิจการประปามีประสิทธิภาพมากขึ้น อบต. ไม่สิ้นเปลืองบุคลากร น้ำประปามีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามอาจส่งผลให้ราคาค่าน้ำประปาสูงกว่ารูปแบบอื่น ๆ รวมถึงขาดการมีส่วนร่วมของประชาชนโดยตรง



รูปที่ 2.5 การบริหารโดย อบต. จ้างเอกชนบริหาร

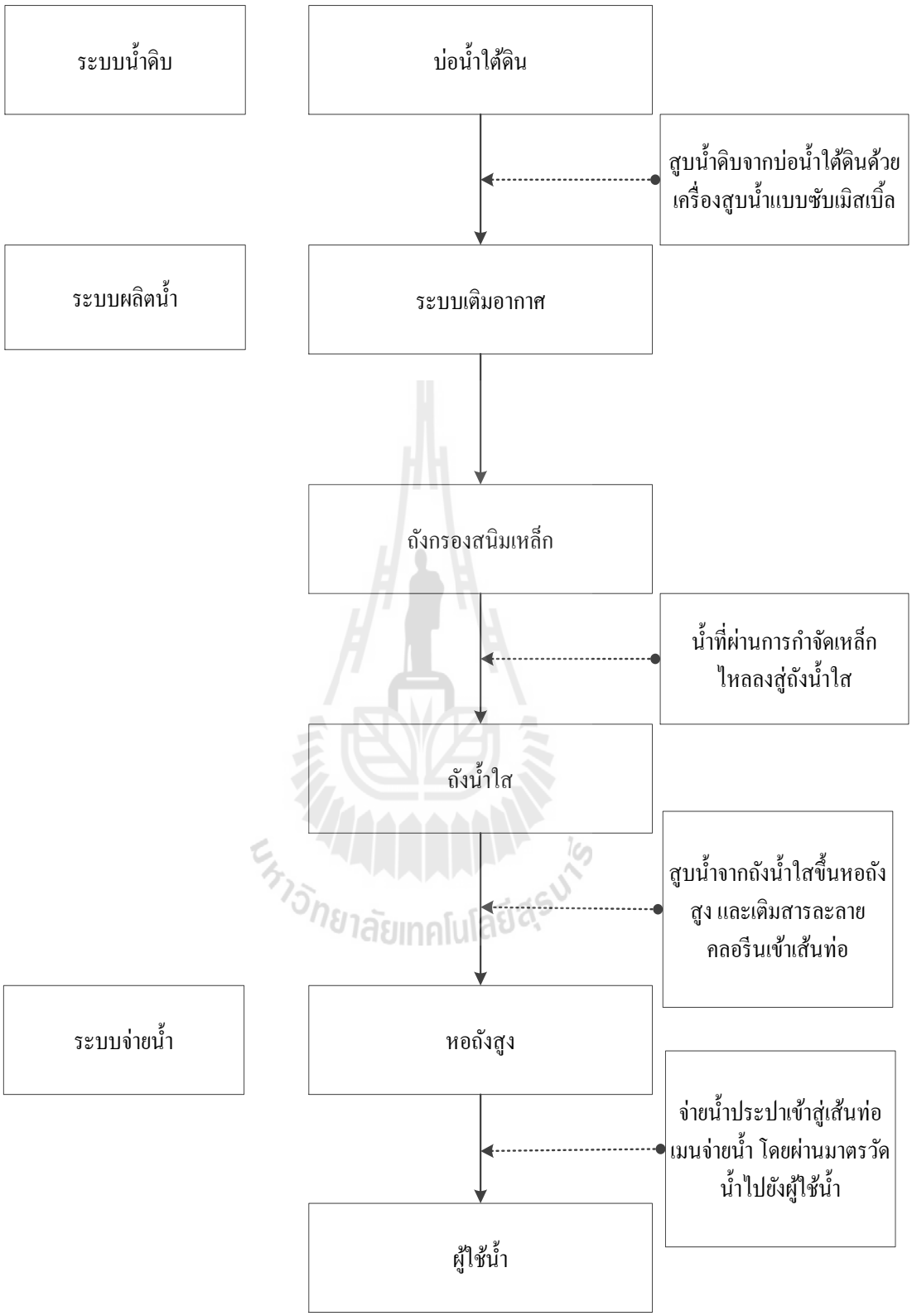
2.5 รูปแบบของระบบผลิตประปาชุมชน

ระบบผลิตประปาโดยทั่วไปต้องมีกระบวนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำทั้งทางกายภาพ เคมี และชีววิทยา เพื่อทำน้ำดิบให้เป็นน้ำประปาที่สะอาดได้มาตรฐานจนสามารถดื่มได้ ในการเลือกกระบวนการผลิตน้ำประปาจะขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งน้ำดิบ ที่มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน แต่อย่างไรก็ตามการเลือกกระบวนการผลิตยังขึ้นอยู่คุณลักษณะของน้ำดิบด้วย รูปที่ 2.6แสดงถึงกระบวนการผลิตน้ำประปาแบบใต้ดินประกอบด้วย ระบบเติมอากาศ (Aeration) ระบบกรอง (Filtration) แบะระบบกำจัดเชื้อโรค (Disinfection) แต่ในส่วนของกระบวนการผลิตน้ำประปาผิวดินจะมีกระบวนการปรับปรุงน้ำที่มากกว่าประกอบด้วย ระบบกวน (Mixing) ระบบตกตะกอน (Sedimentation) ระบบกรอง และระบบกำจัดเชื้อโรค ดังแสดงในรูปที่ 2.7 กระบวนการต่าง ๆ มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

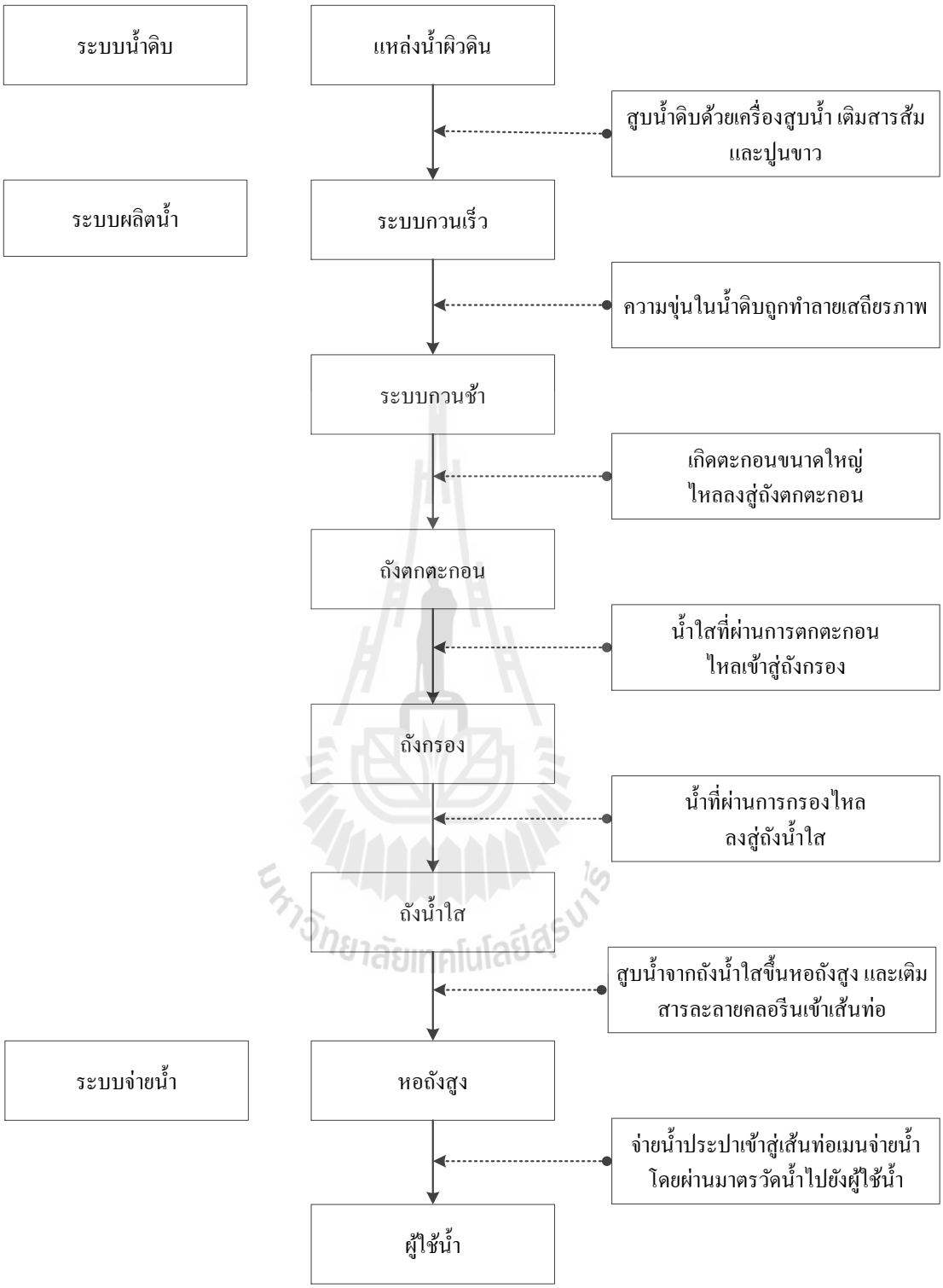
ระบบเติมอากาศเพื่อกำจัดเหล็ก และแมงกานีส ส่วนมากจะพบในระบบประปาแบบใต้ดิน เหล็ก และแมงกานีส ที่ละลายอยู่ในน้ำใต้ดิน เมื่อถูกสูบขึ้นมาสัมผัสกับอากาศ ทำให้เหล็ก และแมงกานีสเปลี่ยนรูปเป็นของแข็ง

ระบบกวน ประกอบด้วยระบบกวนเร็ว ทำหน้าที่ในการผสมสารเคมี เช่น สารส้ม และปูนขาว ให้ผสมกับน้ำดิบอย่างทั่วถึง และระบบกวนช้า ทำหน้าที่ให้ตะกอนเกิดการรวมตัวใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มน้ำหนักตะกอนให้มากขึ้น

ระบบตกตะกอนเป็นส่วนที่แยกตะกอนขนาดใหญ่ออกจากน้ำใส โดยน้ำในถังจะนิ่ง ทำให้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ตกลงสู่ก้นถัง ส่วนน้ำใสไหลตามรางสู่ถังต่อไป



รูปที่ 2.6ระบบการผลิตน้ำประปาแบบใต้ดิน
ที่มา : มาตรฐานระบบน้ำสะอาด กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย



รูปที่ 2.7 ระบบการผลิตน้ำประปาแบบผิวดิน
ที่มา : มาตรฐานระบบน้ำสะอาด กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย

ระบบกรองเป็นการกรองตะกอนขนาดเล็กออกจากน้ำ ทำให้น้ำใสสะอาดมากขึ้น การกรองจะใช้ทรายหยาบและทรายละเอียด

ระบบกำจัดเชื้อโรค เป็นการกำจัดเชื้อโรคในน้ำด้วยการเติมสารละลายคลอรีนลงในเส้นท่อ

ระบบประปาชุมชนเป็นระบบประปาที่ขนาดไม่ใหญ่มากมีกำลังการผลิตไม่เกิน 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยทั่วไปแล้วรูปแบบประปาชุมชนในประเทศไทยได้มีการก่อสร้างและพัฒนาระบบประปาหมู่บ้านจากหลากหลายหน่วยงาน ได้แก่ กรมโยธาธิการกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท (รพช.) กรมทรัพยากรธรณีกรมทรัพยากรน้ำการประปานครหลวง ฯลฯ แต่ละรูปแบบก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันไป (หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ, 2552)ดังนี้

2.5.1. ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานกรมโยธาธิการ

ระบบกรองน้ำประกอบด้วยชั้นกระจายน้ำ และถังกรองน้ำที่ถูกออกแบบให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา ลักษณะหอถังสูงเป็นโครงเหล็กด้านบนเป็นถังบรรจุน้ำต่อเป็นชุดชุดละ 4 ใบใช้แหล่งน้ำใต้ดินเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำประปาแบ่งออกเป็น 3 แบบมาตรฐานตามขนาดของจำนวนประชากรได้แก่

มาตรฐานขนาดใหญ่รองรับผู้ใช้น้ำตั้งแต่ 120 หลังคาเรือนขึ้นไป

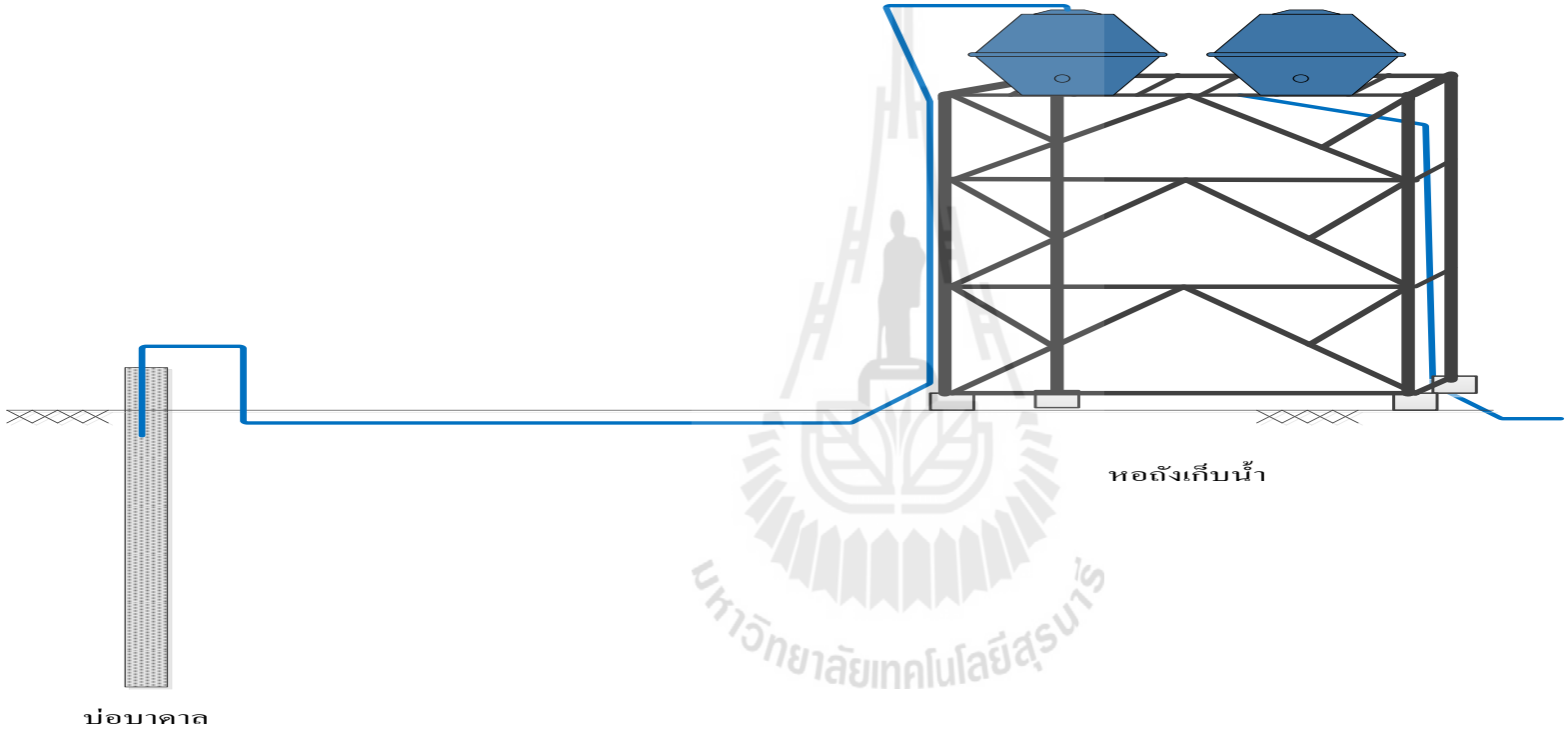
มาตรฐานแบบกรองรับผู้ใช้น้ำตั้งแต่ 50 -120 หลังคาเรือนขึ้นไป

มาตรฐานแบบขรองรับผู้ใช้น้ำตั้งแต่ 30 -50 หลังคาเรือนขึ้นไป

องค์ประกอบของระบบประปาใต้ดินแบบกรมโยธาธิการถูกออกแบบให้มีระบบน้ำดิบ ระบบผลิตน้ำ และระบบจ่ายน้ำดังแสดงในรูป 2.8หรือในบางพื้นที่น้ำดิบคุณภาพดี สามารถสูบจ่ายได้โดยตรง องค์ประกอบของระบบประปาจะพบเพียงระบบน้ำดิบ และระบบจ่ายน้ำเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.9

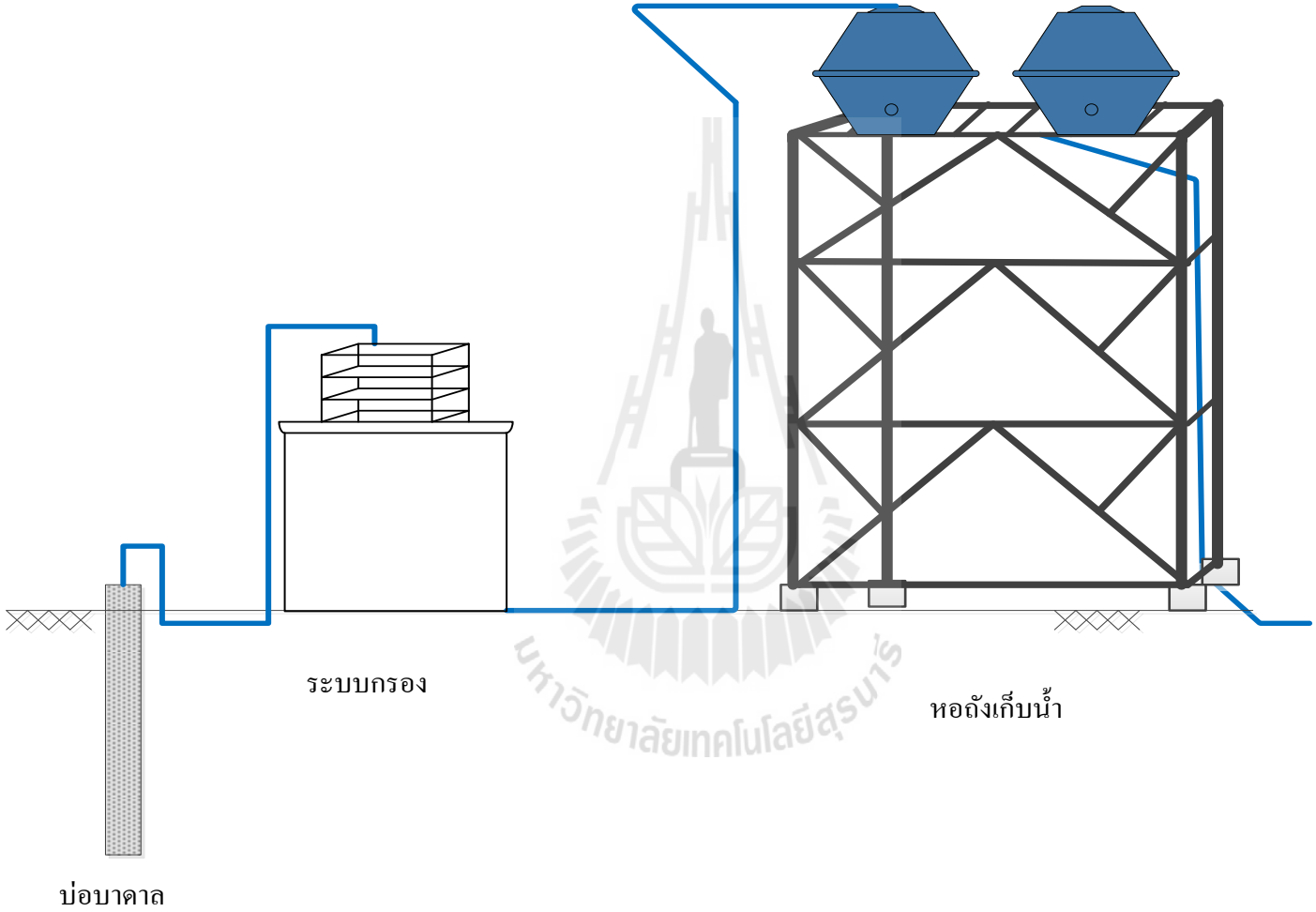
ระบบน้ำดิบประกอบด้วย

- บ่อน้ำใต้ดิน เป็นแหล่งน้ำที่เกิดจากน้ำฝนหรือน้ำผิวดินไหลซึมลงสู่ใต้ดินและมักจะละลายเอาแร่ธาตุเจือปนลงไปด้วยดังนั้นบ่อน้ำใต้ดินแต่ละแห่งจะมีคุณภาพน้ำดิบและปริมาณที่แตกต่างกัน
- เครื่องสูบน้ำดิบใช้สำหรับสูบน้ำจากบ่อน้ำใต้ดินส่งไปผลิตเป็นน้ำประปาโดยเครื่องสูบน้ำจะติดตั้งอยู่ภายในบ่อใต้ดินตัวเครื่องสูบน้ำจะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำและมอเตอร์ไฟฟ้าน้ำจะถูกสูบผ่านตามท่อเข้าสู่ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยเครื่องสูบน้ำใต้ดินจะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบจมใต้น้ำ



รูปที่ 2.8 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมโยธาธิการแบบไม่มีชุดกรอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมโยธาธิการแบบมีชุดกรอง

- ท่อส่งน้ำดิบใช้สำหรับเป็นท่อส่งน้ำจากบ่อน้ำใต้ดินมายังระบบผลิตประปาโดยส่วนมากจะใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี

ระบบผลิตน้ำ ประกอบด้วย

- ชั้นกระจายน้ำเป็นแบบเสียบในถังกรอง ประกอบด้วยท่อพีวีซีและตะแกรงอะลูมิเนียมจำนวน 6 ชั้น ทำหน้าที่กระจายน้ำลงมาเป็นฝอยให้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเพื่อให้สนิมเหล็กที่ปนเปื้อนน้ำตกตะกอน ภายในถาดบรรจุถ่านไม้ทำหน้าที่ดูดกลิ่นและป้องกันไม่ให้น้ำกระแทกแรงมากเกินไป

ระบบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย

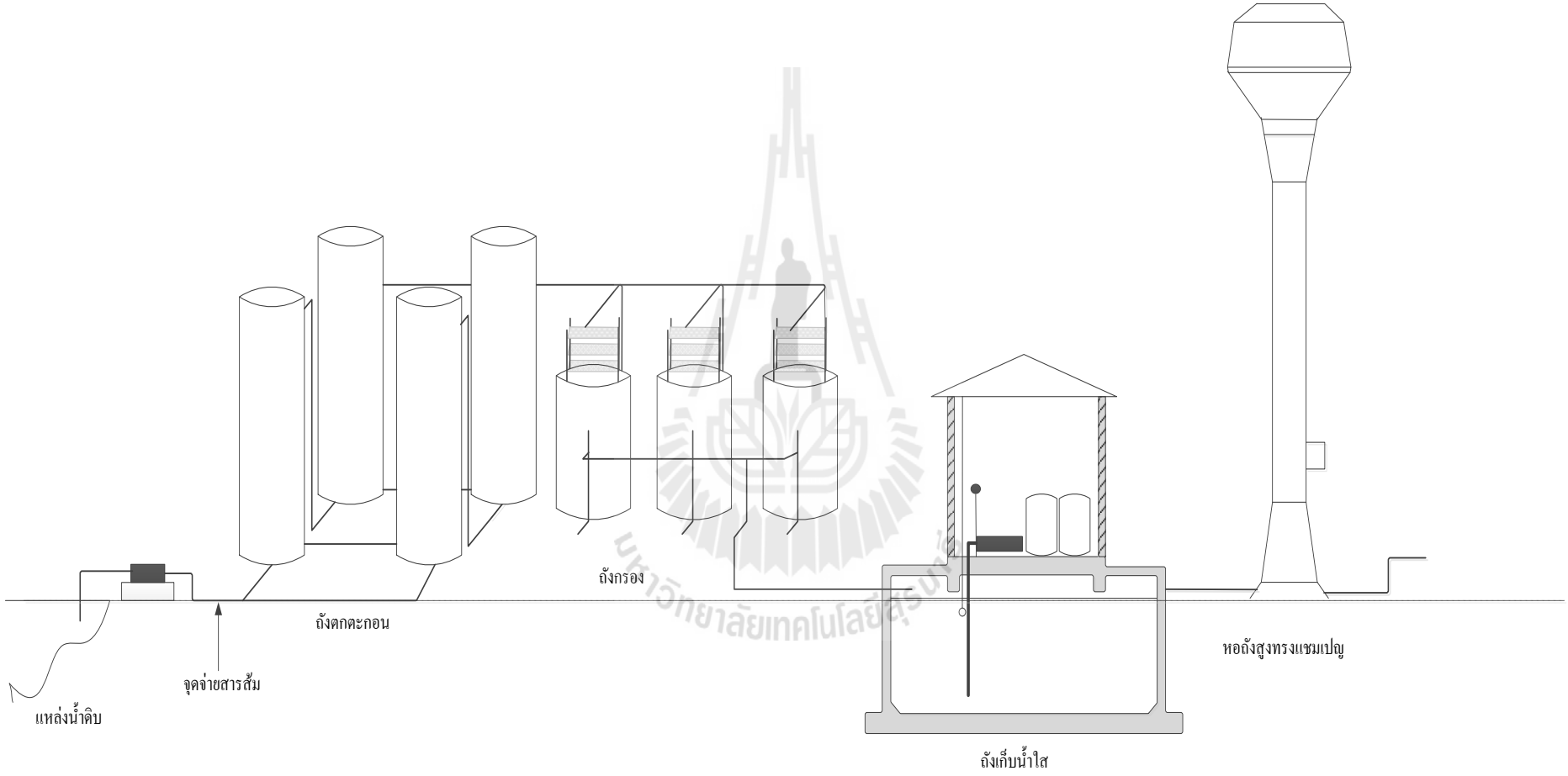
- หอถังสูงทำหน้าที่สร้างแรงดันน้ำและรักษาแรงดันน้ำให้สม่ำเสมอเพื่อจ่ายน้ำประปาให้แก่ผู้ใช้น้ำโดยมีรูปแบบเป็นการติดตั้งไฟเบอร์กลาสจำนวน 4 ถัง บนโครงเหล็กความจุรวม 8 และ 10 ลูกบาศก์เมตร
- ท่อประธานจ่ายน้ำ ทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาจากหอถังสูงส่งไปให้ผู้ใช้น้ำโดยผ่านมาตรวัดน้ำ ท่อประธานจ่ายน้ำส่วนใหญ่จะเป็นท่อพีวีซี และท่อเหล็กอาบสังกะสี

2.5.2. ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท

ระบบประปาตามแบบมาตรฐานของ ร.พ.ช. ลักษณะหอถังสูงเหล็กทรงแชมเปญ สามารถใช้ได้ทั้งกับน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินในการผลิตน้ำประปาระบบกรองเป็นแบบภายนอกมีระบบทรายหยาบกรองและถ่านในการฟอกสีดับกลิ่นเป็นระบบประปาที่เหมาะกับชุมชนที่มีจำนวนครัวเรือน 30-120 หลังคาเรือน ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาระบบประปาตามแบบมาตรฐานกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท แสดงในรูปที่ 2.10

ระบบน้ำดิบ ประกอบด้วย

- แหล่งน้ำผิวดิน
- เครื่องสูบน้ำดิบ ใช้สำหรับสูบน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินส่งไปผลิตเป็นน้ำประปา โดยส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง อาจติดตั้งอยู่ในโรงสูบน้ำบนพื้นดิน หรือติดตั้งในโรงสูบแพลอยแล้วแต่ความเหมาะสม
- ท่อส่งน้ำดิบ ใช้สำหรับเป็นท่อส่งน้ำจากแหล่งน้ำดิบมายังระบบผลิตประปา โดยส่วนมากจะใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท

ระบบผลิตน้ำ ประกอบด้วย

- ระบบกวนเร็ว ออกแบบโดยใช้การกวนในเส้นท่อ (static mixer) สารละลายสารส้มและสารละลายปูนขาว จะถูกเติมเข้าเส้นท่อเพื่อให้ตะกอนน้ำดิบถูกทำลายเสถียรภาพก่อนที่น้ำจะเข้าสู่ถังตกตะกอน
- ระบบกวนช้า ออกแบบให้เกิดขึ้นร่วมกับการตกตะกอนภายในถังตกตะกอน
- ถังตกตะกอน มีรูปทรงเป็นถังทรงกระบอก น้ำดิบที่ผสมรวมกับสารละลายสารส้มและสารละลายปูนขาวจะถูกส่งถังตกตะกอนถังที่ 1 จากด้านล่าง ความเร็วของน้ำที่เข้าสู่ถังจะลดลงทำให้ตะกอนน้ำดิบที่มีน้ำหนัก ตกตะกอนลงก้นถังตกตะกอนส่วนน้ำใสก็จะไหลเข้าเส้นท่อเข้าสู่ถังตกตะกอนที่ 2 จากด้านล่าง ตะกอนที่เหลือบางส่วนจะตกลงสู่ก้นถังและน้ำใสก็ไหลผ่านเข้าเส้นท่อต่อไปยังถังกรอง
- ถังกรองน้ำ ทำหน้าที่รับน้ำจากถังตกตะกอน ด้านบนของถังมีชั้นกระจายน้ำซึ่งเป็นถาดอะลูมิเนียม 3 ชั้น ที่บรรจุถ่านไม้เพื่อดูดซับสีและกลิ่น ภายในถังกรองจะบรรจุทรายกรองและกรวดกรองเรียงเป็นชั้น ๆ เพื่อทำหน้าที่ช่วยในการกรองตะกอนความขุ่นขนาดเล็กของน้ำดิบที่หลุดมาจากถังตกตะกอนให้ติดค้างบริเวณชั้นทรายกรอง
- ระบบฆ่าเชื้อโรค ใช้การเติมสารละลายคลอรีนเข้าสู่เส้นท่อระหว่างที่สูบน้ำจากถังเก็บน้ำใสขึ้นสู่ถังสูง เพื่อฆ่าเชื้อโรคในระบบประปาโดยถังเตรียมสารและปั๊มสูบจ่ายสารจะติดตั้งในโรงสูบน้ำ
- ถังน้ำใส ทำหน้าที่กักเก็บน้ำที่ผ่านจากถังกรองน้ำมาเก็บไว้ในถังน้ำใสซึ่งจะอยู่ใต้โรงสูบน้ำ และถังสารเคมีมีขนาดความจุ 27 ลูกบาศก์เมตร

ระบบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย

- เครื่องสูบน้ำดี ใช้สำหรับสูบน้ำจากถังน้ำใสขึ้นหอถังสูง เพื่อจ่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำ เครื่องสูบน้ำดีจะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง
- หอถังสูง ทำหน้าที่สร้างแรงดันน้ำ และรักษาแรงดันน้ำให้สม่ำเสมอ เพื่อจ่ายน้ำประปาให้แก่ผู้ใช้น้ำเป็นรูปทรงถ้วยแชมเปญ ขนาดความจุ 20 ลูกบาศก์เมตร
- ท่อประธานจ่ายน้ำ ทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาจากหอถังสูงส่งไปให้ผู้ใช้น้ำโดยผ่านมาตรวัดน้ำ ท่อประธานจ่ายน้ำส่วนใหญ่จะเป็นท่อพีวีซี และท่อเหล็กอาบสังกะสี

2.5.3. ระบบผลิตประปาหมู่บ้านตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณี

ระบบประปาใต้ดินของกรมทรัพยากรธรณีประกอบด้วยระบบน้ำดิบ ระบบผลิตน้ำ และระบบจ่ายน้ำ รองรับผู้ใช้น้ำตั้งแต่ 30 -120 หลังคาลักษณะหอเหล็กรูปลูกกอล์ฟดังแหล่งน้ำใช้แหล่งน้ำใต้ดินระบบกรองคล้ายระบบของกรมโยธาธิการเป็น

ถังกรองทรายแบบแรงดัน แต่เพิ่มส่วนกรองสิ่งปนเปื้อนเข้าไปในระบบขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาแสดงดังรูปที่ 2.11หรือในบางพื้นที่ที่น้ำมีคุณภาพดีก็จะออกแบบให้ไม่มีถังกรองเร็ว มีเพียงการสูบน้ำใต้ดินขึ้นสู่หอถังสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.12

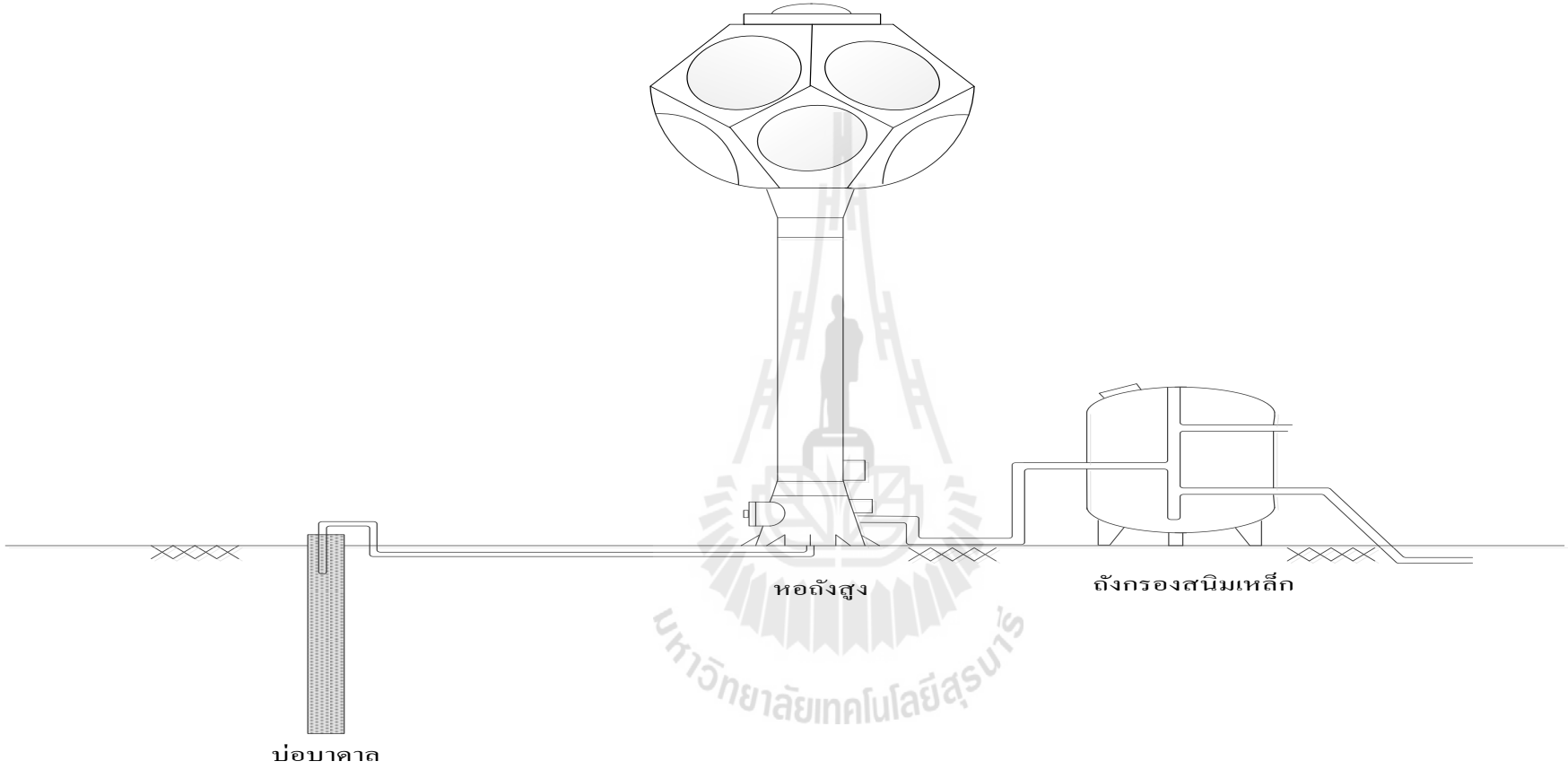
ระบบน้ำดิบประกอบด้วย

- บ่อน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำที่เกิดจากน้ำฝนหรือน้ำผิวดินไหลซึมลงสู่ใต้ดินและมักจะละลายเอาแร่ธาตุเจือปนลงไปด้วยดังนั้นบ่อน้ำใต้ดินแต่ละแห่งจะมีคุณภาพน้ำดิบและปริมาณที่แตกต่างกัน
- เครื่องสูบน้ำดิบใช้สำหรับสูบน้ำจากบ่อน้ำใต้ดินส่งไปผลิตเป็นน้ำประปา โดยเครื่องสูบน้ำจะติดตั้งอยู่ภายในบ่อใต้ดินตัวเครื่องสูบน้ำจะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำและมอเตอร์ไฟฟ้าน้ำจะถูกสูบผ่านตามท่อเข้าสู่ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยเครื่องสูบน้ำใต้ดินจะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบจมใต้น้ำ
- ท่อส่งน้ำดิบใช้สำหรับเป็นท่อส่งน้ำจากบ่อน้ำใต้ดินมายังระบบผลิตประปา โดยส่วนมากจะใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี

ระบบผลิตน้ำประกอบด้วย

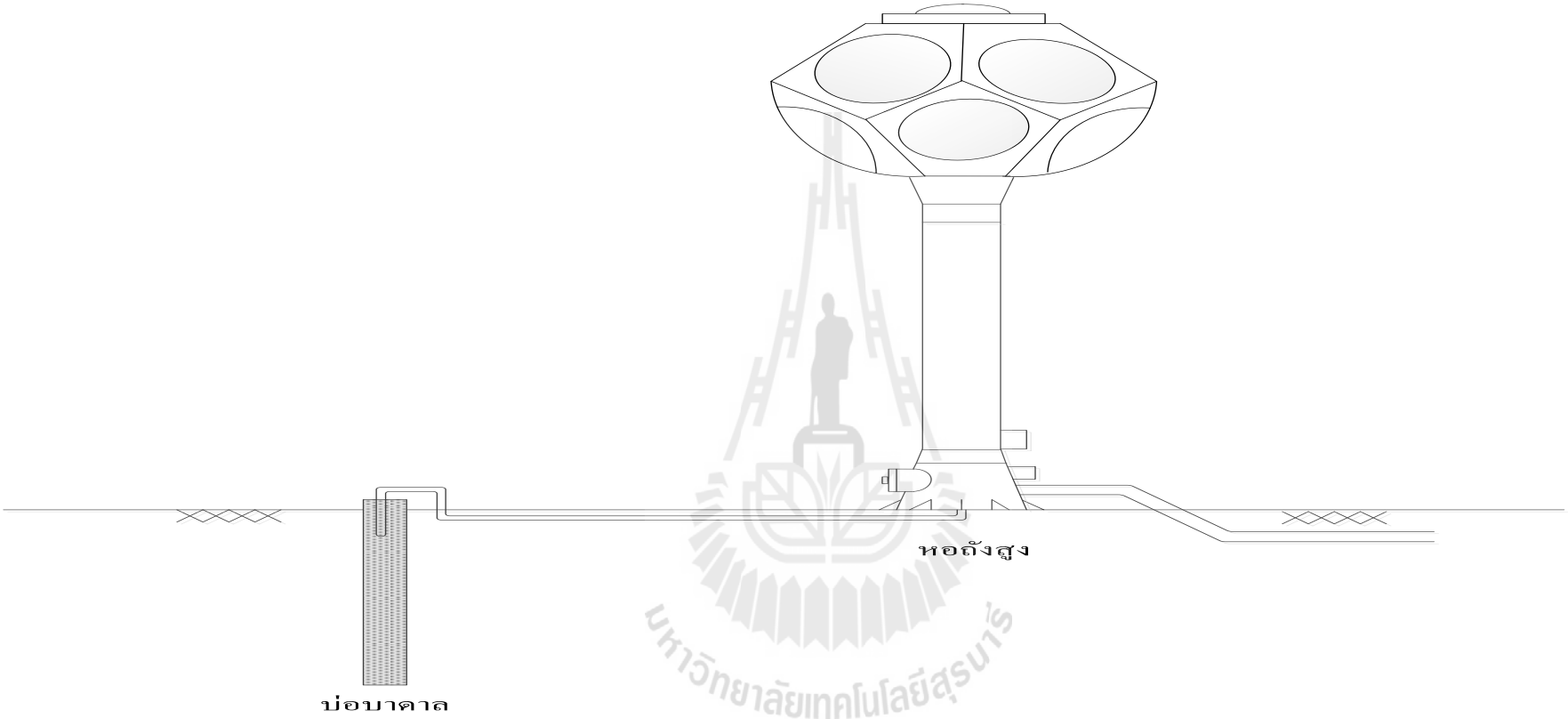
- ถังกรองสนิมเหล็กแบบกรองเร็ว มีรูปเป็นแบบทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.15 ม. สูง 1.20 ม.ระบบกรองแบบใช้แรงดันสามารถล้างย้อน (back wash) ตัวถังที่ควบคุมประตูน้ำทำหน้าที่ขจัดเหล็กและตะกอนต่างๆ จากบ่อน้ำใต้ดิน ความสามารถในการกรองไม่น้อยกว่า 7 ลบ.ม./ชม. ภายในบรรจุวัสดุ เช่น กรวดทราย และถ่านโค้ก และมีช่องเติมวัสดุกรอง สำหรับเปลี่ยนวัสดุกรอง ภายนอกติดตั้งอุปกรณ์ของประตูน้ำแบบบอลวาล์ว (ball valve)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมทรัพยากรธรณี พร้อมถังกรองสนิมเหล็ก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมทรัพยากรธรณี แบบไม่มีถังกรองสนิมเหล็ก

ระบบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย

- หอถังสูงเป็นหอถังเหล็กแบบทรงกลมขอบเหลี่ยม ด้านบนเป็นรูปทรงกลมขอบเหลี่ยม หรือเรียกว่า หอถังสูงทรงลูกกอล์ฟ บรรจุน้ำภายในตลอดตั้งแต่ฐานปริมาตร 12 ลูกบาศก์เมตร
- ท่อประธานจ่ายน้ำ ทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาจากหอถังสูงส่งไปให้ผู้ใช้น้ำโดยผ่านมาตรวัดน้ำ ท่อประธานจ่ายน้ำส่วนใหญ่จะเป็นท่อพีวีซี และท่อเหล็กอาบสังกะสี

2.5.4. ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประนครหลวง

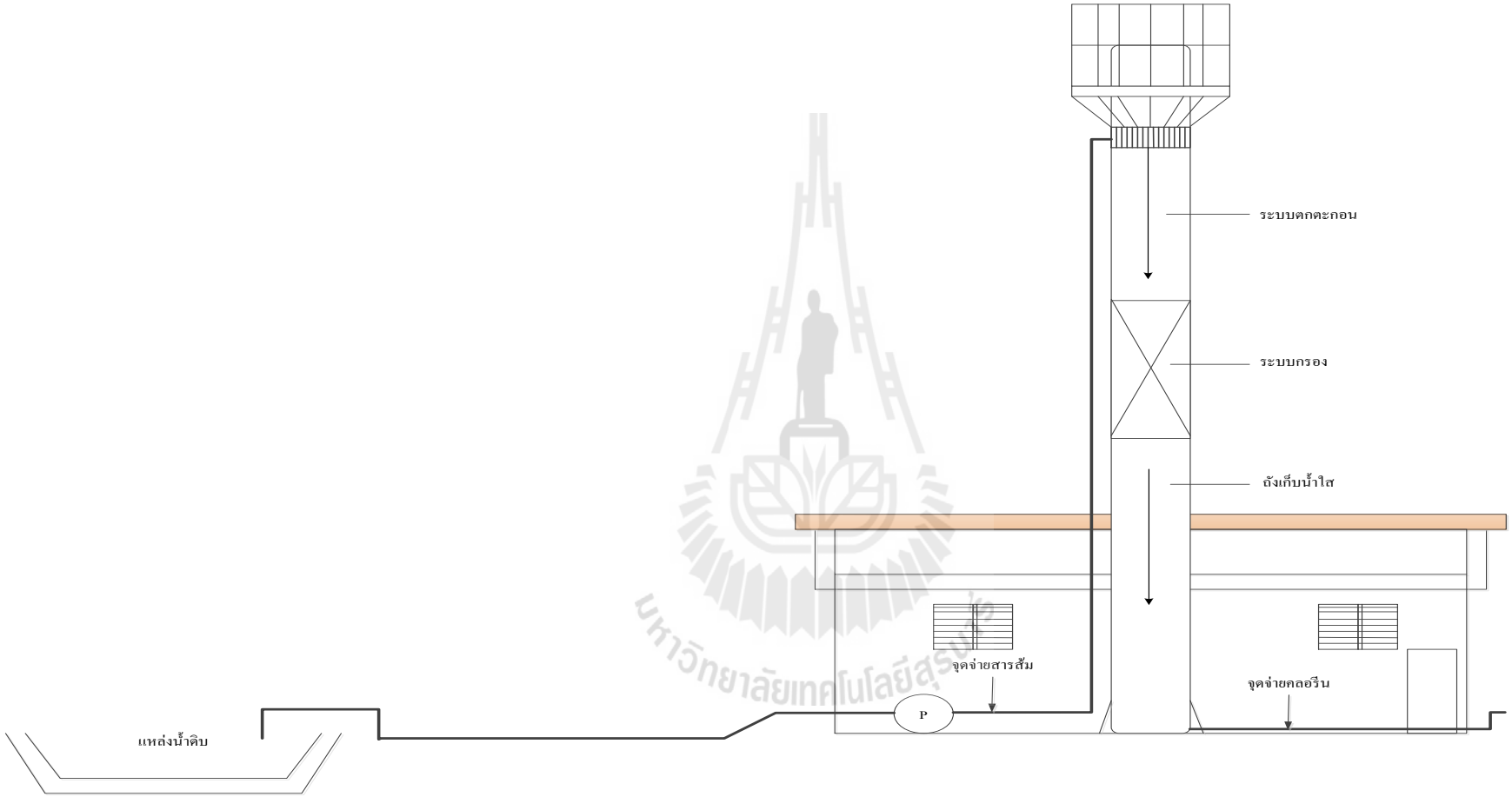
ระบบประปาแบบมาตรฐานกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นและการประปานครหลวงเป็นระบบประปาสำเร็จรูปที่รวมระบบการผลิตไว้ในชุดเดียวกัน ขั้นตอนและกระบวนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.13 น้ำดิบถูกสูบขึ้นถังสูงในระหว่างนั้นมีการเติมสารละลายสารส้มเข้าเส้นท่อ ตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ จะติดค้างที่ชั้นสารกรองภายในถัง ส่วนน้ำใสจะไหลผ่านชั้นสารกรองลงสู่ชั้นเก็บน้ำ และส่งจ่ายให้แก่ผู้ใช้น้ำ รูปแบบระบบประปานี้มีข้อดีในการลดพื้นที่ในการก่อสร้างระบบประปา สำหรับระบบประปาแบบผิวดินมีอัตราการผลิตตั้งแต่ 7 10 และ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง องค์ประกอบของระบบประปาประกอบด้วย

ระบบน้ำดิบ ประกอบด้วย

- แหล่งน้ำผิวดิน
- เครื่องสูบน้ำดิบ ใช้สำหรับสูบน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินส่งไปผลิตเป็นน้ำประปา เป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง อาจติดตั้งอยู่ในโรงสูบน้ำบนพื้นดิน
- ท่อส่งน้ำดิบ ใช้สำหรับเป็นท่อส่งน้ำจากแหล่งน้ำดิบมายังระบบผลิตประปา เป็นท่อพีวีซี

ระบบผลิตน้ำ ประกอบด้วย

- ระบบกวนเร็ว ออกแบบโดยใช้การกวนในเส้นท่อ (static mixer) สารละลายสารส้มและสารละลายปูนขาว จะถูกเติมเข้าเส้นท่อเพื่อให้ตะกอนน้ำดิบถูกทำลายเสถียรภาพ
- ระบบตกตะกอน
- ถังกรองน้ำ ทำรับน้ำจากระบบตกตะกอนด้านบน ประกอบด้วยสารกรองและทรายหยาบ ความหนารวมประมาณ 80 เซนติเมตร สารแขวนลอยจะติดค้างที่สาร



รูปที่ 2.13 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นและการประปานครหลวง

- กรอง ส่วนน้ำที่ผ่านการกรองจะไหลลงสู่ด้านล่างซึ่งเป็นชั้นเก็บน้ำหลังกรองต่อไป
- ระบบฆ่าเชื้อโรค ใช้การเติมสารละลายคลอรีนเข้าสู่เส้นท่อระหว่างที่ปล่อยน้ำให้กับผู้ใช้น้ำจากถังสูงสู่ท่อประธาน

ระบบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย

- ท่อประธานจ่ายน้ำ ทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาจากหอถังสูงส่งไปให้ผู้ใช้น้ำโดยผ่านมาตรวัดน้ำ ท่อประธานจ่ายน้ำส่วนใหญ่จะเป็นท่อพีวีซี และท่อเหล็กอาบสังกะสี

2.5.5. ระบบผลิตประปาหมู่บ้านตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ

ปัจจุบันสำนักบริหารจัดการน้ำกรมทรัพยากรน้ำกระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมถือเป็นหน่วยงานที่สนับสนุนภารกิจด้านจัดหาน้ำสะอาดให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นโดยได้ทำการปรับปรุงแบบมาตรฐานระบบประปาจากแบบกรมอนามัย ทั้งระบบประปาใต้ดิน และระบบประปาผิวดิน ซึ่งมีกระบวนการผลิตน้ำที่แตกต่างกัน แบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำแบ่งตามขนาดจำนวนครัวเรือนผู้ใช้น้ำ ดังนี้

แบบมาตรฐานระบบประปาใต้ดินขนาดเล็กมีกำลังในการผลิต 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจำนวนผู้ใช้น้ำ 30 – 50 หลังคาเรือนรายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำใต้ดิน 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงตอนล่างเป็นถังน้ำใสขนาด 14 ลูกบาศก์เมตรหอถังสูง 10 ลูกบาศก์เมตรเครื่องสูบน้ำใต้ดินพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุดระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่นๆเช่นท่อประธาน

แบบมาตรฐานระบบประปาใต้ดินขนาดกลางมีกำลังในการผลิต 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ50 - 120 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำใต้ดิน 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตอนล่างเป็นถังน้ำใส ขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 15 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำใต้ดินพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธาน

แบบมาตรฐานระบบประปาใต้ดินขนาดใหญ่ มีกำลังในการผลิต 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ121 – 300 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำใต้ดิน10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตอนล่างเป็นถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 30 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำใต้ดินพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธาน

แบบมาตรฐานระบบประปาใต้ดินขนาดใหญ่มีกำลังในการผลิต 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ301 - 700 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำใต้ดิน20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตอนล่างเป็นถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 45 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำใต้ดินพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธาน

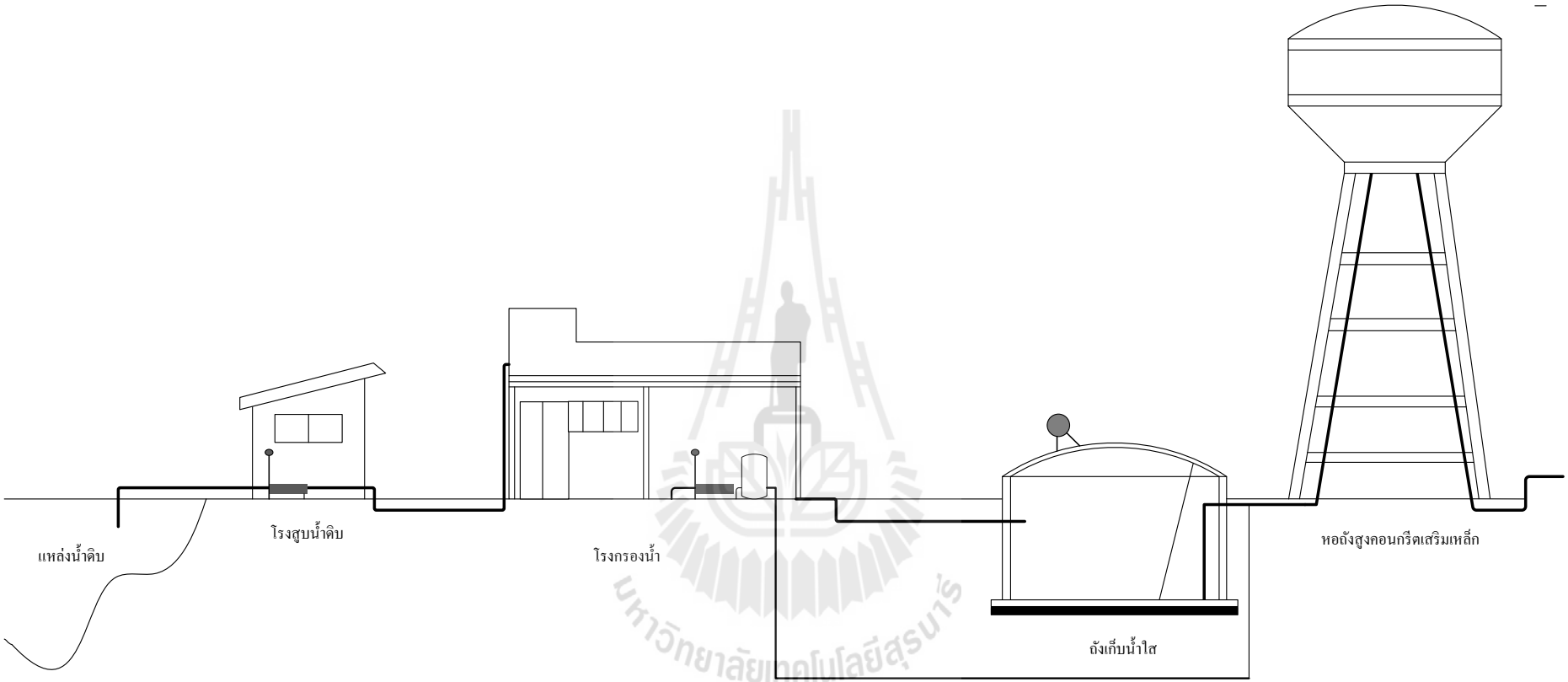
แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดกลาง มีกำลังในการผลิต5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ51 - 120 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำ ระบบกรองน้ำผิวดิน 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถังน้ำใส ขนาด 25 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 15 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุดระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธานจ่าย

แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่ มีกำลังในการผลิต10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ121 – 300 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำ ระบบกรองน้ำผิวดิน 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 30 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุดระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธานจ่าย

แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มาก มีกำลังในการผลิต 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ301 – 700 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำ ระบบกรองน้ำผิวดิน 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 45 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุดระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธานจ่าย

องค์ประกอบของระบบผลิตน้ำประปาผิวดินประกอบด้วยถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน และถังกรอง ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.14 รายละเอียดมีดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.14 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ

ระบบน้ำดิบ ประกอบด้วย

- แหล่งน้ำผิวดิน
- เครื่องสูบน้ำดิบ ใช้สำหรับสูบน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินส่งไปผลิตเป็นน้ำประปา โดยส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง อาจติดตั้งอยู่ในโรงสูบน้ำบนพื้นดิน หรือติดตั้งในโรงสูบแพลอยแล้วแต่ความเหมาะสม
- ท่อส่งน้ำดิบ ใช้สำหรับเป็นท่อส่งน้ำจากแหล่งน้ำดิบมายังระบบผลิตประปา โดยส่วนมากจะใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี

ระบบผลิตน้ำ ประกอบด้วย

- ระบบกวนเร็ว ออกแบบโดยใช้ไฮโดรลิคจั๊ม และจะจ่ายสารละลายสารส้มและสารละลายปูนขาว เข้าผสมกับน้ำดิบที่ไหลผ่านไฮโดรลิคจั๊ม และเพื่อให้ตะกอนน้ำดิบถูกทำลายเสถียรภาพ
- ระบบกวนช้า ออกแบบโดยใช้คลองวนเวียน ทำหน้าที่กวนน้ำดิบเพื่อให้น้ำที่ถูกผสมด้วยสารละลายสารส้มและสารละลายปูนขาวแล้ว ไหลผ่านคลองวนเวียนเพื่อให้ตะกอนของน้ำดิบรวมตัวกันมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น
- ถังตกตะกอน ทำหน้าที่รับน้ำจากระบบรวมตะกอน ความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าถังตกตะกอนจะลดลง จึงทำให้ตะกอนน้ำดิบที่มีน้ำหนัก ตกตะกอนลงก้นถัง
- ถังกรองน้ำ ทำหน้าที่รับน้ำจากถังตกตะกอน ภายในถังกรองจะบรรจุทรายกรองและกรวดกรองเรียงเป็นชั้น ๆ เพื่อทำหน้าที่ช่วยในการกรองตะกอนความขุ่นขนาดเล็กของน้ำดิบที่หลุดมาจากถังตกตะกอนให้ติดค้างบริเวณชั้นทรายกรอง
- ระบบฆ่าเชื้อโรค ใช้การเติมสารละลายคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อโรคในระบบประปาสารละลายคลอรีนถูกเตรียมผสมในถังพลาสติก (PE) ซึ่งทั้งตัวถังและปั๊มสูบจ่ายจะติดตั้งภายในอาคารตั้งเครื่องสูบน้ำ ด้านล่างของโรงกรองน้ำ
- ถังน้ำใส ทำหน้าที่กักเก็บน้ำที่ผ่านจากถังกรองน้ำมาเก็บไว้ในถังน้ำใสเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ความจุขนาด 25 และ 100 ลูกบาศก์เมตร ตามขนาดของระบบประปา

ระบบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย

- เครื่องสูบน้ำดี ใช้สำหรับสูบน้ำจากถังน้ำใสขึ้นหอถังสูง เป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งเช่นเดียวกับเครื่องสูบน้ำดิบ
- หอถังสูง เป็นหอถังสูงคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถจุน้ำได้ตั้งแต่ 15 30 และ 45 ลูกบาศก์เมตร ขึ้นกับขนาดของระบบประปา
- ท่อประธานจ่ายน้ำ ทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาจากหอถังสูงส่งไปให้ผู้ใช้น้ำโดยผ่านมาตรวัดน้ำ ท่อประธานจ่ายน้ำส่วนใหญ่เป็นท่อเหล็กอาบสังกะสี

ระบบผลิตประปาแบบใต้ดินประกอบด้วยถังเติมอากาศ ถังกรอง และระบบฆ่าเชื้อโรค ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาแสดงในรูปที่ 2.15 องค์ประกอบต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

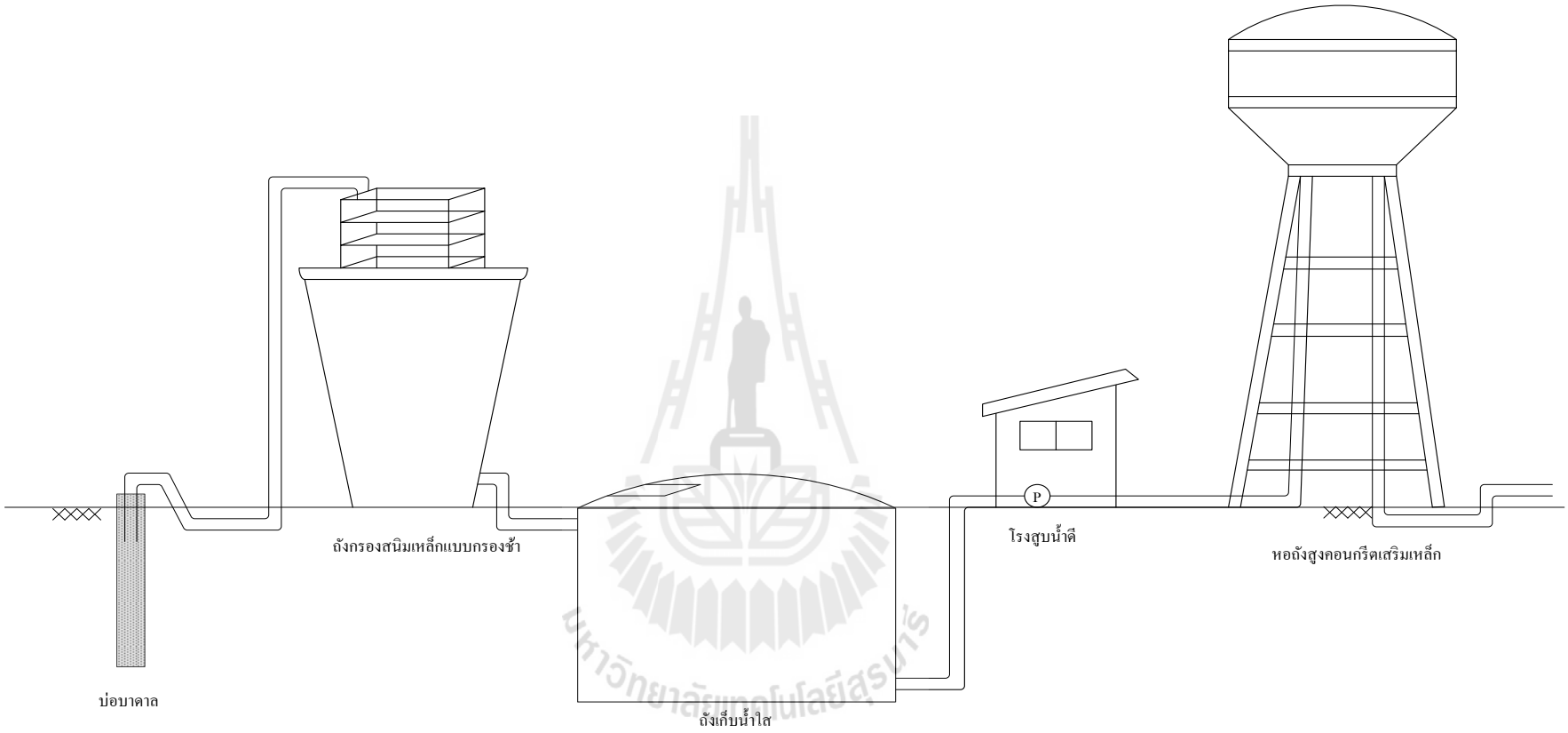
ระบบน้ำดิบประกอบด้วย

- บ่อน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำที่เกิดจากน้ำฝนหรือน้ำผิวดินไหลซึมลงสู่ใต้ดิน และมักจะละลายเอาแร่ธาตุเจือปนลงไปด้วยดังนั้นบ่อน้ำใต้ดินแต่ละแห่งจะมีคุณภาพน้ำดิบและปริมาณที่แตกต่างกัน
- เครื่องสูบน้ำดิบใช้สำหรับสูบน้ำจากบ่อน้ำใต้ดินส่งไปผลิตเป็นน้ำประปา โดยเครื่องสูบน้ำจะติดตั้งอยู่ภายในบ่อใต้ดินตัวเครื่องสูบน้ำจะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำและมอเตอร์ไฟฟ้าน้ำจะถูกสูบผ่านตามท่อเข้าสู่ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยเครื่องสูบน้ำใต้ดินจะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบจมใต้น้ำ
- ท่อส่งน้ำดิบใช้สำหรับเป็นท่อส่งน้ำจากบ่อน้ำใต้ดินมายังระบบผลิตประปา โดยส่วนมากใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี

ระบบผลิตน้ำประกอบด้วย

- ระบบเติมอากาศ มีลักษณะเป็นถาดทำจากอะลูมิเนียมวางเรียงเป็นชั้น ๆ ทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ให้น้ำดิบสัมผัสกับอากาศเพื่อให้เหล็กที่ละลายในน้ำจับตัวเป็นตะกอนสนิมเหล็ก และเป็นตัวกระจายน้ำบนถังกรอง ภายในถาดแต่ละชั้นใส่ถ่านหุงต้มเพื่อทำหน้าที่ดูดกลิ่น
- ถังกรองสนิมเหล็กระบบกรองช้า (slow sand filter) ทำหน้าที่รับน้ำจากระบบเติมอากาศ ภายในถังกรองบรรจุกรวดทรายเป็นชั้น ๆ จากด้านล่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.15 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบใต้ดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ

ถึงด้านบนตามลำดับเพื่อกรองสนิมเหล็กหรือตะกอนดินทรายออกจากน้ำใต้ดิน และเชื้อโรคบางส่วนออกจากน้ำดิบ

- ระบบฆ่าเชื้อโรค ใช้การเติมสารละลายคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อโรคในระบบประปา
- ถังน้ำใส ทำหน้าที่กักเก็บน้ำที่ผ่านจากถังกรองน้ำมาเก็บไว้ในถังน้ำใสเป็นถังคอนกรีต

ระบบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย

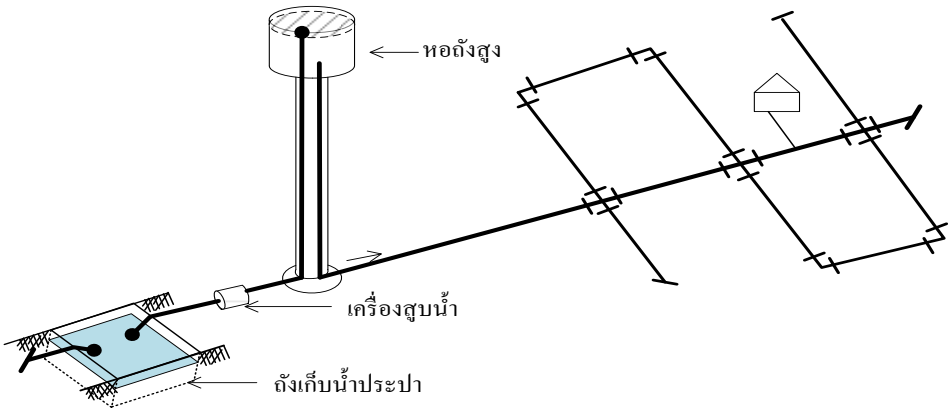
- เครื่องสูบน้ำดี ใช้สำหรับสูบน้ำจากถังน้ำใสขึ้นหอถังสูง เพื่อจ่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำ จะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง
- หอถังสูงเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็ก มีขนาดความจุน้ำ 10 -30 ลูกบาศก์เมตร
- ท่อประธานจ่ายน้ำ ทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาจากหอถังสูงส่งไปให้ผู้ใช้น้ำโดยผ่านมาตรวัดน้ำ ท่อประธานจ่ายน้ำส่วนใหญ่จะเป็นท่อพีวีซี และท่อเหล็กอาบสังกะสี

2.6 รูปแบบของระบบส่งจ่ายน้ำสะอาด

น้ำประปาที่ผลิตขึ้นจะถูกเก็บกักไว้ในถังน้ำใส จากนั้นจึงส่งจ่ายด้วยท่อประปาตั้งแต่โรงผลิตน้ำประปา ไปยังชุมชนหรือพื้นที่ให้บริการทั่วทุกอาคาร วิธีการแจกจ่ายน้ำประปามีด้วยกันได้หลายวิธี ซึ่งอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือใช้หลายวิธีในระบบแจกจ่ายหนึ่ง ๆ ก็ได้ ขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่นั้นหรือปัจจัยอื่น ๆ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2541) โดยระบบส่งจ่ายน้ำประปาประกอบด้วยความดันเริ่มต้น (pressure head) เพื่อให้น้ำประปาสามารถไหลไปตามท่อและเหลือความดันเพียงพอสำหรับพื้นที่รับบริการซึ่งอยู่ไกลสุดได้ พลังงานนี้อาจได้มาจากเครื่องสูบน้ำหรือจากแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity force) หรือทั้งสองอย่างประกอบกัน (อุดร จารุรัตน์ และจารุรัตน์ วรนิสรากุล, 2545) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.6.1. วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Flow)

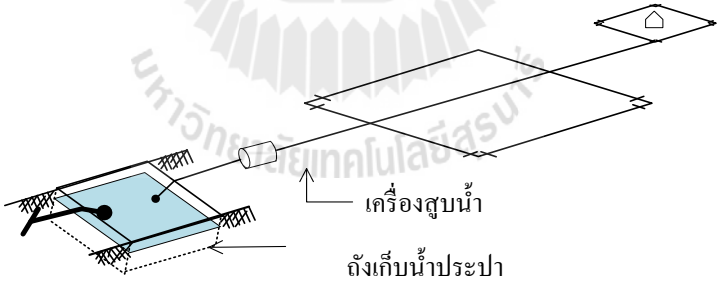
ระบบส่งจ่ายน้ำวิธีนี้อาศัยหลักการว่า ระดับน้ำจากระบบผลิตน้ำอยู่สูงกว่าชุมชนที่มากพอทำให้น้ำประปาไหลไปตามท่อประปาได้เป็นอย่างดี คือมีทั้งความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่ออย่างเหมาะสมไม่มากหรือน้อยจนเกินไป วิธีนี้โดยมากจะอาศัยความสูงของระดับพื้นดินปกติ และหอถังสูง เพื่อเป็นจุดปล่อยน้ำประปาเพื่อแจกจ่ายไปรอบ ๆ พื้นที่บริการ ดังแสดงในรูปที่ 2.16 ข้อดีของวิธีนี้คือในช่วงที่เกิดกระแสไฟฟ้าดับ ระบบแจกจ่ายน้ำประปาแบบนี้จะยังคงสามารถจ่ายน้ำได้ช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดความจุของหอถังสูง อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ และตัดปัญหาเรื่องการชำรุดและซ่อมแซมเครื่องสูบน้ำซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยสำหรับระบบผลิตประปาทั่วไป



รูปที่ 2.16 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้หอถังสูง

2.6.2. วิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง (Direct Pumping)

วิธีนี้อาศัยเพียงเครื่องสูบน้ำ โดยทำการสูบน้ำจากถังน้ำใสแล้วอัดเข้าท่อประธานของระบบโดยตรง ความเร็วของน้ำไหล และความดันของน้ำภายในท่อถูกควบคุมโดยเครื่องสูบน้ำและขนาดท่อประธานที่ออกแบบไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.17การสูบจ่ายน้ำโดยตรงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับประปาชุมชนขนาดใหญ่และมีระบบท่อจ่ายน้ำยาวมาก ซึ่งการใช้หอถังสูงส่งน้ำจะมีความดันไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามการจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีนี้อาจมีความดันภายในท่อประธานไม่คงที่มีการแปรเปลี่ยนบ่อยครั้ง ถ้ากระแสไฟฟ้าดับจะไม่สามารถแจกจ่ายน้ำประปาไปตามพื้นที่บริการได้เลยในทันที

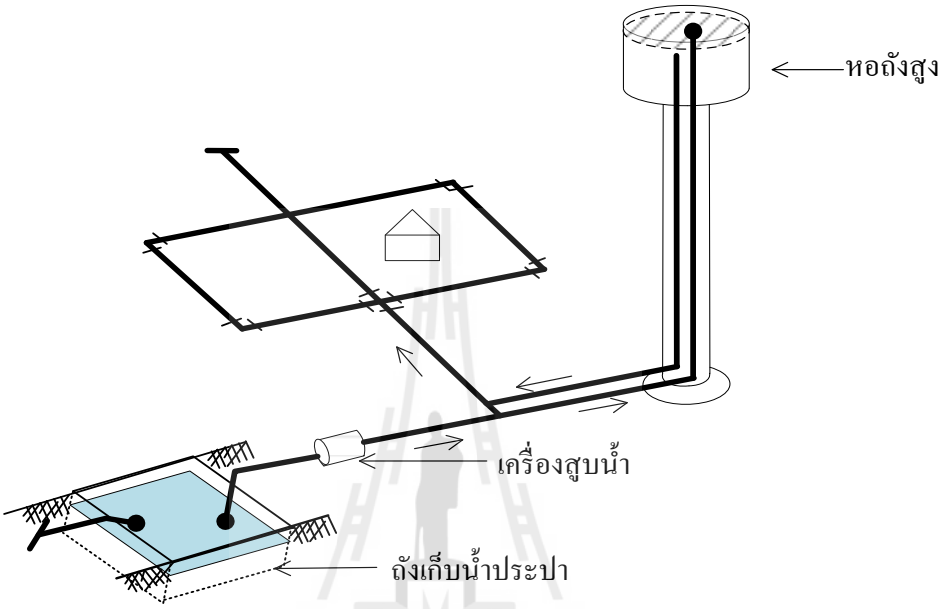


รูปที่ 2.17 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง

2.6.3. วิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้หอถังสูงร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ

วิธีนี้เป็นนำวิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้หอถังสูงและวีสูบจ่ายน้ำโดยตรงมาใช้ร่วมกันดังแสดงในรูปที่ 2.18 ในการแจกจ่ายน้ำประปาจะอาศัยทั้งเครื่องสูบน้ำสูบจ่ายไปยังท่อประธาน ขณะเดียวกันอีก ณ ตำแหน่งจะมีหอถังสูงทำหน้าที่แจกจ่ายน้ำประปาไปด้วย ข้อดีของวิธีนี้ คือสามารถแจกจ่ายน้ำประปาด้วยปริมาณมาก ๆ ได้ ทั้งจากเครื่องสูบน้ำและหอถังสูงพร้อม ๆ กัน ในช่วงเวลาที่มีการใช้น้ำน้อย น้ำส่วนเกินจะไหลขึ้นไปเก็บบนถังสูง หรืออาจเลือกวิธีแจกจ่ายน้ำไปยังท่อประธานได้ คืออาจจ่ายด้วยเครื่องสูบน้ำอย่างเดียวหรือใช้หอถังสูง

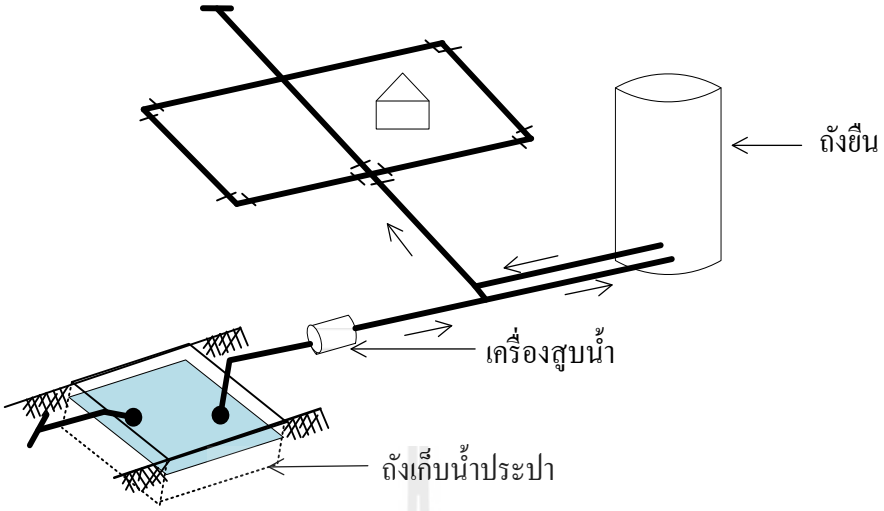
อย่างเดียวก็ได้ ช่วงเวลาที่มีการใช้น้ำมาก การสูญเสียความดัน (loss of head) จะลดลงประมาณหนึ่งในสี่ของการสูญเสียจากระบบที่ใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเดียว อีกทั้งวิธีนี้จะส่งผลให้เครื่องสูบน้ำทำงานด้วยอัตราคงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ และการทำงานจะเต็มตามประสิทธิภาพของเครื่อง ซึ่งเป็นการใช้งานที่คุ้มค่าและประหยัด



รูปที่ 2.18 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้หอถังสูงร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ

2.6.4. วิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้ถังยืนร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ

การใช้ถังยืน ซึ่งเป็นถังเก็บน้ำที่มีความสูงน้อยกว่าหอถังสูงแต่เก็บน้ำได้มากกว่า นิยมใช้ในบริเวณที่เป็นเนิน เพื่ออาศัยข้อได้เปรียบจากความสูงของเนอนแทนขาของหอถังสูง มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับวิธีหอถังสูงร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้ถังยืนร่วมกันกับเครื่องสูบน้ำ

2.7 เกณฑ์การออกแบบระบบหน่วยการบำบัดในระบบผลิตประปา

ระบบประปาชุมชนโดยทั่วไปมีหน่วยการบำบัดประกอบด้วยถังเติมอากาศ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน และถังกรอง ซึ่งสามารถสรุปเกณฑ์การออกแบบของหน่วยการบำบัด ดังกล่าวตามแบบมาตรฐานของหน่วยงานต่าง ๆ โดยแบ่งเป็นระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน และแบบผิวดิน ดังแสดงในตารางที่ 2.8 และ 2.9 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.8เกณฑ์การออกแบบระบบหน่วยการบำบัดในระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน

หน่วยการบำบัด	รูปแบบ	เกณฑ์การออกแบบ	กรมโยธาธิการ	รพช.	กรมทรัพยากรธรณี	กรมทรัพยากรน้ำ
ถังเติมอากาศ	แบบถาด	- จำนวนชั้น - ระยะห่างของถาด - พื้นที่ถาด	6 ชั้น 24 ซม. 40.5 ตร.ม.	6 ชั้น 24 ซม. 40.5 ตร.ม.	1 - 0.16 ตร.ม.	3-9 ชั้น 30-75 ซม. 80-240 ตร.ม./ลบ.ม./ชม.
ถังกรอง	กรองช้า ใช้แรงดัน	อัตรากรองน้ำ อัตรากรองน้ำ	- -	- -	- -	.4-6 ลบ.ม./ตร.ม./ชม. -

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.9เกณฑ์การออกแบบระบบหน่วยการบำบัดในระบบผลิตประปาแบบผิวดิน

หน่วยการบำบัด	รูปแบบ	เกณฑ์การออกแบบ	รพช.	กรมทรัพยากรน้ำ	แบบกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประปานครหลวง
ถังเติมอากาศ	แบบถาด	- จำนวนชั้น - ระยะห่างของถาด - พื้นที่ถาด	3 24 ซม. 40.5 ตร.ม.	- - -	- - -
ถังกวนเร็ว	ไฮดรอลิคจั๊ม	ความเร็วแกรเดียนท์ ระยะเวลาเก็บกัก	- -	- 20-50 วินาที	- -
ถังกวนช้า	คลองวนเวียน	ความเร็วแกรเดียนท์ ความเร็วของน้ำ ระยะเวลาเก็บกัก	- - -	40-90 วินาที$^{-1}$ 0.1-0.2 ม./วินาที 15-20 นาที	- - -
ถังตกตะกอน	แบบกลม แบบเหลี่ยม	ความลึกของน้ำในถัง ระยะเวลาเก็บกัก ความลึกของน้ำ ความกว้าง : ความยาว	2.85ม. - - -	- 2-4 ชม. 3-4 ม. 1:3-5	0.8 ม. - - -
ถังกรอง	กรองช้า	อัตรากรองน้ำ	-	4-6 ลบ.ม./ตร.ม./ชม.	3-6 ลบ.ม/ตร.ม./ชม.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.8 เกณฑ์การออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำสะอาด

ระบบส่งจ่ายน้ำสะอาดแบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่องตลอดเวลา และระบบจ่ายน้ำแบบเดิน ๆ หยุด ๆ ที่อาจมีการจ่ายน้ำประปาเพียง 2-3 ชั่วโมง ในแต่ละวัน หรือจ่ายน้ำเฉพาะช่วงเช้าและเย็น ระบบส่งจ่ายน้ำสะอาดประกอบด้วยถังกักเก็บน้ำประปา เครื่องสูบน้ำดี หอถังสูง และท่อประธาน สามารถสรุปเกณฑ์การออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 เกณฑ์การออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำสะอาด

ส่วนประกอบ	เกณฑ์การออกแบบ	เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2541)	กรมทรัพยากรน้ำ
ถังเก็บน้ำ	ความจุ	-	4-6 ชม. ของกำลังการผลิต
เครื่องสูบน้ำดี	อัตราการสูบ	-	เท่ากับอัตราการผลิต
หอถังสูง	ความจุ	5-250 ลบ.ม.	1-3 ชม. ของกำลังการผลิต
	ความสูง	10-30 ม.	-
ท่อประธาน	ความดัน	15-30 ม.น้ำ	0.5 กก./ตร.ซม.
	ความเร็วน้ำ	0.9-1.8 ม./วินาที	<1.8 ม./วินาที

ปัจจุบันการวิเคราะห์โครงข่ายระบบส่งจ่ายน้ำประปาเพื่อออกแบบหรือประเมินสภาพการใช้งานในปัจจุบันนิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเนื่องจากสะดวกในการคำนวณ และสามารถตรวจสอบความผิดพลาดและแก้ไขข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบได้ง่าย แบบจำลองที่นิยมใช้ คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ EPANET ซึ่งเป็นแบบจำลองพฤติกรรมทางด้านชลศาสตร์ที่ถูกพัฒนาโดยสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency : EPA) สามารถใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ใช้ได้กับชุมชนที่มีขนาดใหญ่ (Vieira and Ramos et al., 2009) จึงได้รับความนิยมมากในการวิเคราะห์โครงข่ายระบบส่งจ่ายน้ำประปา ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย จุดเชื่อมต่อ (node) เครื่องสูบน้ำ วาล์ว และถังหรืออ่งเก็บน้ำ โปรแกรม EPANET จะสามารถประมวลผลออกมาในรูปของอัตราการไหลของน้ำในแต่ละเส้นท่อ แรงดันที่จุดเชื่อมต่อแต่ละจุด และความสูงของน้ำในถังเก็บน้ำ (ทรงพล ประโยชน์มี, พนมชัย วีระยุทธศิลป์และกัลยกร ขวัญมา, 2554) นอกจากนี้ยังมีแบบจำลองต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบโครงข่ายระบบแจกจ่ายน้ำอีกมากมายทั้งที่พัฒนาจากแบบจำลอง EPANET หรืออื่น ๆ (Coelho and Campos et al., 2014)

เพื่อให้ผลการวิเคราะห์โครงข่ายระบบส่งจ่ายน้ำมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จึงได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) มาประยุกต์ใช้งานควบคู่กัน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะช่วยในการจับภาพ การวิเคราะห์ และใช้ในการอ้างอิงข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีคุณภาพ และสามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้มากขึ้น ดังนั้นจึงช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเลือกการออกแบบโครงข่ายระบบส่งจ่ายน้ำที่ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด การวิเคราะห์โครงข่ายระบบส่งจ่ายน้ำด้วยแบบจำลอง

ร่วมกับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำให้สามารถคำนวณความยาวท่อได้โดยอัตโนมัติ แผนที่มีความละเอียดมากขึ้น ประสิทธิภาพในการปรับปรุงระบบดีขึ้น สามารถเห็นภาพในมัมมองระดับความสูง และคำนวณความต้องการได้

อย่างไรก็ตามในการออกแบบโครงข่ายระบบแจกจ่ายน้ำจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้และเหมาะสมมากที่สุด(design optimization) เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทั้งด้านเศรฐศาสตร์และประสิทธิภาพของระบบแจกจ่ายน้ำที่มีความน่าเชื่อถือ ระบบประปาที่ไม่มีความเหมาะสมทางโครงข่ายระบบส่งจ่ายน้ำย่อมไม่สามารถรองรับความต้องการน้ำของประชาชน หรืออุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้นได้ ในการพัฒนาแบบจำลองการประเมินค่าการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดต้องประกอบด้วยแผนผังท่อและขนาด ตำแหน่งและความจุของถังเก็บน้ำ ตำแหน่ง ชนิด ความจุและตารางการทำงานของปั๊ม และตำแหน่ง ชนิด และการติดตั้งวาล์ว นอกจากนี้ยังควรพิจารณาถึงภาระความต้องการด้านต่าง ๆ ความน่าเชื่อถือ ความไม่แน่นอน และคุณภาพน้ำด้วย (Amitand Ramachandran et al., 2009)

Ostfeld and Tubaltzer et al., (2008) แบ่งแบบจำลองการหาค่าการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดออกเป็น 6 ประเภท ตามวิธีการใช้งาน ได้แก่ 1) แบบแยกส่วน (Decomposition) 2) การจำลองสถานการณ์และวิธีแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Simulation and Nonlinear Programming) 3) วิธีแบบเชิงเส้น (Nonlinear Programming) 4) วิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary/Meta-heuistic) 5) วิธีแบบหลายวัตถุประสงค์(Muti objective Evolutionary)และ 6) วิธีอื่น ๆ เช่น Integer Programming และ Dynamic Programming

2.9 การควบคุมระบบผลิตประปา

ระบบประปาเป็นระบบที่ต้องมีการบำรุงรักษาตลอดเวลา ตั้งแต่แหล่งน้ำดิบจนถึงระบบท่อส่งและสูบจ่าย ระบบประปาที่มีขนาดเล็กอาจใช้เพียงแรงงานคนในการตรวจสอบระบบได้ทั้งหมด แต่ระบบประปาที่มีขนาดใหญ่การใช้แรงงานคนเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด ดังนั้นการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้งานจึงไม่เพียงแต่มีบทบาทสำคัญต่อการหาค่าเหมาะสมในการออกแบบโครงข่ายระบบส่งจ่ายน้ำเท่านั้น ยังสำคัญกับการหาค่าที่เหมาะสมในการควบคุมระบบอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ได้รับผลตอบแทนสูงสุด ในขณะที่ผลกระทบจากปัญหาต่าง ๆ ก็ลดน้อยลง การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีมีบทบาทต่อการควบคุมระบบประปาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ระบบเครื่องสูบน้ำ การควบคุมการทำงานแบบทันที (Real-time operation) และการคาดการณ์ความต้องการน้ำ ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาค่าการควบคุมระบบที่เหมาะสมนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ วิธีเชิงเส้น (Linear programming) และ วิธีไม่เชิงเส้น วิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายคือ วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetics Algorithms : GA) ซึ่งเป็นวิธีแบบไม่เชิงเส้น เนื่องจากวิธีนี้สามารถหาค่าที่เหมาะสมที่ใกล้เคียงค่าที่แท้จริงได้

2.9.1. ระบบเครื่องสูบน้ำ

การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำถือเป็นเรื่องที่สำคัญเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิตน้ำประปามากกว่าร้อยละ 50 เป็นค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งมากกว่า

ร้อยละ 95 ของค่ากระแสไฟฟ้าเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องสูบจ่ายน้ำ ประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มที่ดีจะทำให้ช่วยลดค่ากระแสไฟฟ้า และช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำด้วย (Europump and the US Department of Energy, 2004) ประกอบด้วย การทำงานของเครื่องสูบน้ำไม่มีประสิทธิภาพ (Inefficient Pumps)การจัดกลุ่มทำงานของเครื่องสูบน้ำไม่เหมาะสม (Inefficient Pump Combinations)และการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำไม่เหมาะสม (Inefficient Pump Scheduling) (Coelho and Campos et al., 2014) การลดการใช้พลังงานให้ได้มากควรทำการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำให้เหมาะสม ซึ่งต้องใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมในการควบคุมระบบ เครื่องสูบน้ำสามารถควบคุมได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงของแรงดันดูด(suction pressure) หรือการกำหนดเวลา โดยส่วนมากการทำงานของเครื่องสูบน้ำจะกำหนดด้วยระดับน้ำในถังเก็บน้ำ หรือเรียกว่า “ระบบลูกลอย” กล่าวคือ เมื่อระดับน้ำในถังเก็บน้ำลดลงสวิทช์ควบคุมการทำงานจะเปิดให้เครื่องสูบน้ำทำงาน และในทางกลับกันเมื่อระดับน้ำในถังเก็บน้ำสูงขึ้นสวิทช์ควบคุมการทำงานก็จะปิดลง เครื่องสูบน้ำจึงหยุดทำงาน วิธีนี้เหมาะกับชุมชนที่มีการใช้น้ำแบบไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง (Coelho and Campos et al., 2012)

2.9.2. การควบคุมการทำงานแบบทันที

การควบคุมการทำงานแบบทันทีหรือแบบอัตโนมัติ คือการนำระบบ SCADA (Supervisory Control and Data Acquistion) มาควบคุมระบบผลิตประปา และติดตามตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ วาล์ว ถังเก็บน้ำ เป็นต้น ข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะถูกส่งผ่านโครงข่ายการสื่อสารและอุปกรณ์สื่อสารไปยังคอมพิวเตอร์แสดงผลข้อมูล ดังนั้นอุปกรณ์หลักของระบบ SCADA ประกอบด้วย ข้อมูลการทำงานของระบบ ระบบการสื่อสาร อุปกรณ์แสดงผลข้อมูล และระบบควบคุม การนำระบบ SCADA มาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการประปาจะทำให้สามารถควบคุมกระบวนการต่างๆในการผลิตและจ่ายน้ำประปามีคุณภาพและรวดเร็วมากขึ้น ทำให้สามารถยกระดับความเชื่อมั่นในระบบผลิตและระบบควบคุมการผลิตน้ำประปา ควบคุมปริมาณการผลิต ควบคุมคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ที่เฝ้าระวัง อัตราการไหล แรงดันและระดบน้ำในเส้นท่อได้ควบคุมระบบผลิตเครื่องจักรวาล์วในระบบผลิต และระบบจ่ายน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นกลไกช่วยให้ผู้ควบคุมเปลี่ยนแปลงการผลิตให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสามารถควบคุมการสูบน้ำดิบ การกรอง การจ่ายน้ำ เครื่องสูบน้ำ เครื่องจ่ายสารเคมี และความปลอดภัยได้

2.9.3. การคาดการณ์ความต้องการน้ำใช้

นอกจากการควบคุมระบบการทำงานของระบบผลิตน้ำประปาแล้ว การผลิตน้ำยังต้องคำนึงถึงความพอเพียงของน้ำต่อความต้องการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ ปริมาณความต้องการใช้น้ำแปรเปลี่ยนตามช่วงเวลาในระหว่างวัน และฤดูกาล (Coelho and Campos et al., 2014) การควบคุมการผลิตน้ำควรเหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ เช่น ช่วงที่ไม่มีผู้ใช้น้ำให้ลดการผลิตน้ำให้น้อยลงเหลือเท่าที่จำเป็นสำรองไว้ใช้ การพิจารณาความต้องการใช้น้ำมักใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละวัน ปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดในหนึ่งวัน ช่วงเวาที่มีการใช้น้ำสูงสุด และบันทึกวันที่เคยมีการใช้น้ำมากที่สุด (Walski, Chase and Savic et al., 2001) ข้อมูลการใช้น้ำ

สามารถเก็บบันทึกข้อมูลได้หลายรูปแบบ เช่น อัตราการไหล ปริมาตรน้ำ และระดับความสูง ข้อมูลเหล่านี้ควรจัดเก็บไว้เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์แบบจำลองทางชลศาสตร์

2.10 การประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตประปา

ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic cost) หมายถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการผลิต ทั้งรายจ่ายที่เห็นชัดเจนว่ามีการจ่ายจริงและรายจ่ายที่มองไม่เห็นชัดเจนหรือไม่ต้องจ่ายจริง สำหรับต้นทุนในการผลิตน้ำประปา คือค่าใช้จ่ายทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่เป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตน้ำประปา กล่าวคือ ไม่ว่าจะผลิตปริมาณมาก ปริมาณน้อย หรือไม่ผลิตเลย ก็จะเสียค่าใช้จ่ายในจำนวนที่คงที่ ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อที่ดิน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ค่าครุภัณฑ์เครื่องสูบน้ำ เครื่องจ่ายสารละลายคลอรีน ค่าจ้างดูแล และค่าเสื่อมราคา ส่วนต้นทุนผันแปร หมายถึงค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตน้ำประปา ถ้ามีการผลิตน้ำประปาในปริมาณมาก ต้นทุนในส่วนนี้ก็จะมากขึ้นด้วย ต้นทุนผันแปรในการผลิตน้ำประปา ประกอบด้วย ค่าสารเคมี ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษา

กรณีศึกษาศักยภาพระบบผลิตน้ำประปาของกิจการประปากระฉอด ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (ขัตตยรัตน์สงวนสัตย์, 2554)ในการวิเคราะห์ต้นทุนโครงการก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปาใหม่ ที่มีอัตราการผลิต 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีรายละเอียดดังนี้

- ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย
  - ค่าจ้าง : ผู้ดูแลระบบประปา ผู้จัดทำบัญชี ผู้เก็บค่าน้ำประปา
  - ค่าเสื่อมราคา : อาคารโรงสูบน้ำ และ ค่าครุภัณฑ์เครื่องสูบน้ำ เครื่องจ่ายสารละลายคลอรีน โดยนำราคาการก่อสร้าง หรือราคาครุภัณฑ์หารด้วยอายุการใช้งาน
- ต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย
  - ค่าไฟฟ้า คิดเป็นราคา 1.48 บาทต่อลูกบาศก์เมตร
  - ค่าสารเคมี
  - ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ประกอบด้วย ท่อประปา มาตรวัดน้ำ อะไหล่มาตรวัดน้ำ อะไหล่ครุภัณฑ์ วัสดุดำเนินการซ่อมบำรุงอื่น ๆ รวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตามรอบระยะเวลา

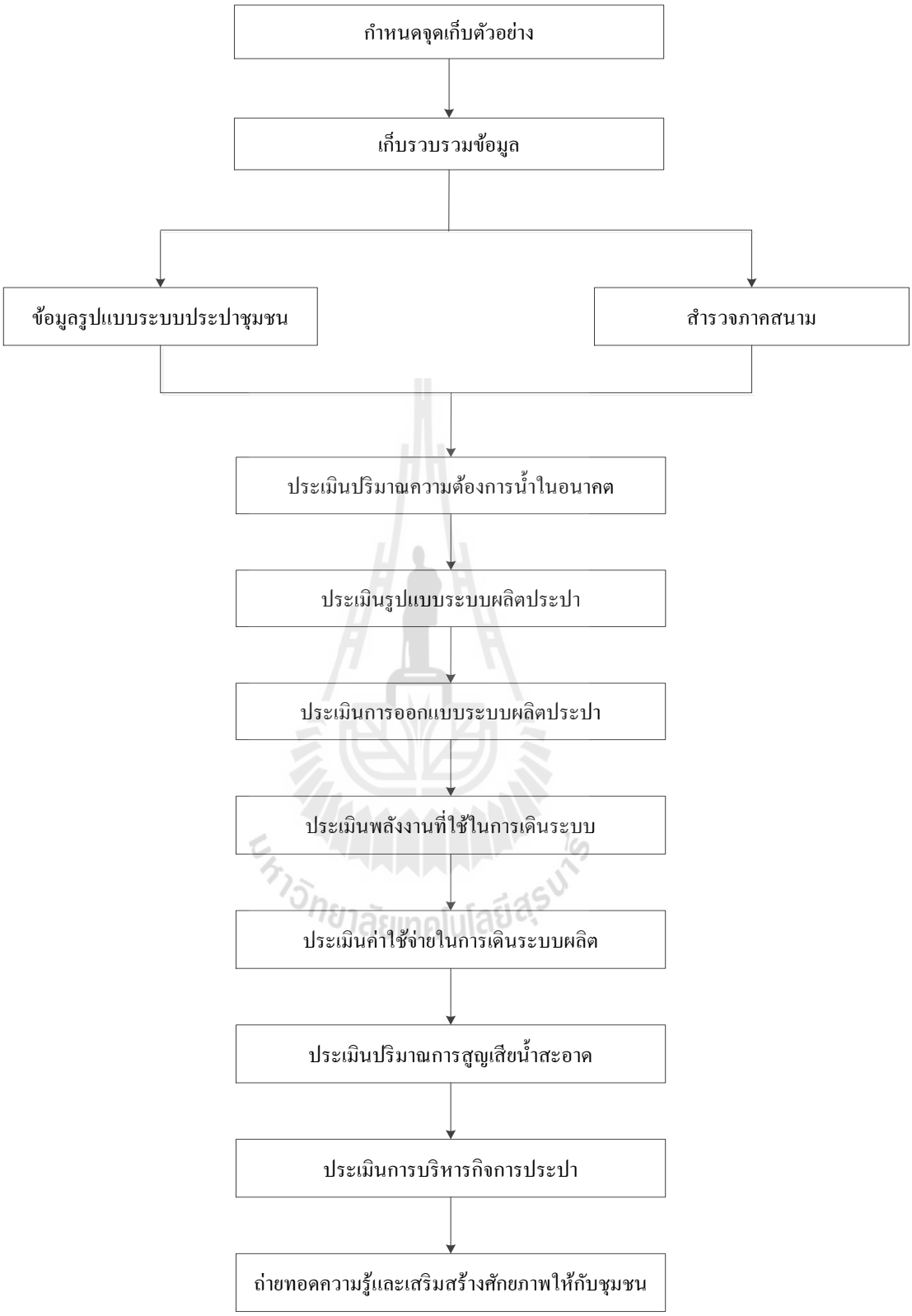
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการศึกษา

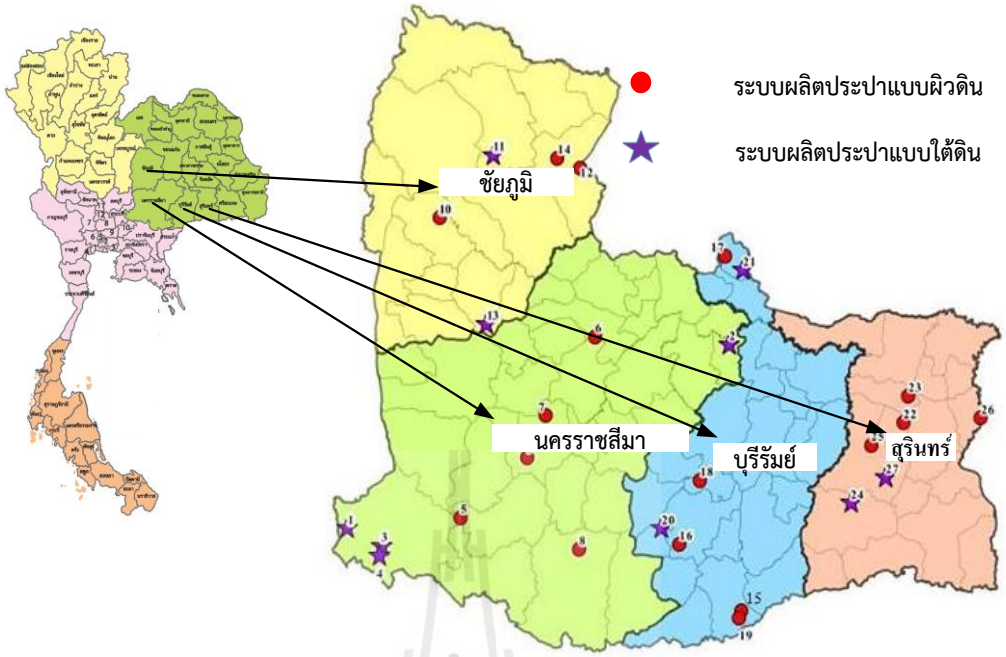
การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อประเมินการออกแบบและการควบคุมระบบผลิตน้ำประปาชุมชนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง การประเมินแบ่งเป็น 2 ด้านคือ ระบบการผลิต และการบริหารจัดการ ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ถ่ายทอดให้เป็นความรู้ และการเสริมสร้างศักยภาพกับชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและระบบประปา โดยทำการศึกษาใน 2 ช่วงฤดูกาล คือ ฤดูฝนในเดือน กรกฎาคม – ตุลาคม 2555 และช่วงฤดูแล้งในเดือน เมษายน – พฤษภาคม 2556 ขั้นตอนการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3.1

3.1.1. กำหนดจุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชน

คณะผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างระบบประปาชุมชนที่ดำเนินการโดยคณะกรรมการหมู่บ้านหรือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยมีพื้นที่เป้าหมายตามพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์อนามัยที่ 5 กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ ชัยภูมิ และสุรินทร์ มีชื่อเรียกโดยรวมว่า “นครชัยบุรินทร์” ซึ่งข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 ทั้ง 4 จังหวัดมีระบบประปาชุมชนจำนวน 207 แห่ง โดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างระบบผลิตประปาประมาณร้อยละ 13ของจำนวนระบบประปาชุมชนทั้งหมด หรือคิดเป็นตัวอย่างระบบผลิตประปาจำนวน27 แห่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 แสดงการกระจายตัวของจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยระบบผลิตประปาในจังหวัดนครราชสีมา 9 แห่ง จังหวัดบุรีรัมย์ 7 แห่ง จังหวัดชัยภูมิ 5แห่ง และจังหวัดสุรินทร์ 6 แห่ง และแบ่งเป็นระบบประปาแบบผิวดินจำนวน 17 แห่ง และระบบประปาแบบใต้ดิน10 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 เพื่อให้ครอบคลุมรูปแบบของระบบผลิตประปาที่มีการใช้งานจริงอีกทั้งการสุ่มตัวอย่างยังพิจารณาถึงขนาดของระบบประปาด้วยเพื่อให้เกิดการกระจายและเป็นตัวแทนของระบบประปาชุมชนอย่างแท้จริง ประกอบด้วยระบบผลิตประปาแบบผิวดินขนาดใหญ่มาก ใหญ่ และกลาง มีอัตราการผลิต 20 10 และ 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และระบบผลิตประปาแบบใต้ดินขนาดใหญ่ และกลาง อัตราการผลิตเท่ากับ 10 และ 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับรายละเอียดเพิ่มเติมของจุดเก็บตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก 1-ก 4



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชน

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชน

จังหวัด	จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง(แห่ง)							รวม (แห่ง)
	ระบบประปาแบบผิวดิน				ระบบประปาแบบใต้ดิน			
	ใหญ่มาก	ใหญ่	กลาง	ไม่ระบุ	ใหญ่	กลาง	ไม่ระบุ	
นครราชสีมา	1	2	2	0	1	2	1	9
บุรีรัมย์	1	3	1	0	1	0	1	7
ชัยภูมิ	2	0	1	0	1	1	0	5
สุรินทร์	2	1	0	1	2	0	0	6

3.1.2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลพื้นฐานของระบบประปาชุมชน แบ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลการออกแบบระบบประปาชุมชน ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ และการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อสำรวจสภาพปัจจุบันของระบบผลิตประปาชุมชน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยการสำรวจสภาพปัจจุบันของระบบผลิตประปาชุมชน ครอบคลุมรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปที่ 3.3 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

3.1.2.1. ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต รวบรวมข้อมูลจำนวนประชากรย้อนหลังของแต่ละชุมชนที่เป็นจุดเก็บตัวอย่างจากกรมการปกครอง และเก็บข้อมูลอัตราการผลิตน้ำของระบบผลิตประปาที่ออกแบบไว้ และอัตราการผลิตในปัจจุบัน รวมถึงอายุของระบบผลิตประปา

3.1.2.2. รูปแบบระบบผลิตประปา รวบรวมข้อมูลรูปแบบระบบผลิตประปาชุมชนในประเทศไทย และเปรียบเทียบกับรูปแบบที่สำรวจพบ

3.1.2.3. การออกแบบระบบประปา ใช้แบบสำรวจข้อมูลสำหรับสำรวจ หรือสังเกตหน่วยระบบผลิตน้ำประปาตั้งแต่ระบบสูบน้ำดิบ กระบวนการผลิต และระบบแจกจ่ายน้ำประปา โดยการนับจำนวนหน่วยระบบผลิตน้ำประปาต่างๆ ลักษณะรูปทรงและขนาดของถังต่างๆ ในระบบผลิตน้ำประปารูปแบบของระบบแจกจ่ายน้ำ ความจุ และขนาดท่อจ่ายน้ำ รวมถึงการใช้เครื่อง GPS จับพิกัดที่ตั้งระบบแจกจ่ายน้ำประปา และพื้นที่บริการน้ำประปาที่อยู่ไกลสุด

3.1.2.4. พลังงานใช้ในการเดินระบบเก็บข้อมูลค่าไฟฟ้าของระบบผลิตประปาในแต่ละเดือนที่ผู้ดูแลจัดเก็บบันทึกข้อมูลเก็บไว้

3.1.2.5. ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิต เก็บรวบรวมข้อมูลจากบัญชีรายรับ รายจ่ายของระบบผลิตประปา ประกอบด้วยค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมีค่าซ่อมบำรุงรักษา และค่าจ้างผู้ดูแลระบบผลิตประปารวมถึงรายได้จากการจัดเก็บค่าน้ำ

3.1.2.6. ปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาด บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำที่ระบบผลิตประปาผลิตได้จากมิเตอร์น้ำ และปริมาณหน่วยน้ำที่จัดเก็บค่าน้ำได้

3.1.2.7. รูปแบบการบริหารกิจการประปา ใช้แบบสำรวจสอบถามผู้ดูแลระบบผลิตประปาถึงโครงสร้างการบริหารกิจการประปา และข้อมูลของผู้ดูแลระบบผลิตประปา ได้แก่ชื่อที่อยู่ วุฒิการศึกษา และประวัติการเข้ารับการอบรมการดูแลระบบผลิตประปา

3.1.3. การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

ทำการคาดการณ์ประชากรในอนาคตอีก 10 20 และ 30 ปี ข้างหน้าโดยใช้การคำนวณแบบเลขคณิต แบบเรขาคณิต และแบบ Logistics S และพิจารณาความเหมาะสมของแต่ละวิธีเทียบกับข้อมูลประชากรปีปัจจุบัน จากนั้นนำข้อมูลประชากรในอนาคตของวิธีที่เหมาะสมที่สุดมาคำนวณปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต โดยใช้ปริมาณความต้องการใช้น้ำ 50 ลิตรต่อคนต่อวัน และพิจารณารวมปริมาณการสูญเสียน้ำร้อยละ 25 ของปริมาณความต้องการน้ำใช้ และพิจารณาปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตเทียบกับอัตราการผลิตน้ำของระบบผลิตประปาที่ออกแบบไว้ อัตราการผลิตน้ำประปาในปัจจุบันและอายุของระบบผลิตประปา

3.1.4. การประเมินการเลือกรูปแบบระบบผลิตประปา

การประเมินความเหมาะสมของการเลือกรูปแบบระบบผลิตประปากับคุณภาพน้ำดิบทำการศึกษาโดยพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของสารปนเปื้อนหรือมลทินในน้ำเพื่อประเมินเทคนิคหรือวิธีการที่เลือกมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบให้เป็นน้ำสะอาดปราศจากเชื้อโรคเหมาะสมในการบริโภคและอุปโภคเป็นสำคัญ อีกทั้งการประเมินรูปแบบของระบบผลิตประปาทำการพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและศักยภาพของชุมชนในการดูแลระบบประกอบด้วย

3.1.5. การประเมินการออกแบบระบบประปา

การประเมินการออกแบบทำการศึกษาโดย การเข้าสำรวจและเก็บข้อมูลการออกแบบหน่วยการบำบัดที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ ระบบท่อในการลำเลียงน้ำดิบและแจกจ่ายน้ำสะอาด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- การประเมินหน่วยบำบัดน้ำ ทำการศึกษาโดยทำการเข้าสำรวจข้อมูลการออกแบบระบบผลิตน้ำประปาจริง เพื่อประเมินความถูกต้องในการออกแบบและเดินระบบของแต่ละหน่วยการบำบัดเปรียบเทียบกับเกณฑ์การออกแบบหน่วยการบำบัดน้ำเพื่อผลิตประปา ของมั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, (2542) เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, (2541) และอุดร จารุรัตน์ และ จารุรัตน์ วรนิสรากุล, (2545)

- ระบบท่อในการลำเลียงน้ำดิบและแจกจ่ายน้ำสะอาด ทำการศึกษาโดยการเก็บข้อมูลค่าระดับทางชลศาสตร์เพื่อพิจารณาแรงดันสูญเสีย(Major Head) ในการลำเลียงน้ำดิบจากเครื่องสูบน้ำดิบไปยังระบบผลิตประปา และระบบแจกจ่ายน้ำสะอาดประเมินแรงดันสูญเสียจากจุดส่งจ่ายไปยังตำแหน่งการใช้น้ำที่อยู่ห่างไกลที่สุด และขนาดท่อประธาน (Main Piping) เพื่อประเมินศักยภาพในการรองรับอัตราการใช้น้ำในปัจจุบันและอนาคต

3.1.6. การประเมินพลังงานใช้ในการเดินระบบ

ทำการศึกษาโดยการเก็บข้อมูลค่าไฟฟ้าซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิของระบบผลิตประปาหมู่บ้านเพื่อประเมินค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบผลิตต่อปริมาณน้ำสะอาดที่ผลิตได้ซึ่งเป็น

ต้นทุนสำคัญหนึ่งในการผลิตน้ำสะอาดอีกทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับการออกแบบจัดวางระดับทางชลศาสตร์ของหน่วยบำบัดต่างๆ และเสนอแนวทางในการจัดการและใช้พลังงานในระบบผลิตประปาหมู่บ้านให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด

3.1.7. การประเมินค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิต

การประเมินค่าใช้จ่ายพิจารณาปัจจัยที่เป็นต้นทุนในการผลิตน้ำสะอาดได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี ค่าซ่อมบำรุง ค่าจ้างผู้ดูแลระบบ และเปรียบเทียบกับรายรับจากการจัดเก็บค่าน้ำประปาได้เพื่อประเมินศักยภาพเศรษฐศาสตร์ในการดูแลระบบเองของหมู่บ้าน (self-management to privatization) ทำการศึกษาโดยการเก็บข้อมูลทุติยภูมิของระบบผลิตประปาหมู่บ้าน

3.1.8. การประเมินปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาด

ทำการศึกษาโดยการเก็บข้อมูลทุติยภูมิของระบบผลิตประปาหมู่บ้านและคำนวณปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาดจากผลต่างระหว่างปริมาณน้ำที่ผลิตได้ กับปริมาณน้ำที่จัดเก็บค่าน้ำได้เพื่อประเมินศักยภาพในการแจกจ่ายน้ำสะอาด

3.1.9. การประเมินรูปแบบการบริหารกิจการประปา

ทำการศึกษาโดยการเก็บข้อมูลทุติยภูมิของระบบผลิตประปาหมู่บ้านเพื่อพิจารณาโครงสร้างการบริการกิจการประปา เพื่อประเมินศักยภาพด้านบุคลากรในการดูแลระบบเองของหมู่บ้าน

3.1.10. การถ่ายทอดความรู้และเสริมสร้างศักยภาพให้กับชุมชน

ทำการสรุปผลการศึกษาของโครงการและโครงการที่อยู่ในชุดโครงการทั้งหมดนำเสนอให้กับชุมชนซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างระบบผลิตประปารวมทั้งผู้ที่สนใจ ในรูปแบบการสัมนาเชิงปฏิบัติการและรายงานผลการศึกษา ทำการเผยแพร่รายงานวิจัยให้กับหน่วยงานที่เกี่ยงข้อง และนำเสนอผลการวิจัยในรูปบทความวิชาการ

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผล

4.1 ปริมาณความต้องการน้ำ

โดยทั่วไปการก่อสร้างระบบประปา การออกแบบขนาดของระบบจะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับปริมาณความต้องการน้ำตลอดช่วงอายุการใช้งานของระบบผลิต โดยทั่วไประบบผลิตประปาถูกออกแบบให้มีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 20-30 ปี คือนับตั้งแต่ปีที่ก่อสร้างแล้วเสร็จและเริ่มเดินระบบ การออกแบบและวางแผนปีที่เดินระบบผลิตได้เต็มกำลังเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อการออกแบบโครงสร้างที่เพียงพอและเหมาะสมที่สุด การคำนวณหาขนาดของระบบผลิตประปาสำหรับอนาคต จำเป็นต้องมีการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตให้ได้อย่างใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อให้ทราบถึงปริมาณความต้องการน้ำของประชากรในอนาคต

4.1.1. การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต

จากผลการทำนายจำนวนประชากรผู้ใช้น้ำในอนาคตอีก 10 ปี 20 ปี และ 30 ปีข้างหน้าของแต่ละชุมชนโดยใช้สมการแบบเลขคณิต เรขาคณิต และแบบ Logistic S และสอบเทียบกับประชากรจริงในปี พ.ศ. 2554 พบค่าคลาดเคลื่อน (Error) แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าสมการแบบ Logistic S ในช่วงร้อยละ 0.32 ถึง 24.08 ซึ่งมี 2 หมู่บ้านที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเกินร้อยละ 10 คือบ้านมาบเอื้องและบ้านท่ามะปรางค์ สมการแบบเลขคณิตพบค่าคลาดเคลื่อนในช่วงร้อยละ 0.19 ถึง 85.45 ซึ่งมี 2 หมู่บ้านที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเกินร้อยละ 10 คือบ้านมาบเอื้องและบ้านหนองบัววงค์ และสมการแบบเรขาคณิตพบค่าคลาดเคลื่อนในช่วงร้อยละ 0.03 ถึง 119.00 ซึ่งมี 2 หมู่บ้านที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเกินร้อยละ 10 คือบ้านมาบเอื้องและบ้านหนองบัววงค์ ดังนั้นในการศึกษาจึงเลือกสมการแบบ Logistic S เพื่อทำนายประชากรในอนาคตของแต่ละชุมชนพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของประชากรในอนาคตได้ว่าร้อยละ 47 ของจำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด จำนวนประชากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 39 การเติบโตของประชากรมีแนวโน้มคงที่ และร้อยละ 14 ของจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด จำนวนประชากรผู้ใช้น้ำมีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 4.1 การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต

จำนวนประชากร (คน) / จุดเก็บตัวอย่าง	เลขคณิต				logistics curve				เรขาคณิต			
	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error
หมู่ที่ 7 บ้านกลางดง ต.กลางดงอ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	589	646	703	1.75	312	312	312	0.32	379	460	558	1.52
หมู่ที่ 1 บ้านหนองบัววง ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย จ.นครราชสีมา	167	185	203	11.27	142	142	142	0.71	163	186	213	12.91
หมู่ที่ 2 บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	468	528	588	1.40	472	500	518	7.00	498	579	673	2.56
หมู่ที่ 3 บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	967	977	987	0.65	833	843	845	19.59	958	1158	1400	0.66
หมู่ที่ 5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช จ.นครราชสีมา	1479	1525	1571	2.02	1442	1443	1443	0.99	1481	1530	1580	0.16
หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยงต.ดอนใหญ่อ.คง จ.นครราชสีมา	803	803	803	3.36	803	803	803	1.23	803	803	803	1.87
หมู่ที่ 4 บ้านระงมต.โคกสูงอ.เมือง จ.นครราชสีมา	5334	6057	6780	2.92	5292	5893	6396	8.44	5468	6485	7691	3.57
หมู่ที่ 4 บ้านแชะต.แชะอ.ครบุรี จ.นครราชสีมา	1774	1874	1974	4.42	1675	1675	1675	0.97	1917	2195	2513	4.66
หมู่ที่ 6 บ้านมาบเอื้องต.สุรนารีอ.เมืองจ.นครราชสีมา	3387	4551	5715	85.45	2305	2308	2308	24.08	4666	9795	20562	119.0
หมู่ที่ 9 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว จ.ชัยภูมิ	2612	2645	2678	0.19	2942	-8672	-225	0.98	2612	2646	2681	0.81
หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์จ.ชัยภูมิ	782	690	598	6.46	866	865	865	2.24	791	715	647	1.60
หมู่ที่ 5 บ้านชนแดนต.ช่องสามหมออ.คอนสวรรค์ จ.ชัยภูมิ	2724	2768	2812	2.84	2682	2682	2682	0.41	2725	2770	2816	1.45
หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ต.โคกกุงอ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ	616	661	706	0.79	620	674	733	4.20	620	673	730	2.04

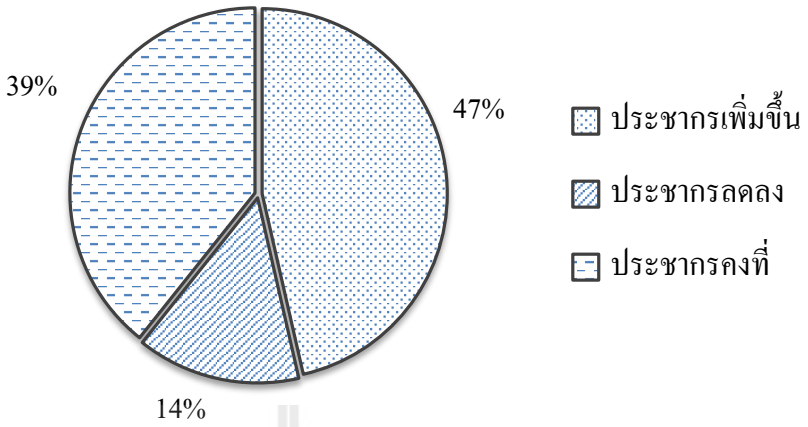
ตารางที่ 4.1 การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต(ต่อ)

จำนวนประชากร (คน) / จุดเก็บตัวอย่าง	เลขคณิต				logistics curve				เรขาคณิต			
	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error
หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวกต.หนองบัวโคกอ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ	1001	1083	1165	2.56	940	944	945	3.14	1009	1108	1216	0.03
หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย จ.บุรีรัมย์	1365	1546	1727	4.98	1227	1236	1238	5.53	1398	1650	1948	0.23
หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ต.ชุมแสงอ.นางรอง จ.บุรีรัมย์	1593	1582	1571	4.40	1557	1375	904	1.29	1593	1582	1571	1.62
หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บงต.บ้านคูอ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์	677	713	749	2.31	648	649	649	1.75	679	720	762	0.29
หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรงต.ช่อผกาอ.ชำนิ จ.บุรีรัมย์	820	897	974	2.62	769	777	779	4.06	829	925	1032	0.50
หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดนต.หนองแวงอ.ละหานทราย จ.บุรีรัมย์	1171	1264	1357	2.32	1078	1078	1078	0.37	1180	1291	1413	0.30
หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้วต.โกรกแก้วอ.โนนสุวรรณ จ.บุรีรัมย์	442	452	462	3.32	432	432	432	0.23	442	453	463	2.40
หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัวต.ศรีสว่างอ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์	874	943	1012	5.84	508	508	508	3.04	365	261	187	5.55
หมู่ที่ 8 บ้านอำปึลต.ตากูกอ.เขวาสินรินทร์ จ.สุรินทร์	1922	1962	2002	1.14	1915	1941	1962	1.02	1923	1965	2007	0.45
หมู่ที่ 2 บ้านผือต.บ้านผืออ.จอมพระ จ.สุรินทร์	1212	1130	1048	3.17	785	149	15	4.57	1217	1144	1076	4.03
หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะต.เชื้อเพลิงอ.ปราสาท จ.สุรินทร์	1389	1403	1417	8.47	1384	1390	1394	4.31	1389	1403	1418	7.39
หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อต.แกใหญ่อ.เมืองสุรินทร์ จ.สุรินทร์	1043	991	939	1.78	650	650	650	7.54	380	220	128	1.68

ตารางที่ 4.1การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต(ต่อ)

จำนวนประชากร (คน) / จุดเก็บตัวอย่าง	เลขคณิต				logistics curve				เรขาคณิต			
	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2574	พ.ศ. 2584	%error
หมู่ที่ 7 บ้านกะเลาต.หมื่นสือ.สำโรงทาบจ.สุรินทร์	766	795	824	2.17	738	738	738	0.68	767	799	831	0.99
หมู่ที่ 6 บ้านปราสาทเบง ต.กาบเชิงอ.กาบเชิงจ.สุรินทร์	603	623	643	8.02	582	582	582	2.18	265	120	55	8.33

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

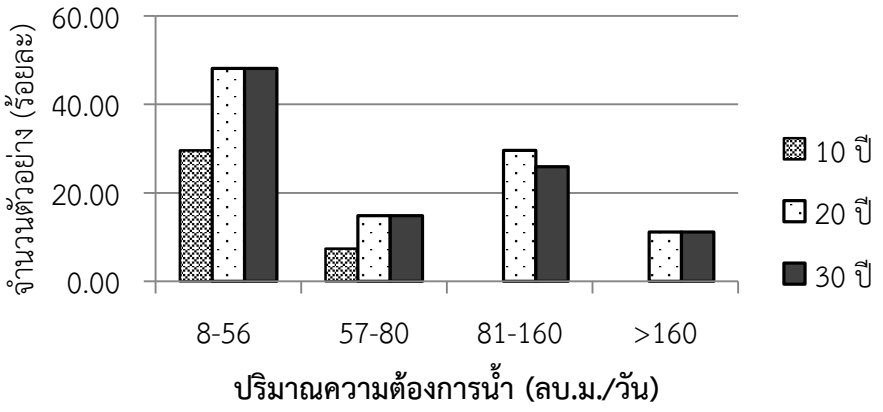


รูปที่ 4.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรในอนาคต

4.1.2. ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

ชุมชนที่มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรผู้ใช้น้ำย่อมส่งผลให้ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตเพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ระบบประปาชุมชนสามารถผลิตน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน และรองรับปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตเป็นระยะเวลา 10-30 ปี จำเป็นต้องมีการพิจารณาอัตราการผลิตสูงสุดที่ระบบผลิตประปาสามารถผลิตได้กับปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

จากการคาดการณ์จำนวนประชากรในอีก 10 20 และ 30 ปี ข้างหน้าของแต่ละชุมชน เมื่อนำมาคูณกับอัตราความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยของประชากร 50 ลิตรต่อคนต่อวัน (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) และรวมกับปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาดในท่อร้อยละ 25 จะได้ปริมาณความต้องการน้ำต่อวันในอีก 10 20 และ 30 ปี ข้างหน้าของแต่ละชุมชน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร เช่นเดียวกับชุมชนที่คาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตลดลง และคงที่ ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตย่อมลดลง และคงที่จากรูปที่ 4.2 พบร้อยละ 48 ของจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด มีปริมาณความต้องการน้ำใน 10 20 และ 30 ปี อยู่ที่ 8-56 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งถือได้ว่าระบบผลิตประปาแบบใต้ดินโดยทั่วไปและระบบประปาแบบผิวดินขนาดกลางสามารถผลิตน้ำได้เพียงพอ และร้อยละ 11.11 ของจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด มีปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มมากกว่า 160 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถือได้ว่าสูงมาก เนื่องจากระบบผลิตประปาชุมชนโดยทั่วไปมีการออกแบบให้มีอัตราการผลิตสูงสุดเพียง 160 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

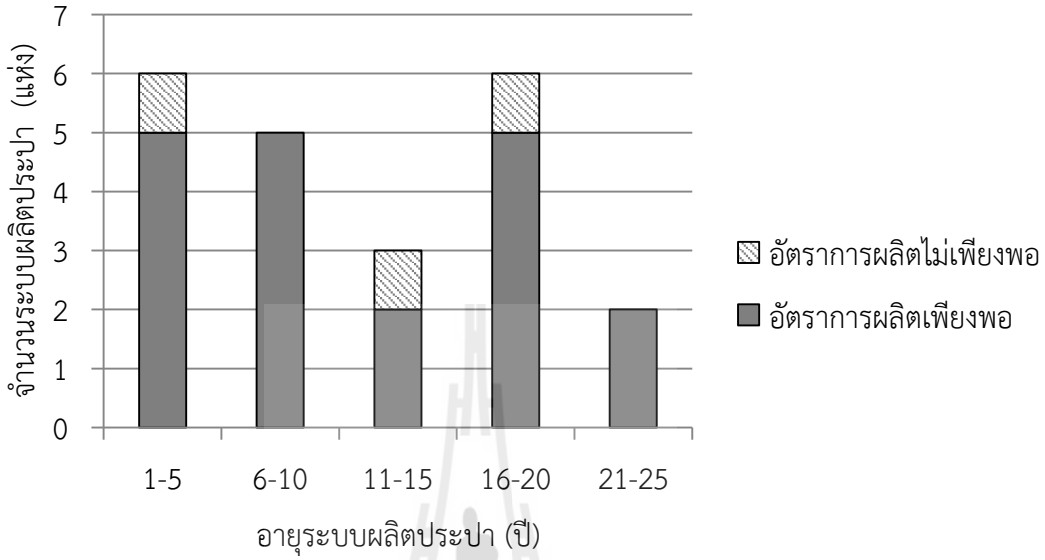


รูปที่ 4.2 ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต 10-30 ปี ข้างหน้า

4.1.3. การประเมินความสามารถในการรองรับปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

ในการศึกษานี้ได้ประเมินความสามารถในการรองรับความต้องการน้ำของประชาชนในอนาคตประกอบด้วยความพอเพียงปริมาณน้ำที่ต้องจัดหาในอนาคต ขนาดของระบบผลิตประปาและอุปกรณ์ การออกแบบระบบผลิตประปาชุมชนซึ่งมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับระบบผลิตประปาส่วนภูมิภาค และนครหลวงมักออกแบบให้มีระบบผลิตและระบบท่อมีอายุการใช้งานประมาณ 15-25 ปี (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) เพราะถ้านานกว่านี้เครื่องใช้และอุปกรณ์ต่าง ๆ หมดอายุการใช้งาน และอาจหาเปลี่ยนใหม่ได้ยาก รูปที่ 4.3 แสดงอายุของระบบผลิตประปาชุมชนที่สำรวจข้อมูล และความเพียงพอของอัตราการผลิตน้ำในปัจจุบันเทียบกับอัตราการผลิตที่ออกแบบไว้ จากการสำรวจระบบผลิตประปามีอายุอยู่ในช่วง 1-5 ปี และ 16-20 ปี อย่างละ 6 แห่งแสดงให้เห็นถึงระบบผลิตประปามีทั้งระบบที่เพิ่งเริ่มใช้งาน และที่มีอายุการใช้งานมานาน รองลงมาเป็นระบบผลิตประปาที่มีอายุ 6-10 ปี พบ 5 แห่ง อายุ 11-15 ปี พบ 2 แห่ง และพบว่ามีระบบผลิตประปา 2 แห่ง มีอายุการใช้งานมากกว่า 20 ปี โดยพบว่าปัจจุบันอัตราการผลิตน้ำประปาที่ออกแบบไว้ของระบบประปา 3 แห่ง ไม่เพียงพอกับปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบผลิตประปาหมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง จ.นครราชสีมา ระบบผลิตประปาหมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา และระบบผลิตประปาหมู่ที่ 6 บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา ส่งผลให้ช่วงเช้า และเย็นซึ่งเป็นเวลาที่มีความต้องการใช้น้ำปริมาณมาก ระบบผลิตน้ำประปาอาจผลิตน้ำได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้น้ำไหลเบา นอกจากนี้ยังพบระบบผลิตประปาหมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี จ.นครราชสีมามีอายุการเดินระบบผลิตเพียง 2 ปี แต่กลับมีอัตราการผลิตน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการอาจเป็นผลจากการออกแบบที่ผิดพลาดการกำหนดขนาดระบบผลิตประปาไม่ถูกต้องส่งผลให้อาจต้องมีการขยายระบบผลิตประปาเพิ่มเติมก่อนระยะเวลาที่คาดการณ์ ในส่วนระบบผลิตประปาอีก 2 แห่ง มีอายุอยู่

ในช่วง 11-20 ปี ถือได้ว่าระบบผลิตประปาเดินกำลังการผลิตได้สูงสุดตามที่ออกแบบไว้เหมาะสมกับอายุระบบผลิตประปา

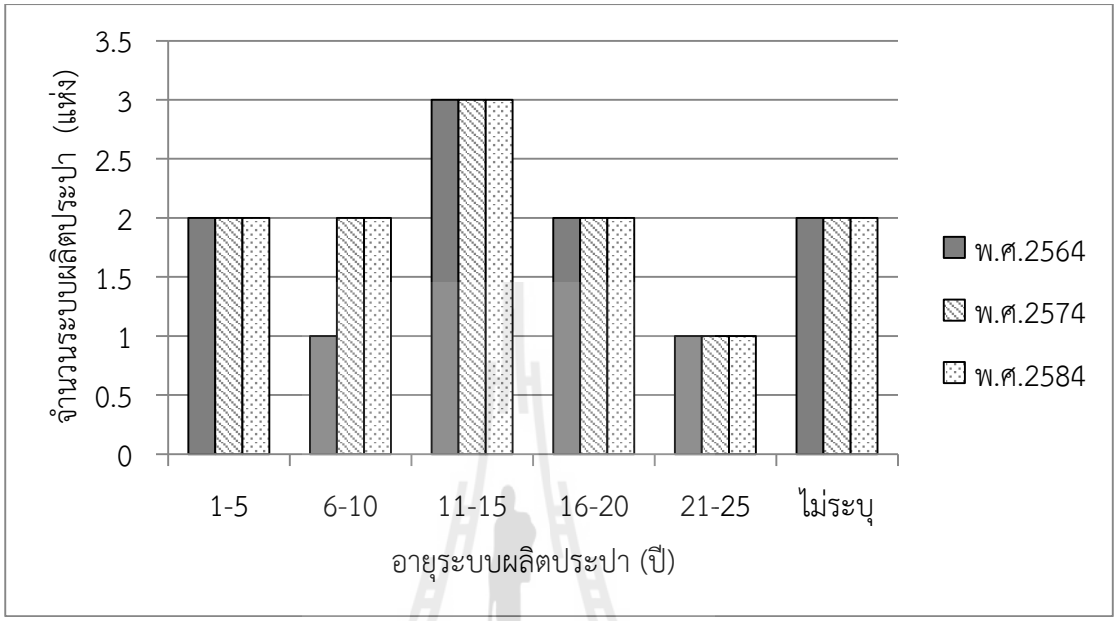


รูปที่ 4.3 การประเมินอัตราการผลิตน้ำประปาในปัจจุบัน

จากรูปที่ 4.4 ผลการศึกษาพบระบบผลิตประปา 11 แห่ง หรือร้อยละ 41 มีอัตราการผลิตออกแบบไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการน้ำใช้ในปี พ.ศ. 2564 ระบบผลิตประปา 12 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 44 อัตราการผลิตไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2574 และในปี พ.ศ. 2584 มีระบบผลิตประปาที่อัตราการผลิตไม่เพียงพอจำนวน 12 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 44 ทั้งนี้เนื่องจากโดยทั่วไปการออกแบบระบบผลิตประปามักออกแบบให้มีอายุประมาณ 15-25 ปี ในปีที่ทำการศึกษานี้พบระบบผลิตประปาชุมชนมีอายุตั้งแต่ 2-21 ปี เมื่อถึง พ.ศ. 2564 พ.ศ. 2574 และ พ.ศ. 2584 เมื่อพิจารณาระบบผลิตประปาที่คาดการณ์ว่าอัตราการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในอีก 10-30 ข้างหน้า ดังรูปที่ 4.4 ผลการศึกษาพบระบบผลิตประปาร้อยละ 92 ของจำนวนระบบผลิตประปาที่มีอัตราการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในอนาคต 10-30 ปี เมื่อรวมกับอายุการใช้งานในปัจจุบันระบบประปามีอายุประมาณ 20-50 ปี มากเกินการออกแบบการใช้งาน ทำให้อัตราการผลิตที่ออกแบบไว้ไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2564 พ.ศ. 2574 และ พ.ศ. 2584

นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบระบบผลิตประปาจำนวน 3 แห่ง ปัจจุบันอายุการใช้งานประมาณ 15-25 ปี เมื่อนับรวมกับอายุการคาดการณ์ปริมาณความต้องการน้ำอีก 10-30 ปี ระบบผลิตประปาดังกล่าวมีอายุการใช้งานประมาณ 25-55 ปี การออกแบบระบบผลิตประปาโดยทั่วไปอายุการใช้งานอาจไม่นานเพียงเท่านี้ แต่ระบบผลิตประปาทั้ง 3 แห่ง ดังกล่าวยังมีอัตราการผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการน้ำใช้ในปี พ.ศ. 2564

พ.ศ. 2574 และ พ.ศ. 2584 แสดงถึงการออกแบบกำหนดขนาดของระบบใหญ่เกิน ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่มากเกินไป



รูปที่ 4.4 จำนวนระบบผลิตประปาที่อัตราการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำในอนาคต

4.2 การเลือกรูปแบบระบบผลิตประปา

แหล่งน้ำดิบที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำประปาจัดเป็นปัจจัยแรกที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกรูปแบบในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยทั่วไปแล้วมักเลือกใช้แหล่งน้ำดิบที่มีอยู่ในชุมชนซึ่งคาดว่ามีปริมาณน้ำเพียงพอที่จะใช้ได้ ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ไม่ไกลจากโรงผลิตน้ำประปามากจนเกินไป และที่สำคัญคุณภาพน้ำดิบที่จะใช้ในการผลิตน้ำประปาต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต้องไม่มีสารพิษเจือปน หรือถ้ามีต้องไม่เกินตามมาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดในการผลิตน้ำประปา การกำหนดรูปแบบในการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับการผลิตน้ำประปานอกจากจะขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งน้ำดิบแล้ว ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบด้วย ระบบที่เลือกใช้ต้องสามารถกำจัดสารปนเปื้อนให้ผ่านตามมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงได้อย่างไรก็ตามสำหรับการกำหนดรูปแบบของระบบประปาชุมชนจะเลือกตามแบบมาตรฐานของหน่วยงานต่าง ๆ โดยพิจารณาจากรูปแบบของระบบประปาที่เหมาะสมกับความต้องการของชุมชน ในด้านความเพียงพอของชุมชนและศักยภาพในการผลิตน้ำสะอาดเป็นหลัก รวมถึงหลักทางเศรษฐศาสตร์ด้วย

จากการลงพื้นที่สำรวจจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 27 แห่ง ระบบผลิตประปาชุมชนที่พบถูกสร้างขึ้นตามแบบมาตฐานของหน่วยงานต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.2หน่วยงานที่ใช้น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำดิบส่วนใหญ่ที่พบร้อยละ 71 ของระบบประปาแบบผิวดิน เป็นแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันสำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำกระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ถือเป็น

หน่วยงานหลักที่สนับสนุนภารกิจด้านจัดหาน้ำสะอาดให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และพบระบบประปาตามแบบมาตรฐานกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท (รพช.) ร้อยละ 12 ระบบประปาตามแบบมาตรฐานกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประนครหลวงร้อยละ 6 นอกจากนี้ยังมีระบบประปาที่ชาวบ้านในชุมชนได้สร้างขึ้นเองอีกจำนวน 2แห่ง คิดเป็นร้อยละ 12ประกอบด้วย หมู่ 12 โนนตะคร้อ ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์ ซึ่งเป็นการสร้างถังตกตะกอน และถังกรองเพิ่มเติมขึ้นมาใช้งานร่วมกับระบบประปาแบบมาตรฐานกรมอนามัยเดิม ดังรูปที่ 4.5 และหมู่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์ เป็นระบบผลิตประปาที่ไม่มีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีเพียงการสูบน้ำจากบ่อเก็บน้ำขึ้นหอถังสูงเพื่อแจกจ่ายให้แก่ผู้ใช้น้ำระบบประปาสร้างเอง ลักษณะดังรูปที่ 4.6

สำหรับหน่วยงานที่ใช้น้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำดิบ พบมากที่สุด คือ แบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณี 5 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 50 ของระบบประปาแบบใต้ดินทั้งหมด แบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ 3 แห่ง หรือร้อยละ 30 และอีกร้อยละ 20 เป็นระบบประปาใต้ดินตามแบบมาตรฐานของกรมโยธาธิการพบ 2 แห่งซึ่งแต่ละหน่วยงานมีแบบมาตรฐานระบบผลิตประปาดังแสดงในตารางที่ 4.3 รูปแบบของระบบผลิตประปาหมู่บ้านมีความหลากหลายและแตกต่างกันตามมาตรฐานของหน่วยงานผู้สร้างรวมทั้งงบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้างขนาดของระบบและประเภทของแหล่งน้ำที่ใช้

ตารางที่ 4.2 รูปแบบระบบผลิตประปา

แหล่งน้ำดิบ / หน่วยงาน	น้ำใต้ดิน	น้ำผิวดิน	รวม
กรมโยธาธิการ	2	-	2
กรมทรัพยากรน้ำ	3	12	16
กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท	-	2	2
กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประนครหลวง	-	1	1
กรมทรัพยากรธรณี	5	-	4
ก่อสร้างเอง	-	2	2
รวม	10	17	27

รูปที่ 4.5 ระบบผลิตประปาหมู่ 12 โนนตะคร้อ ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์

รูปที่ 4.6 ระบบผลิตประปาหมู่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ลักษณะองค์ประกอบของระบบผลิตประปาที่สำรวจพบ

รูปแบบ	การเติมอากาศ	การก่อตะกอน	การรวมตะกอน	การตกตะกอน	การกรอง	การฆ่าเชื้อโรค
กรมโยธาธิการ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กรมทรัพยากรน้ำ						
แบบผิวดิน	ไม่มี	ไฮดรอลิคจั๊ม	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย - กรวด 40 ซม. - ทราย 60 ซม.	สารละลายคลอรีนฉีดเข้าเส้นท่อ
แบบใต้ดิน	ชั้นถาดบรรจุถ่านหุงต้ม	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทราย - กรวด 40 ซม. - ทราย 60 ซม.	สารละลายคลอรีนฉีดเข้าเส้นท่อ
กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท	ชั้นถาดบรรจุถ่านหุงต้ม	ฉีดสารละลายสารส้มเข้าเส้นท่อ	ร่วมกับถังตกตะกอน	ถังทรงกระบอกแบบมีแผ่นกั้น	ถังกรองทราย - ขี้เถ้าแกลบ 20 ซม. - ทราย 52 ซม.	สารละลายคลอรีนฉีดเข้าเส้นท่อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ลักษณะองค์ประกอบของระบบผลิตประปาที่สำรวจพบ (ต่อ)

รูปแบบ	การเติมอากาศ	การก่อตะกอน	การรวมตะกอน	การตกตะกอน	การกรอง	การฆ่าเชื้อโรค
กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประนครหลวง	ไม่มี	ฉีดสารละลายสารส้มเข้าเส้นท่อ	ไม่มี	ด้านบนสุดถัง	กรองทราย - สารกรองหยาบ 20 ซม. - สารกรองละเอียด 50 ซม. - ทรายหยาบ 10 ซม.	สารละลายคลอรีนฉีดเข้าเส้นท่อ
กรมทรัพยากรธรณี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทรายใช้แรงดัน	ไม่มี
ก่อสร้างเอง						
หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์	ไม่มี	ฉีดสารละลายสารส้มเข้าเส้นท่อ	ถังทรงกระบอกมีแผ่นกั้น	ถังทรงกระบอก 2 ถัง	ไม่มี	สารละลายคลอรีนฉีดเข้าเส้นท่อ
หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

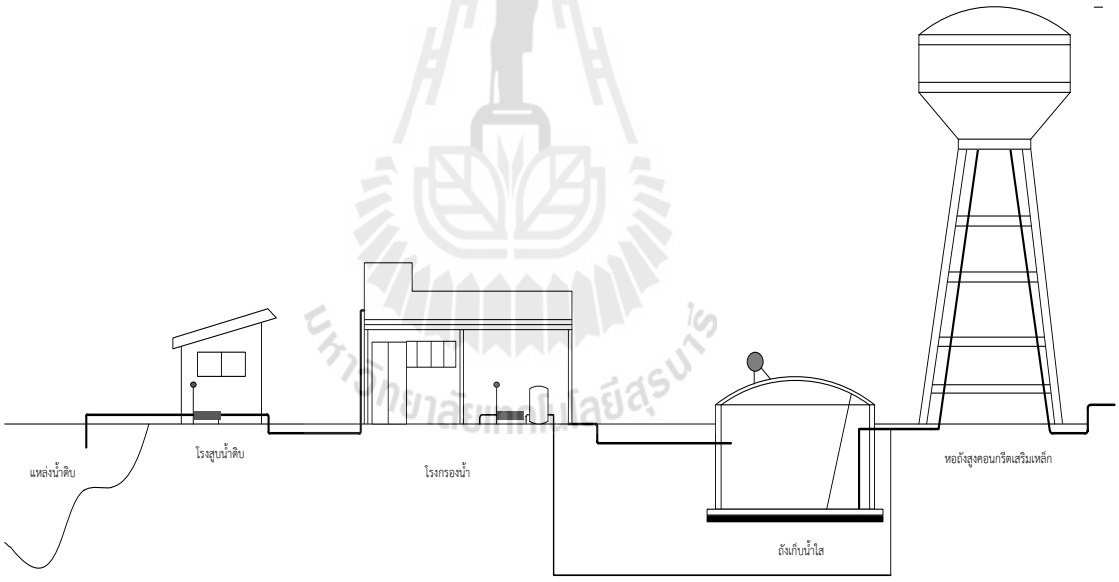
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.1. ระบบผลิตประปาแบบผิวดิน

สำหรับรูปแบบระบบผลิตประปาที่ใช้น้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำดิบ ได้แก่ กรมทรัพยากรน้ำ กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท และกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประนครหลวง กระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบผลิตประปาของแต่ละหน่วยงานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1.1. แบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ

ระบบประปาผิวดินตามแบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำ เป็นรูปแบบที่สำรวจพบมากที่สุดทั้งหมด 12 แห่ง กระบวนการผลิตน้ำเริ่มจากน้ำดิบถูกสูบขึ้นจากสระน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งเข้าสู่กระบวนการก่อตะกอน ซึ่งจะมีการเติมสารส้มลงในน้ำที่ไหลผ่านไฮดรอลิกจั๊ม (Hydraulic jump) จากนั้นน้ำดิบที่ผสมกับสารส้มจะไหลเข้าสู่คลองวนเวียนซึ่งเป็นกระบวนการรวมตะกอนหรือกวนช้า น้ำไหลผ่านผนังที่เจาะรูเข้าสู่ถังตกตะกอน ทำให้ตะกอนแยกตกลงสู่ก้นถัง ส่วนน้ำใสจะไหลออกเข้าสู่ถังกรองทรายต่อไป น้ำจากถังกรองจะถูกรวบรวมไว้ที่ถังเก็บน้ำใส เพื่อรอสูบขึ้นหอถังสูงแบบคอนกรีต พร้อมกับการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค ดังแสดงในรูปที่ 4.7

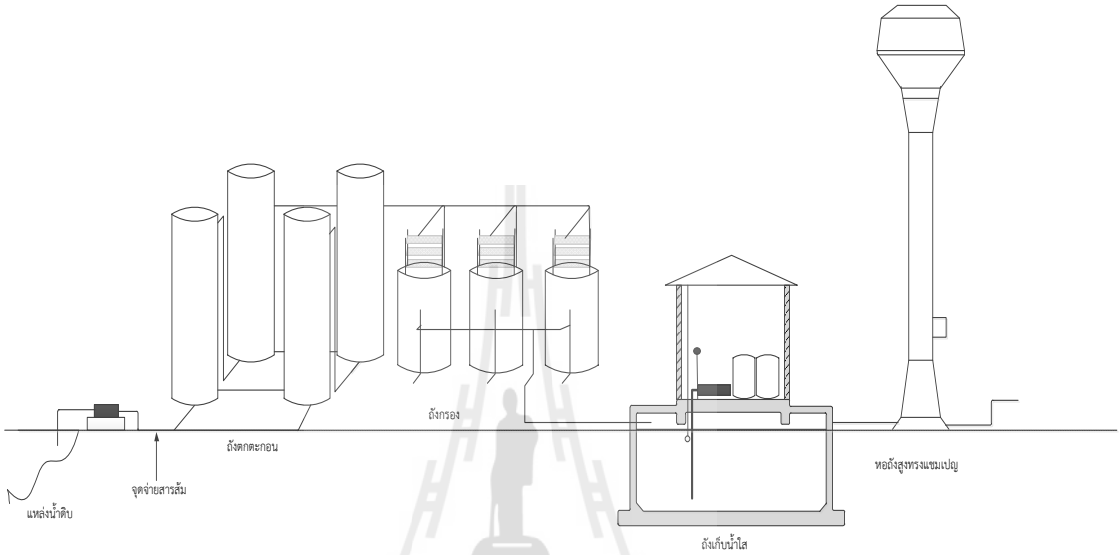


รูปที่ 4.7 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาผิวดินแบบกรมทรัพยากรน้ำ

4.2.1.2. แบบมาตรฐานกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท

ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรบานกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบทถูกออกแบบมาให้ใช้ได้ทั้งกับแหล่งน้ำใต้ดิน และผิวดิน ดังนั้นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำจึงมีการเติมอากาศแบบถาด แตกต่างจากรูปแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินรูปแบบอื่น ๆ จากรูปที่ 4.8 แสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาระบบผลิตตามแบบมาตรฐานกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท เริ่มจากสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบมายังระบบผลิต

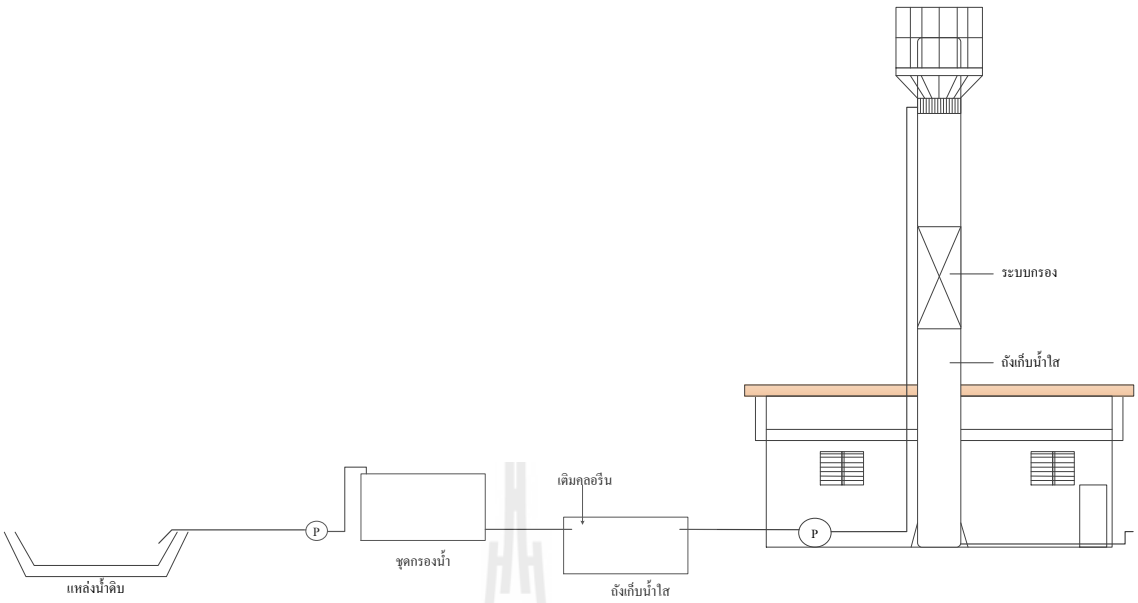
สารละลายสารส้มจะถูกฉีดเข้าเส้นท่อก่อนที่น้ำจะเข้าสู่ถังทรงกระบอก ที่ทำหน้าที่เป็นทั้งถังรวมตะกอน และถังตกตะกอน เมื่อน้ำใสไหลออกจากถังตกตะกอน เข้าสู่ชั้นถาดภายในบรรจุถ่านไม้ ที่อยู่บนถังกรอง และกระจายลงสู่ชั้นทรายกรองด้านล่าง น้ำที่ผ่านการกรองจะถูกเก็บไว้ในถังน้ำใส เพื่อรอการสูบขึ้นหอถังสูง ซึ่งในระหว่างนั้นจะมีการฉีดสารละลายคลอรีนเข้าสู่เส้นท่อก่อนด้วย



รูปที่ 4.8 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบเร่งรัดพัฒนาชนบท

4.2.1.3. แบบมาตรฐานกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประปานครหลวง

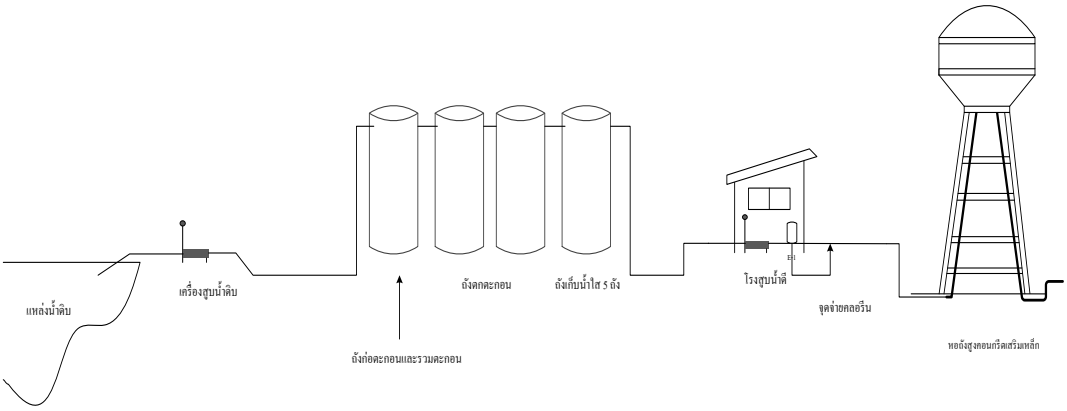
ระบบประปารูปแบบนี้เป็นระบบผลิตแบบรวมชุด ระบบผลิตมีลักษณะเป็นหอสูงทรงกระบอก ส่วนด้านบนสุดเป็นระบบตกตะกอน รองลงมาเป็นระบบกรอง และส่วนที่เหลือเป็นถังเก็บน้ำใส ในการสำรวจจากจุดเก็บตัวอย่าง 27 แห่ง พบระบบผลิตประปารูปแบบนี้เพียง 1 แห่ง ที่หมู่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง จ.นครราชสีมา โดยระบบผลิตประปาดังกล่าวได้มีการก่อสร้างถังเก็บน้ำใสขนาด 40 ลูกบาศก์เมตร และระบบกรองน้ำลักษณะแบบระบบกรองน้ำของระบบประปาแบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำขึ้นมาเพิ่มเติม เนื่องจากคณะกรรมการดูแลระบบประปาพิจารณาพบว่าเดิมน้ำประปาที่ผลิตได้ยังมีความขุ่นสูง เพราะน้ำผิวดินที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบมีค่าสี และความขุ่นสูง ทำให้อาคารผลิตน้ำดังกล่าวทำหน้าที่เป็นเพียงหอถังสูง ขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำประปาแสดงดังรูปที่ 4.9 คล้ายกับระบบประปาผิวดินแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำแต่การเติมคลอรีนใช้วิธีการตักใส่ลงในถังน้ำใส



รูปที่ 4.9 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของหมู่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คงจ.นครราชสีมา

4.2.1.4. ระบบผลิตประปาแบบสร้างเอง

ผลการสำรวจจุดเก็บตัวอย่างระบบผลิตประปาในจังหวัดนครชัยบุรินทร์ มีชุมชน 2 แห่ง ที่สร้างระบบผลิตประปาขึ้นเอง แห่งแรกคือ ระบบผลิตประปาหมู่ 12 โนนตะคร้อ ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์ เดิมชุมชนนี้มีระบบผลิตประปาใต้ดินตามแบบมาตรฐานกรมอนามัย ต่อมาได้ก่อสร้างหน่วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำขึ้นใหม่ เป็นถังทรงกระบอก ประกอบด้วย ถังก่อตะกอน 1 ถัง ถังตกตะกอน 2 ถัง และถังเก็บน้ำใส 5 ถัง การผลิตน้ำประปาเริ่มจากน้ำดิบถูกสูบขึ้นจากสระน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง เข้าสู่ถังก่อตะกอน ที่มีการเติมสารส้ม ภายในถังจะมีแผ่นกั้น เพื่อลดความเร็วของน้ำ และให้เกิดการรวมตัวของตะกอน จากนั้นน้ำจะไหลไปตามถังต่าง ๆ ต่อไป และถูกสูบขึ้นหอถังสูงแบบคอนกรีต ซึ่งจะมีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในระหว่างการสูบน้ำประปาขึ้นหอถังสูงดังแสดงในรูปที่ 4.10 ระบบผลิตประปาที่สร้างเองแห่งที่ 2 คือ หมู่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์ ไม่พบหน่วยการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ขั้นตอนการผลิตน้ำมีเพียงการสูบน้ำจากบ่อเก็บน้ำขึ้นสู่หอถังสูงคอนกรีตขนาด 15 ลูกบาศก์เมตร เพื่อแจกจ่ายแก่ผู้ใช้น้ำ



รูปที่ 4.10 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของหมู่ 12 โนนตะคร้อ ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์จ.บุรีรัมย์

จากการสำรวจชุมชนที่มีระบบผลิตประปาแบบผิวดินสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำของทุกรูปแบบเน้นที่การกำจัดคุณลักษณะทางกายภาพ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนประกอบด้วย การก่อตะกอน การรวมตะกอน การตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค เพื่อกำจัดความขุ่น สี และเชื้อโรคเป็นหลัก ซึ่งถือว่าเหมาะสมกับคุณภาพน้ำผิวดินโดยทั่วไปของจังหวัดนครชัยบุรินทร์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 คุณภาพแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไปในพื้นที่จังหวัดนครชัยบุรินทร์ มักพบค่าความขุ่น และสีสูงเกินมาตรฐานน้ำประปาและมีการปนเปื้อนของเหล็ก แมงกานีส แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เกินมาตรฐานเล็กน้อย ซึ่งแบบมาตรฐานระบบผลิตประปาของกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบทจะมีกระบวนการเติมอากาศเพื่อกำจัดเหล็กและแมงกานีสเพิ่มเข้ามาด้วยแต่สำหรับขั้นตอนการกำจัดแคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นสาเหตุของน้ำกระด้าง การออกแบบระบบผลิตประปาชุมชนของทุกหน่วยงานมักกำหนดให้ใช้วิธีการตกตะกอนด้วยปูนขาว แต่ในกระบวนการผลิตน้ำประปาชุมชนทุกแห่งไม่พบการเติมปูนขาวอาจทำให้น้ำประปาที่ผลิตได้มีความกระด้าง ส่งผลให้อุปกรณ์ในระบบผลิตประปา หรือเส้นท่อเกิดการอุดตัน

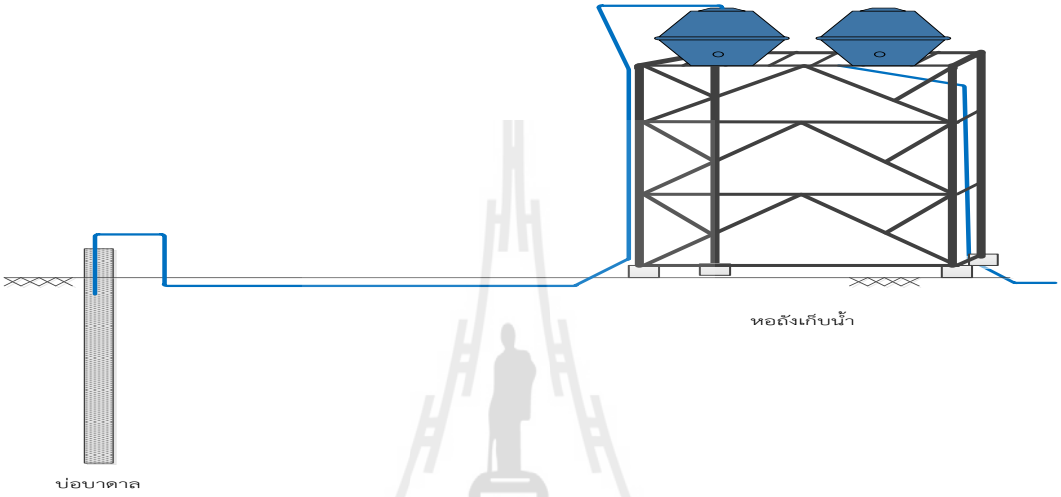
4.2.2. ระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบผลิตประปาแบบใต้ดินเป็นกระบวนการง่าย ๆ ได้แก่ การเติมอากาศ การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพน้ำใต้ดินค่อนข้างดีอยู่แล้ว ไม่มีปัญหาเรื่องสี ความขุ่น หรือตะกอนเหมือนกับน้ำผิวดิน

4.2.2.1. แบบมาตรฐานกรมโยธาธิการ

ระบบประปาตามแบบมาตรฐานของกรมโยธาธิการที่สำรวจพบ 2 แห่ง โดยทั้ง 2 แห่ง ไม่มีหน่วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำใด ๆ กระบวนการผลิตน้ำแสดงดังรูปที่ 4.11 โดยน้ำดิบจากบ่อน้ำใต้ดินถูกสูบขึ้นมาด้วยเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มน้ำ (Submersible pump) เข้าสู่หอถังสูงที่ประกอบด้วยถังพลาสติก

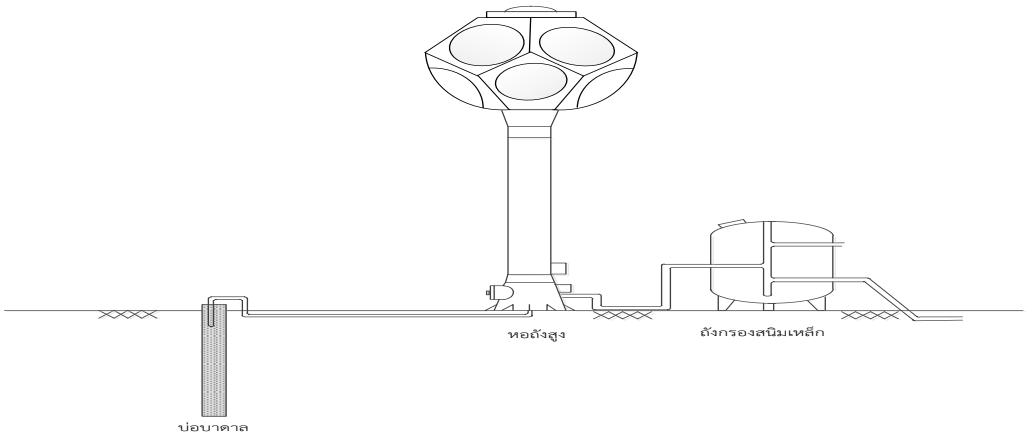
ขนาด 2,000 ลิตร 4 ใบและแจกจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ คุณภาพน้ำของทั้ง 2 ชุมชน พบว่ามีความเหมาะสมกับระบบผลิตประปาแบบมาตรฐานกรมโยธาธิการ เนื่องจากน้ำดิบมีคุณภาพดีผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปา จึงไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำใด ๆ สามารถสูบจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำได้เลย อย่างไรก็ตามระบบผลิตประปาทั้ง 2 แห่ง ควรมีการเติมสารละลายคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาก่อนด้วย



รูปที่ 4.11 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมโยธาธิการ

4.2.2.2. แบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณี

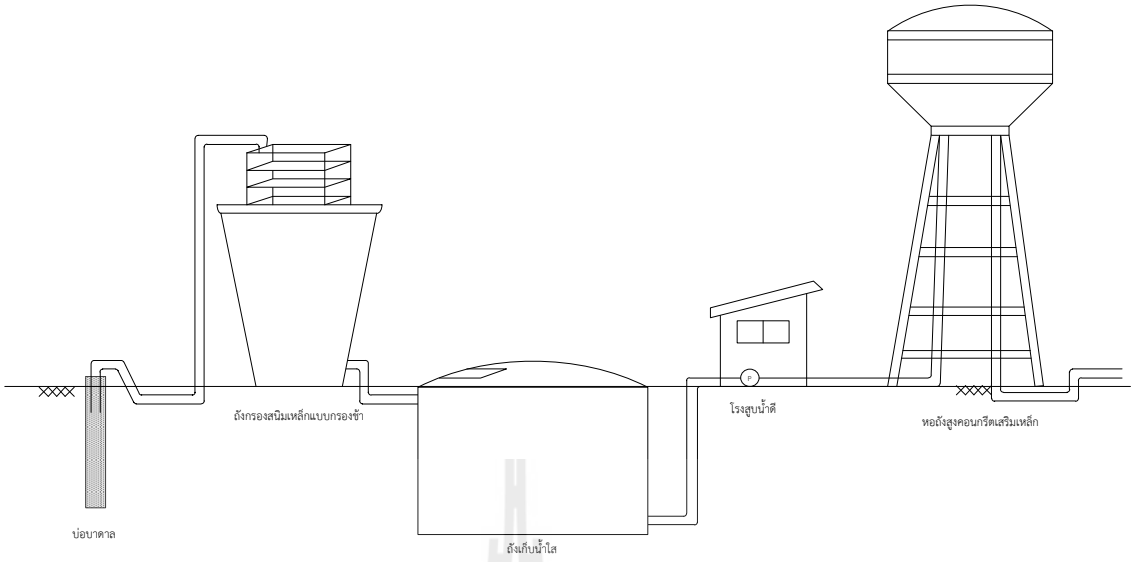
กระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบผลิตประปาแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณีเริ่มจากเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มน้ำสูบน้ำจากบ่อน้ำใต้ดินขึ้นสู่หอถังสูงที่มีลักษณะแบบลูกกอล์ฟ หรือแชมเปญ ก่อนที่น้ำประปาจะถูกส่งจ่ายไปยังผู้ใช้น้ำจะต้องผ่านถังกรองทรายแบบใช้แรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 4.12 แต่จากการสำรวจพบว่าหมู่ที่ 2 บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมาไม่มีถังกรอง และอีก 4 แห่งที่มีถังกรองมีการใช้งานเพียง 1 แห่ง คือ หมู่ที่ 1 บ้านหนองบัววง ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย จ.นครราชสีมา และระบบผลิตประปารูปแบบนี้ไม่มีขั้นตอนการฆ่าเชื้อโรค อย่างไรก็ตามชุมชนที่ใช้ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณีทั้ง 5 แห่ง ไม่พบการเติมสารละลายคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค



รูปที่ 4.12 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบกรมทรัพยากรธรณี

4.2.2.3. แบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ

ระบบผลิตประปาแบบใต้ดินตามมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ มีขั้นตอนการผลิตน้ำของระบบประปาแบบใต้ดินเริ่มจากน้ำดิบถูกสูบขึ้นมาเข้าสู่ถาดชั้นบนสุด น้ำจะกระจายผ่านรูลงมายังถาดชั้นต่อไป ในขณะเดียวกันน้ำดิบจะสัมผัสกับอากาศทำให้เหล็กที่ละลายในน้ำจับตัวเป็นตะกอนสนิมเหล็ก และถ่านหุงต้มที่บรรจุอยู่ในถาดแต่ละชั้นก็จะทำหน้าที่ดูดกลิ่นของน้ำดิบ จากนั้นน้ำดิบจะถูกกระจายลงยังถังกรองทราย และไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำใสเพื่อรอการสูบขึ้นหอถังสูงแบบคอนกรีต พร้อมกับการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค ดังแสดงในรูปที่ 4.13 จากผลการสำรวจพบชุมชนที่ใช้ระบบผลิตประปารูปแบบนี้ 3 แห่ง พบว่าชุดถังกรองและถังเติมอากาศของระบบประปาแบบใต้ดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำที่พบทั้ง 3 แห่ง ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากเกิดการอุดตัน และชำรุดเสียหาย รวมถึงไม่พบการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำดิบโดยทั่วไปอาจพบว่าระบบผลิตประปามีความเหมาะสมกับคุณภาพน้ำ เพียงแต่ควรมีการเพิ่มขั้นตอนการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา



รูปที่ 4.13 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบประปาใต้ดินแบบกรมทรัพยากรน้ำ

จากผลการสำรวจระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำใต้ดินทั่วไป มีเพียงการเติมอากาศ และการกรองเท่านั้น ร้อยละ 100 ไม่พบการเติมสารละลายคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค และมีเพียงร้อยละ 50 ที่คุณภาพน้ำดิบเหมาะสมกับรูปแบบของระบบผลิตประปา โดยส่วนมากที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากน้ำใต้ดินของทั้ง 4 จังหวัด มีปัญหาในเรื่องของความกระด้างซึ่งเกิดจากแคลเซียมที่อยู่ในน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.2กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำของแบบมาตรฐานระบบผลิตประปาชุมชนแบบใต้ดินของทุกหน่วยงานดังกล่าวไม่มีขั้นตอนการเติมปูนขาวเพื่อช่วยกำจัดความกระด้างในน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าระบบผลิตประปาใต้ดินตามแบบมาตรฐานของกรมโยธาธิการ และกรมทรัพยากรธรณียังขาดขั้นตอนการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาก่อนส่งจ่ายให้แก่ผู้ใช้น้ำ ซึ่งอาจส่งผลให้น้ำประปาไม่สะอาด และปลอดภัยกับผู้ใช้น้ำ

รูปแบบระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานแต่ละหน่วยงานมีลักษณะที่แตกต่างกันทำให้ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปา และการดูแลระบบผลิตประปาแตกต่างกันด้วย ต้นทุนของระบบผลิตประปาแบบใต้ดินน้อยกว่าระบบผลิตประปาแบบผิวดิน เนื่องจากระบบผลิตประปาแบบใต้ดินของกรมโยธาธิการ และกรมทรัพยากรธรณีไม่มีการใช้สารเคมีในการเดินระบบ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบน้อยกว่าระบบผลิตประปาทุกรูปแบบ ส่วนระบบผลิตประปาแบบใต้ดินของกรมทรัพยากรน้ำ ตามการออกแบบต้องมีการเติมสารละลายคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค อาจทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ต่างจากระบบผลิตประปาแบบผิวดินทั้งของกรมทรัพยากรน้ำ กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท และกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประปานครหลวง ในกระบวนการผลิตน้ำมีการใช้สารส้มเป็นสารช่วยตกตะกอนเพื่อกำจัดความขุ่นของน้ำ และการเติมสารละลายคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาก่อนส่งจ่าย เมื่อมีการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้นค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิตย่อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

การดูแลระบบผลิตประปาที่ดีทั้งด้านปริมาณ คุณภาพน้ำประปา และโครงสร้างของระบบผลิตประปาย่อมส่งผลให้น้ำประปาที่ผลิตได้มีความเพียงพอต่อปริมาณการใช้น้ำ และมีคุณภาพผ่านมาตรฐานน้ำประปา รวมถึงการยืดอายุการใช้งานของระบบผลิตประปา พิจารณาโครงสร้างและขั้นตอนการผลิตของระบบผลิตประปาแต่ละรูปแบบ ระบบผลิตประปาแบบใต้ดินมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ขั้นตอนการผลิตน้ำประปามีเพียงการเติมอากาศ และการกรอง ทำให้ง่ายต่อการดูแลรักษา แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษากลับพบว่าระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรธรณีและกรมทรัพยากรน้ำ โดยส่วนใหญ่ไม่สามารถเดินระบบตามการออกแบบได้ เนื่องจากการชำรุดเสียหายของถังกรอง แสดงให้เห็นถึงการดูแลระบบที่ไม่มีศักยภาพเพียงพอ ในด้านการดูแลระบบผลิตประปาแบบผิวดินซึ่งมีขั้นตอนการผลิตมากกว่าระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน กลับพบศักยภาพในการดูและระบบผลิตประปาที่ดี สามารถเดินระบบผลิตได้ตามการออกแบบ ยกเว้นระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประปานครหลวง เนื่องจากกระบวนการผลิตถูกรวมเข้าไว้ที่หอถังสูง ที่เป็นระบบปิด จึงยากต่อการดูแลรักษา อาจทำให้การเดินระบบอาจไม่เป็นไปตามการออกแบบ ชุมชนจึงต้องทำการสร้างหน่วยบำบัดน้ำเพิ่มเติม

4.3 การออกแบบระบบผลิตประปา

ระบบผลิตประปา ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ระบบสูบน้ำดิบ ระบบผลิตน้ำ และระบบสูบจ่ายน้ำประปา เพื่อให้การผลิตน้ำประปาเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด การออกแบบองค์ประกอบหลักทั้ง 3 ส่วนจึงควรมีความเหมาะสม

4.3.1 การออกแบบระบบลำเลียงน้ำดิบ

ระบบลำเลียงน้ำดิบ มีหน้าที่นำน้ำจากแหล่งน้ำดิบ มายังระบบผลิตน้ำหรือโรงกรองน้ำประปา ระบบประปาชุมชนส่วนใหญ่ใช้เครื่องสูบน้ำในการลำเลียงน้ำดิบมายังโรงกรองน้ำ การกำหนดขนาดท่อขึ้นอยู่กับปัจจัยทางชลศาสตร์ และทางโครงสร้าง ระบบสูบน้ำดิบประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ และท่อลำเลียงน้ำ โดยทั่วไปเครื่องสูบน้ำของระบบประปาชุมชนพบเพียง 2 ชนิด คือ เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มน้ำสำหรับระบบประปาแบบใต้ดิน และเครื่องสูบน้ำหอยโข่งสำหรับระบบประปาแบบผิวดิน ขนาดของเครื่องสูบน้ำขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตของระบบประปา หรือขนาดของระบบประปา จากการสำรวจระบบประปาชุมชนในจังหวัดนครชัยบุรินทร์ทั้ง 27 แห่ง พบว่าเครื่องสูบน้ำดิบสำหรับระบบประปาแบบใต้ดินขนาดใหญ่มีขนาด 1-3 แรงม้า และ 1-2 แรงม้า สำหรับระบบประปาขนาดกลาง ส่วนเครื่องสูบน้ำสำหรับระบบประปาแบบผิวดินขนาดใหญ่มากมีกำลัง 2-10 แรงม้า ขนาดใหญ่ 2-3 แรงม้า ขนาดกลาง 1-3 แรงม้า และขนาดเล็ก 2 แรงม้า ดังสรุปในตารางที่ 4.4

ในส่วนท่อลำเลียงน้ำดิบมักใช้ท่อพีวีซี และท่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาดของท่อขึ้นอยู่กับขนาดของระบบผลิตประปาเช่นกัน จากตารางที่ 4.5 ท่อลำเลียงน้ำดิบสำหรับระบบผลิตประปาชุมชนที่สำรวจพบมีขนาดไม่เกิน 4 นิ้ว ท่อพีวีซีขนาดที่พบมากสุด คือ 2 นิ้ว ซึ่งพบถึง

ร้อยละ 30และท่อเหล็กอาบสังกะสีร้อยละ 30 มีขนาด 3 นิ้ว รองลงมาคือขนาด 4 นิ้ว พบร้อยละ 19โดยปกติอัตราเร็วของการของน้ำภายในท่อมักอยู่ระหว่าง 0.9-1.8 เมตรต่อวินาที (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2541) ถ้าเร็วเกินไปอาจส่งผลให้เกิดแรงดันสูญเสียเพิ่มมากขึ้น จากตารางที่ 4.6 ผลสำรวจพบร้อยละ 81 ของระบบผลิตประปาทั้งหมด ความเร็วน้ำอยู่ในช่วงที่น้อยกว่าช่วง 0.9-1.8 เมตรต่อวินาที คำนวณจากขนาดท่อลำเลียงน้ำดิบกับอัตราการผลิตน้ำประปาในปัจจุบันของชุมชนแต่ละแห่ง ความเร็วของน้ำในท่อที่น้อยกว่า 0.9 เมตรต่อวินาที อาจส่งผลให้น้ำดิบที่ไหลเข้าสู่ระบบผลิตน้อยเกิน ๆ ไป และถือเป็นการออกแบบขนาดท่อที่ใหญ่เกินความจำเป็น สิ้นเปลืองงบประมาณการก่อสร้าง

ตารางที่ 4.4 ขนาดเครื่องสูบน้ำที่สำรวจพบ

แหล่งน้ำดิบ	ชนิดเครื่องสูบน้ำ	ขนาดระบบประปา	ขนาดเครื่องสูบน้ำ (แรงม้า)	จำนวน (แห่ง)
ใต้ดิน	Submersible	ใหญ่	1	1
			1 ½	1
			2	2
			3	1
		กลาง	1	1
			3	2
		ไม่ระบุ	1	1
			1 ½	1
			รวม	10
ผิวดิน	Centrifugal	ใหญ่มาก	2	1
			2.2	1
			3	1
			5.5	2
			10	1
		ใหญ่	2	2
			3	4
		กลาง	1	1
			2	1
			3	2
		เล็ก	2	1
			รวม	17

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 ขนาดท่อลำเลียงน้ำดิบที่สำรวจพบ

ชนิดท่อ	ขนาดท่อ(นิ้ว)	แหล่งน้ำดิบ		รวม(แห่ง)
		ใต้ดิน	ผิวดิน	
พีวีซี	1 ½	1	-	1
	2	4	4	8
	3	-	1	1
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	1 ½	1	-	1
	2	3	-	3
	3	1	7	8
	4	-	5	5

ตารางที่ 4.6 ความเร็วน้ำในเส้นท่อ

ความเร็วน้ำ (เมตรต่อวินาที)	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
<0.9	22	81
0.9-1.8	5	19
>1.8	0	0

สำหรับการพิจารณาแรงดันสูญเสียในการศึกษาครั้งนี้ทำการพิจารณาเฉพาะแรงดันสูญเสียที่เกิดจากระดับความสูงเท่านั้น รายละเอียดของการคำนวณค่าแรงดันสูญเสียแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก 5 ผลการศึกษาระดับทางชลศาสตร์พบระบบผลิตประปาร้อยละ 25 ระดับของเครื่องสูบน้ำดิบอยู่สูงกว่าระดับของระบบผลิตประปา หมายถึงระบบผลิตประปาดังกล่าวไม่เกิดแรงดันสูญเสียเนื่องจากความสูง ทำให้เครื่องสูบน้ำดิบใช้พลังงานในการสูบน้ำน้อย และแรงดันที่เหลือในเส้นท่อมีมากเพียงพอต่อการส่งน้ำเข้าสู่ระบบผลิตประปา สำหรับระบบผลิตประปาที่ระดับความสูงของระบบผลิตประปาอยู่สูงกว่าเครื่องสูบน้ำดิบพบร้อยละ 75 ของระบบผลิตประปาทั้งหมด ความต่างของระดับอยู่ในช่วงประมาณ 0.3-15 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ส่วนใหญ่ร้อยละ 46แรงดันสูญเสียมีค่าไม่เกิน 5 เมตรของน้ำ สำหรับเกณฑ์การออกแบบระบบท่อลำเลียงน้ำดิบอ้างอิงตามเกณฑ์ของท่อส่งจ่ายน้ำประปา แรงดันที่ให้แก่เส้นท่อควรอยู่ในช่วง 15-30 เมตรของน้ำ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2541) และควรมีแรงดันปลายทางคงเหลือไม่น้อยกว่า 7 เมตรของน้ำ (อุดร จารุรัตน์ และจารุรัตน์ วรนิสรากุล , 2541) จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบสูบน้ำดิบของระบบผลิตประปาร้อยละ 75 เกิดแรงดันสูญเสียประมาณ 0.3-15 เมตรของน้ำ และระบบสูบน้ำดิบทั้งหมดมีแรงดันน้ำในเส้นท่อมากกว่าค่าแรงดันสูญเสีย

ตารางที่ 4.7แรงดันสูญเสียของระบบลำเลียงน้ำดิบ

แรงดันสูญเสีย(ม. น้ำ)	จำนวนระบบผลิตประปา (ร้อยละ)
ไม่สูญเสีย	25
0<H<5	46
5<H<10	17
10<H<15	12

หมายเหตุ H หมายถึง ค่าแรงดันสูญเสีย

4.3.2 การออกแบบระบบผลิตน้ำ

การออกแบบระบบผลิตประปาที่เหมาะสมถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำรูปแบบของระบบผลิตประปาสามารถเลือกสร้างตามแบบมาตรฐานของหน่วยงานต่าง ๆ ตามความเหมาะสมโดยพิจารณาจากความเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้น้ำ และงบประมาณเป็นหลัก ดังนั้นการก่อสร้างจึงเป็นไปการออกแบบของหน่วยงานต่าง ๆ ระบบผลิตประปาชุมชนออกแบบให้มีอัตราการผลิตสูงสุดที่ 10 และ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สำหรับระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน และผิวดิน ตามลำดับ สำหรับการใช้งานจริงในปัจจุบันพบว่าระบบผลิตประปาแบบใต้ดินทั้งหมดยังมีอัตราการผลิตอยู่ในช่วง 1-7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ แสดงให้เห็นถึงระบบผลิตประปาสามารถผลิตน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการน้ำที่คาดการณ์ไว้ และยังสามารถใช้งานได้ต่อไป ส่วนระบบผลิตประปาแบบผิวดินมีอัตราการผลิตที่สูงกว่าระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน พบในช่วง 2-27 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำมีการใช้งานเกินอัตราการผลิตที่ออกแบบ ส่งผลให้การทำงานของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำไม่เป็นไปตามการออกแบบและเป็นช่วงการทำงานที่ไม่เหมาะสมตามเกณฑ์การออกแบบซึ่งอาจส่งผลให้คุณภาพน้ำประปาไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปา

นอกจากการออกแบบอัตราการผลิตที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่บริการแล้ว การออกแบบหน่วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุด และเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของชุมชน จากผลการสำรวจรูปแบบระบบผลิตประปาชุมชนในพื้นที่ทั้ง 4 จังหวัด สามารถสรุปได้ว่าการออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบประปาชุมชนมีรูปแบบไม่ซับซ้อนประกอบด้วยกระบวนการพื้นฐาน ได้แก่ การเติมอากาศ การก่อตะกอน การรวมตะกอน การตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค รายละเอียดการคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาชุมชนแสดงในภาคผนวก ตารางที่ ก 6-ก 10

กระบวนการเติมอากาศเพื่อกำจัดเหล็กและแมงกานีสของระบบผลิตประปาชุมชน พบในระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท และแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำแบบใต้ดิน มีลักษณะแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ประกอบด้วยถาดอะลูมิเนียม 4 ชั้น ภายในบรรจุถ่านหุงต้มเพื่อให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทอากาศดีขึ้น ช่วย

กระจายน้ำน้ำให้สม่ำเสมอ และดูดซับสี และกลิ่นของน้ำ ในการออกแบบมักคำนึงถึงระยะเวลาที่น้ำสัมผัสกับอากาศ กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาสัมผัสมากขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดย่อมสูงขึ้น แต่ขณะเดียวกันถ้ามากเกินไปอาจทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง โดยทั่วไปการออกแบบมักกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำประมาณ 10-20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อพื้นที่ถาดทั้งหมด หนึ่งตารางเมตร (อุดร จารุรัตน์ และ จารุรัตน์ วรนิสรากุล, 2545) แต่การเดินระบบของประปาแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำแบบใต้ดิน และแบบมาตรฐานกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบทในพื้นที่จังหวัดนครชัยบุรินทร์พบว่าอัตราการไหลของน้ำผ่านถาดประมาณ 4-7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อพื้นที่ถาดทั้งหมด หนึ่งตารางเมตรน้อยกว่าเกณฑ์การออกแบบที่กำหนด ส่งผลให้ระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศไม่มากพอ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเติมอากาศต่ำ กล่าวคือ การกำจัดเหล็กและแมงกานีสที่ปนเปื้อนในน้ำอาจไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

การกำจัดสี และความขุ่นของน้ำสำหรับระบบผลิตประปาชุมชนมักใช้การตกตะกอนด้วยสารเคมี สารที่นิยมใช้คือ สารส้ม กระบวนการทำงานสารเคมีจะช่วยทำให้เกิดตะกอนวุ้น (floc) เมื่อตะกอนมีน้ำหนักมากขึ้นจะแยกจากน้ำใสตกลงสู่ก้นถัง หลักการที่ทำให้เกิดตะกอนวุ้นประกอบด้วย การก่อตะกอน หรือการผสมเร็ว และการรวมตะกอน การออกแบบกระบวนการก่อตะกอนและรวมตะกอนใช้วิธีคำนวณหากำลังงานในการกวนน้ำ วัดได้ในรูปของความลาดชันความเร็ว (Velocity gradient) โดยมีหลักในการผสมว่าจะต้องให้สารเคมีและน้ำดิบมีโอกาสสัมผัสคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึงที่สุด (อุดร จารุรัตน์ และ จารุรัตน์ วรนิสรากุล, 2545) ระบบผลิตประปาชุมชนมักใช้การผสมแบบไฮดรอลิคจัมป์ และการกวนผสมในเส้นท่อ การออกแบบมักกำหนดให้น้ำไหลด้วยความเร็ว 3-4 เมตรต่อวินาที ความเร็วของน้ำสัมพันธ์กับระยะเวลาสัมผัส ดังนั้นในการศึกษานี้จึงพิจารณาที่ระยะเวลาสัมผัสของน้ำ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการก่อตะกอนประมาณ 20-60 วินาที และระยะเวลาที่ใช้ในการรวมตะกอนประมาณ 20-50 นาที (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2541) จากการสำรวจพบว่ามีเพียงระบบผลิตประปาแบบผิวดินที่มีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการก่อ และรวมตะกอน ซึ่งพบว่ากระบวนการก่อตะกอน และรวมตะกอนมีระยะเวลาสัมผัสอยู่ในช่วง 12-130 วินาที และ 10-100 นาที ตามลำดับ บางแห่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้สารเคมีและน้ำดิบเกิดการผสมไม่ทั่วถึง หรือการรวมตะกอนเกิดได้ไม่ดี เนื่องจากความเร็วของน้ำสูงเกินไป ตะกอนที่เกิดขึ้นแตกออกเป็นก้อนเล็กได้อีกส่งผลต่อระบบกรองอาจเกิดการอุดตันที่เร็ว หรืออาจทำให้น้ำประปาที่ผลิตได้มีความขุ่นสูง

หลังจากน้ำผ่านกระบวนการรวมตะกอนแล้ว น้ำจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน ตะกอนวุ้นที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากจะจมตัว ความเร็วของน้ำในการไหลในถังตกตะกอนจะลดลงช้ามากประมาณ 0.4 เมตรต่อนาที เช่นเดียวกับการก่อตะกอน และรวมตะกอน ถังตกตะกอนจะพบเฉพาะระบบผลิตประปาแบบผิวดิน รูปแบบที่พบทั่วไป คือ ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า และถังตกตะกอนแบบทรงกลม ประสิทธิภาพการตกตะกอนขึ้นอยู่กับลักษณะขนาดของตะกอน และรูปแบบของการไหล สำหรับค่าที่ใช้พิจารณาในการออกแบบถังตกตะกอน ได้แก่ ค่าภาระผิว (surface loading) หรือความเร็วน้ำล้น (overflow velocity)

และระยะเวลาเก็บกัก ในการศึกษานี้พิจารณาเพียงระยะเวลาเก็บกัก เนื่องจากค่าความเร็วน้ำล้นสัมพันธ์กับระยะเวลาเก็บกักเช่นกัน โดยระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมของถังตกตะกอนประมาณ 2-4 ชั่วโมง (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2541) ระบบผลิตประปาที่สำรวจพบว่ามักมีระยะเวลาเก็บกักที่ไม่เหมาะสม พบตั้งแต่ 0.5-7 ชั่วโมง ซึ่งระบบผลิตประปาที่ถังตกตะกอนมีระยะเวลาสัมผัสน้อยไปอาจทำให้ประสิทธิภาพการตกตะกอนไม่ดี ส่วนระบบผลิตประปาที่มีระยะเวลาเก็บกักมากเกินไป แสดงให้เห็นถึงการออกแบบที่เกินความจำเป็นสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

กระบวนการสุดท้ายในการกำจัดความขุ่นออกจากน้ำดิบ คือ กระบวนการกรอง สำหรับระบบผลิตประปาชุมชนมักใช้ระบบทรายกรองช้า สำหรับระบบผลิตประปาแบบผิวดินและถังกรองทรายแบบใช้แรงดัน ในระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน ประสิทธิภาพการกรองขึ้นอยู่กับอัตราการกรองที่เหมาะสม อัตราการกรองยิ่งต่ำประสิทธิภาพยิ่งสูง อย่างไรก็ตามเกณฑ์การออกแบบกำหนดไว้ที่ประมาณ 5-6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อหนึ่งตารางเมตรของพื้นที่กรอง (อุดร จารุรัตน์ และ จารุรัตน์ วรนิสรากุล, 2545) ระบบผลิตประปาบางแห่งที่มีอัตราการกรองสูงกว่าเกณฑ์การออกแบบย่อมส่งผลให้ประสิทธิภาพการกรองลดต่ำลง

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการออกแบบระบบผลิตประปาชุมชนในพื้นที่ทั้ง 4 จังหวัด ไม่เหมาะสมตามเกณฑ์การออกแบบ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9เนื่องจากการทำงานของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำตั้งแต่การเติมอากาศ การก่อตะกอน การรวมตะกอน การตกตะกอน และการกรอง ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามเกณฑ์การออกแบบอาจทำให้น้ำประปาที่ผลิตได้ไม่ผ่านมาตรฐานของน้ำประปา นอกจากนี้ยังพบว่าสภาพการใช้งานของระบบประปาส่วนใหญ่ที่สำรวจพบไม่สามารถเดินระบบผลิตตามที่ออกแบบได้ ซึ่งสรุปในตารางที่ 4.10ผลการศึกษาพบว่าระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน สำรวจพบในจำนวนประปา 8 แห่ง ที่มีถังกรองสามารถใช้งานได้เพียง 1 แห่ง เท่านั้น และในส่วนของระบบประปาใต้ดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำที่มีเครื่องสูบจ่ายคลอรีนทั้ง 3 แห่ง ที่สำรวจพบไม่พบว่ามีการใช้งาน จึงอาจกล่าวได้ว่าระบบผลิตประปาแบบใต้ดินโดยส่วนใหญ่ไม่มีกระบวนการฆ่าเชื้อโรค ในส่วนของระบบผลิตประปาแบบผิวดินสภาพการใช้งานโดยรวมถือว่าครบตามการออกแบบ แต่มีบางพื้นที่ที่มีการก่อสร้างกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพิ่มเติมจากแบบมาตรฐานที่ก่อสร้างไว้และมีจำนวน 5 แห่ง ที่ไม่มีกระบวนการฆ่าเชื้อโรค

4.3.3 การออกแบบระบบสูบจ่ายน้ำประปา

ระบบสูบจ่ายน้ำประปาของระบบผลิตประปาชุมชนทั้งหมดพบว่าใช้การส่งจ่ายด้วยหอถังสูง เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ รวมถึงในช่วงที่เกิดกระแสไฟฟ้าดับ ระบบแจกจ่ายน้ำประปาแบบนี้จะยังคงสามารถจ่ายน้ำได้ช่วงเวลาหนึ่ง โดยน้ำประปาจะถูกสูบจากถังน้ำใส หรือจากบ่อใต้ดินด้วยเครื่องสูบน้ำขึ้นสู่หอถังสูง การทำงานถูกควบคุมด้วยระบบลูกลอยที่ทำการติดตั้งบริเวณหอถังสูง เมื่อน้ำเต็มระดับหอถังสูงเครื่องสูบน้ำก็จะหยุด

ทำงาน สำหรับรูปแบบของหอถังสูงที่พบมีลักษณะ ขนาดที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบของระบบผลิตประปา ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

หอถังเหล็กทรงกลมขอบเหลี่ยม หรือลูกกอล์ฟ ตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณี บรรจุน้ำภายในตลอดตั้งแต่ฐานถึงรูปทรงกลมปริมาตร 12 ลูกบาศก์เมตร

หอถังเหล็กรูปทรงแชมเปญ เป็นระบบประปาชุมชนตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณี และกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท บรรจุน้ำภายในถังตลอดตั้งแต่ฐานถึงรูปทรงกลมปริมาตร 20 ลูกบาศก์เมตร

ถังบรรจุน้ำติดตั้งบนโครงเหล็ก เป็นรูปแบบถังเก็บน้ำตามแบบกรมโยธาธิการ ติดตั้งถังน้ำขนาด 2,000 ลิตร จำนวน 4 ถังบนโครงเหล็ก ความจุรวม 8 ลูกบาศก์เมตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.8 การออกแบบระบบผลิตประปาแบบใต้ดินที่สำรวจพบ

อัตราการผลิตและหน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ		เกณฑ์การออกแบบ	กรมทรัพยากรน้ำ	กรมทรัพยากรธรณี	กรมโยธาธิการ
อัตราการผลิตออกแบบ (ลบ.ม/ชม.)		-	7-10	7-10	7
อัตราการผลิตใช้งานจริง (ลบ.ม./ชม.)		-	6-7	2-5	1-5
ระบบกำจัดเหล็กและแมงกานีส	รูปแบบ	-	แบบถาด	ไม่มี	ไม่มี
	จำนวนชั้น	3-5	4		
	ระยะห่างของถาด (ม.)	0.3-0.75	0.3		
	พื้นที่ถาด (ตร.ม)	-	0.8-1.4		
	อัตราการไหลของน้ำผ่านถาด (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)	10-20	4-7		
ระบบกรอง	รูปแบบ	-	กรองช้า	กรองทรายใช้แรงดัน	ไม่มี
	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ม)	-	2	1	
	อัตราการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)	5-6	3-3.5	2-5	
	ขนาดแรงดัน (ม.ของน้ำ)	-	-	12.6	
	ชนิดสารกรอง	-	ทราย (0.6)	ทราย (0.6)	
		-	กรวด (0.4)	กรวด (0.4)	
	รูปแบบทางน้ำออก	-	ท่อก้างปลา	ท่อก้างปลา	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 การออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินที่สำรวจพบ

อัตราการผลิตและหน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ		เกณฑ์การออกแบบ	กรมทรัพยากรน้ำ	รพช.	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นและการประปานครหลวง	อื่น ๆ
อัตราการผลิตออกแบบ (ลบ.ม/ชม.)		-	5-20	7	10	-
อัตราการผลิตใช้งานจริง (ลบ.ม./ชม.)		-	4-27	5-6	8.3	2-5
กระบวนการสร้างตะกอน	ระยะเวลาเก็บกัก (วินาที)	20-60	12-130	-	76	-
กระบวนการรวมตะกอน	ระยะเวลาเก็บกัก (นาที)	20-50	10-100	-	30	72
ถังตกตะกอน	ขนาดถัง(ลบ.ม.)	-	24-45	40	4	6
	ความกว้าง : ความยาว	1:3-1:5	1:3	-	1:1.5	-
	ระยะเวลาเก็บกัก (ชม.)	3-4	0.9-5.5	7	0.5	1.2
ระบบกำจัดเหล็กและแมงกานีส	จำนวนชั้น	3-5	-	4	-	-
	ระยะห่างของถาด (ม.)	0.3-0.75	-	0.24	-	-
	พื้นที่ถาด (ตร.ม)	-	-	0.28	-	-

ตารางที่ 4.9 การออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินที่สำรวจพบ(ต่อ)

อัตราการผลิตและหน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ		เกณฑ์การออกแบบ	กรมทรัพยากรน้ำ	รพช.	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นและการประปานครหลวง	อื่น ๆ
	อัตราการไหลของน้ำผ่านถาด (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)	10-20	-	7	-	-
ระบบกรอง	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ม)	-	3-6	14	6.8	-
	อัตราการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)	5-6	0.41-8.4	0.41	1.18	-
	ชนิดสารกรอง	-	ทราย (0.6)	ทราย (0.6)	-	-
		-	กรวด (0.4)	กรวด (0.4)	-	-
	รูปแบบทางน้ำออก	-	ท่อก้างปลา	ท่อก้างปลา	-	-

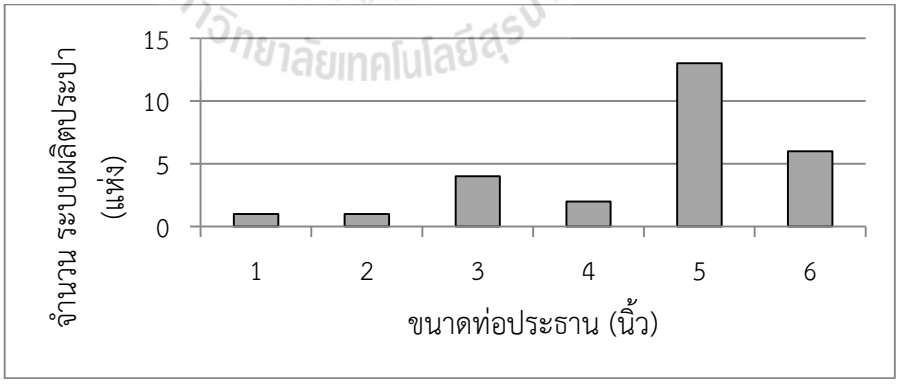
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.10 สภาพการใช้งานระบบผลิตประปา

หน่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ	ลักษณะ	จำนวนที่มี (แห่ง)			จำนวนที่ใช้งานได้ (แห่ง)		
		ประปาผิวดิน	ประปาใต้ดิน	รวม	ประปาผิวดิน	ประปาใต้ดิน	รวม
การเติมอากาศ	ถาดอลูมิเนียม	2	3	5	2	0	2
การก่อตะกอน	ไฮดรอลิคจั๊ม	12	0	12	12	0	12
	ฉีดเข้าเส้นท่อ	3	0	3	2	0	2
	น้ำไหลผ่านกระสอบ	1	0	1	1	0	1
การรวมตะกอน	คลองวนเวียน	13	0	13	13	0	13
	ถังทรงกระบอก	3	0	3	2	0	2
การตกตะกอน	ถังสี่เหลี่ยม	13	0	13	13	0	13
	ถังทรงกระบอก	3	0	3	3	0	3
การกรอง	ถังกรองทราย	16	4	20	16	0	16
	ถังกรองทรายแบบใช้แรงดัน	0	4	4	0	1	1
การฆ่าเชื้อโรค	ในเส้นท่อ	16	3	19	12	0	12
	อื่น ๆ	1	0	1	1	0	1

หอถังสูงคอนกรีต เป็นรูปแบบถังเก็บน้ำของกรมทรัพยากรน้ำมีขนาดความจุตั้งแต่ 10-45 ลูกบาศก์เมตร

การออกแบบท่อประธาน พบว่าชนิดของท่อที่ใช้ในระบบผลิตประปาแต่ละแห่งแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแบบมาตรฐานระบบผลิตประปาของแต่ละหน่วยงาน โดยท่อประธานตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำจะใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี ส่วนรูปแบบอื่น ๆ นิยมใช้ท่อพีวีซี ขนาดของท่อประธานขึ้นอยู่กับอัตราการผลิต หรือขนาดของระบบผลิตประปา จากรูปที่ 4.14พบระบบผลิตประปาร้อยละ 48ออกแบบท่อประธานให้มีขนาด 4 นิ้ว รองลงมาเป็นท่อขนาด 6 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดใหญ่ที่สุดของระบบผลิตประปาชุมชนร้อยละ 22ระบบผลิตประปาที่เหลืออีกร้อยละ 30ท่อประธานมีขนาด 3 2 ½ 2 และ 1 นิ้ว พิจารณาการรองรับอัตราการใช้น้ำในปัจจุบันและอนาคตของท่อประธานพบท่อประธานของระบบสูบจ่ายน้ำประปาจากความสามารถสูงสุดในการรองรับอัตราการไหลของท่อขนาดต่าง ๆ พบร้อยละ 100ของระบบผลิตประปาทั้งหมดที่สำรวจ สามารถรองรับอัตราการใช้น้ำในปัจจุบันได้ และการประเมินความสามารถในการรองรับอัตราความต้องการน้ำในปี พ.ศ. 2564 พ.ศ. 2574 และ พ.ศ. 2584 พบระบบผลิตประปามากถึงร้อยละ 96ท่อประธานยังสามารถรองรับอัตราการใช้น้ำในอนาคตได้ มีเพียงท่อขนาด 1 นิ้วที่ไม่สามารถรองรับอัตราการใช้น้ำในอนาคตได้ต้องทำการเปลี่ยนท่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ในการศึกษานี้ไม่พิจารณาการสูญเสียต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความเร็วของน้ำรายละเอียดความสามารถในการรองรับอัตราการไหลของน้ำในท่อขนาดต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก 11 ปัจจุบันความเร็วการไหลของน้ำในเส้นท่อแสดงในตารางที่ 4.11พบร้อยละ 93มีความเร็วต่ำกว่า 0.9 เมตรต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมในการออกแบบ มีเพียงร้อยละ 7ที่มีความเร็วอยู่ในช่วง 0.9-1.8 เมตรต่อวินาที (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2541)



รูปที่ 4.14ขนาดท่อประธานของระบบผลิตประปาชุมชน

การออกแบบระบบสูบจ่ายน้ำประปาชุมชน พบการกำหนดตำแหน่งหอถังสูงให้อยู่ในระดับความสูงมากกว่าจุดจ่ายน้ำประปา จากการศึกษาพบระบบผลิตประปาที่หอถังสูงตั้งอยู่ในระดับที่สูงกว่าจุดใช้น้ำที่อยู่ไกลสุด หรือจุดสูงสุดของพื้นที่บริการน้ำประปาจำนวนร้อยละ 38

ของระบบผลิตประปาทั้งหมด จึงสามารถพิจารณาแรงดันสูญเสียในระบบสูบจ่ายน้ำประปาปาของระบบผลิตประปาดังกล่าวเป็นศูนย์ และมีแรงดันน้ำเพียงพอต่อการส่งจ่ายน้ำประปาในพื้นที่บริการ เมื่อไม่พิจารณาการสูญเสียในเส้นท่อ นอกจากนี้ระบบผลิตประปาอีกร้อยละ 63 พบแรงดันสูญเสียมีค่าประมาณ 0.3-25 เมตรของน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.12ระบบผลิตประปาโดยส่วนใหญ่ร้อยละ 89ของระบบผลิตประปาทั้งหมดที่สำรวจ มีแรงดันน้ำต้นทางอยู่ในช่วงเกณฑ์การออกแบบกำหนดตั้งแต่ 15-30 เมตรของน้ำ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2541)เมื่อพิจารณาที่แรงดันปลายทาง ณ จุดใช้น้ำไกลสุดพบจำนวนระบบผลิตประปาร้อยละ 21มีแรงดันน้ำเหลือต่ำกว่า 7 เมตรของน้ำ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าเกณฑ์การออกแบบโดยทั่วไป (อุดร จารุรัตน์ และจารุรัตน์ วรนิสรากุล, 2541) อาจทำให้จุดรับน้ำประปาที่ไกลที่สุดในระบบผลิตประปาดังกล่าว น้ำไหลช้าในช่วงเวลาเร่งรีบ ในส่วนระบบสูบจ่ายน้ำประปาอีกร้อยละ 79 พบมีแรงดันน้ำที่จุดไกลสุดมากเกิน 7 เมตรของน้ำ แสดงให้เห็นว่าแรงดันน้ำของระบบสูบจ่ายน้ำประปาเพียงพอต่อการส่งจ่ายน้ำประปาในพื้นที่บริการ เมื่อไม่พิจารณาการสูญเสียแรงดันในเส้นท่อ

ตารางที่ 4.11 ความเร็วน้ำประปาในเส้นท่อที่สำรวจพบ

ความเร็วน้ำ (เมตรต่อวินาที)	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
<0.9	25	93
0.9-1.8	2	7
>1.8	-	-

ตารางที่ 4.12 แรงดันน้ำต้นทาง และปลายทางของระบบประปาชุมชน

แรงดัน		จำนวนระบบผลิตประปา (ร้อยละ)
แรงดันต้นทาง (ม. น้ำ)	<15	11.11
	15-30	88.89
	>30	0.00
แรงดันสูญเสีย (ม. น้ำ)	0	37.50
	0<H<10	45.83
	10<H<20	12.50
	20<H<30	4.17
แรงดันปลายทาง (ม. น้ำ)	<7	20.83
	7-10	4.17
	>10	75.00

หมายเหตุ H หมายถึง แรงดันสูญเสีย

4.4 พลังงานที่ใช้ในการเดินระบบผลิตประปา

พลังงานที่ใช้ในการเดินระบบผลิตประปาพิจารณาในรูปของพลังงานไฟฟ้า ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิตน้ำประปามากกว่าร้อยละ 50 เป็นค่ากระแสไฟฟ้า (Coelho and Campos et al., 2014) ระบบผลิตประปาใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องสูบ เครื่องจ่ายสารละลายเคมี หลอดไฟในระบบประปา และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ โดยมากกว่าร้อยละ 95 ของค่ากระแสไฟฟ้าเป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินเครื่องสูบจ่ายน้ำ ประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มที่ดีจะทำให้ช่วยลดค่ากระแสไฟฟ้า (Europump and the US Department of Energy, 2004) พลังงานที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตของระบบผลิตประปา ระบบประปาที่มีขนาดใหญ่ย่อมใช้พลังงานในการเดินระบบมากกว่าระบบผลิตประปาขนาดเล็ก ดังเช่นผลการสำรวจระบบผลิตประปาชุมชนในพื้นที่ทั้ง 4 จังหวัด แสดงในตารางที่4.13 พบระบบผลิตประปาแบบใต้ดินมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินระบบผลิตน้อยกว่าระบบผลิตประปาแบบผิวดิน พลังงานที่ใช้ในการเดินระบบยังขึ้นอยู่กับการดูแลรักษาระบบผลิตประปาด้วย

ตารางที่4.13 ค่าไฟฟ้าของระบบประปาชุมชน

รูปแบบระบบผลิตประปา	ขนาด	จำนวนระบบผลิตประปา (แห่ง)	ค่าไฟฟ้า (บาท/เดือน)	ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำประปา (บาท/ลบ.ม.)
ใต้ดิน	ไม่ระบุ	2	1,000-2,500	2.75
	กลาง	3	2,000-10,000	4.58
	ใหญ่	5	2,500-10,000	2.38
ผิวดิน	ไม่ระบุ	1	1,000	1.43
	กลาง	4	1,000-2,300	0.84
	ใหญ่	6	1,700-55,000	1.88
	ใหญ่มาก	6	3,500-15,000	1.40

เมื่อประเมินค่าไฟฟ้าของระบบผลิตต่อปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้ ผลการศึกษาพบระบบผลิตประปาร้อยละ 81 ของระบบผลิตประปาทั้งหมด ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อการผลิตน้ำประปาหนึ่งหน่วยน้อยกว่าราคาจำหน่ายน้ำประปา รายละเอียดรายรับ-รายจ่าย และราคาขายน้ำของระบบผลิตประปาแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก 12 จากตารางที่ 4.13 พบค่าไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำประปาของระบบผลิตประปาแบบใต้ดินโดยรวมมีค่ามากกว่าค่าไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำประปาของระบบผลิตประปาแบบผิวดิน ซึ่งมีค่าประมาณ 2.3-4.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนระบบผลิตประปาแบบผิวดินค่าไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำประปาประมาณ 0.8-1.8 บาทต่อลูกบาศก์เมตรและพบระบบผลิตประปามีต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำประปามากกว่าราคาจำหน่ายน้ำประปาอยู่ร้อยละ 19ของระบบผลิตประปาทั้งหมด โดยค่าไฟฟ้าต่อการผลิตน้ำประปา 1 ลูกบาศก์เมตรมากกว่าราคาขายน้ำมากถึงร้อยละ 25-50 ของราคาจำหน่ายน้ำประปา ค่าไฟฟ้าที่มากเกินอาจเกิดได้จากการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่ไม่เหมาะสม

ประกอบด้วย การทำงานของเครื่องสูบน้ำไม่มีประสิทธิภาพ (Inefficient Pumps) การจัดกลุ่มทำงานของเครื่องสูบน้ำไม่เหมาะสม (Inefficient Pump Combinations) และการจัดกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำไม่เหมาะสม (Inefficient Pump Scheduling) (Coelho and Campos et al., 2014)เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตน้ำประปา และเพิ่มผลกำไรต่อกิจการประปาควรมีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้แนวทางในการจัดการและใช้พลังงานในระบบผลิตประปาหมู่บ้านให้มีความคุ้มค่า ประกอบด้วย

- ใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเล็กจำนวนหลายเครื่องดีกว่าการใช้เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่จำนวนน้อยเครื่องเนื่องจากการสูบน้ำในกระบวนการทั่วไปจะมีจุดการทำงานที่เปลี่ยนไปได้ค่อนข้างกว้าง
- ควรเลือกเครื่องสูบน้ำที่มีจุดการทำงานอยู่ในช่วงประสิทธิภาพสูงสุด
- เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในเครื่องสูบน้ำ
- ควรใช้ระบบปรับความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับเครื่องสูบน้ำแทนการปิดวาล์วหรือการต่อท่อตรง (Bypass) เนื่องจากสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่พลังงานไฟฟ้าแปรผันตรงกับกำลังสามของความเร็วรอบ (EuropumpandtheUSDepartmentof Energy, 2004.)
- ควรควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำให้อยู่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำ(Off peak) และหยุดการทำงานในบางช่วงสำหรับเวลาต้องการใช้ไฟฟ้าสูง (On peak) ซึ่งเป็นการคิดอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate, TOU) (วีรชนและพรเทพ, 2550)
- ติดตั้งถังเก็บน้ำใสให้เพียงพอต่อความต้องการน้ำในช่วงเวลามีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้งานของเครื่องสูบน้ำในเวลานั้น
- จัดให้มีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อคงประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานของเครื่อง (Coelho and Campos et al., 2014)

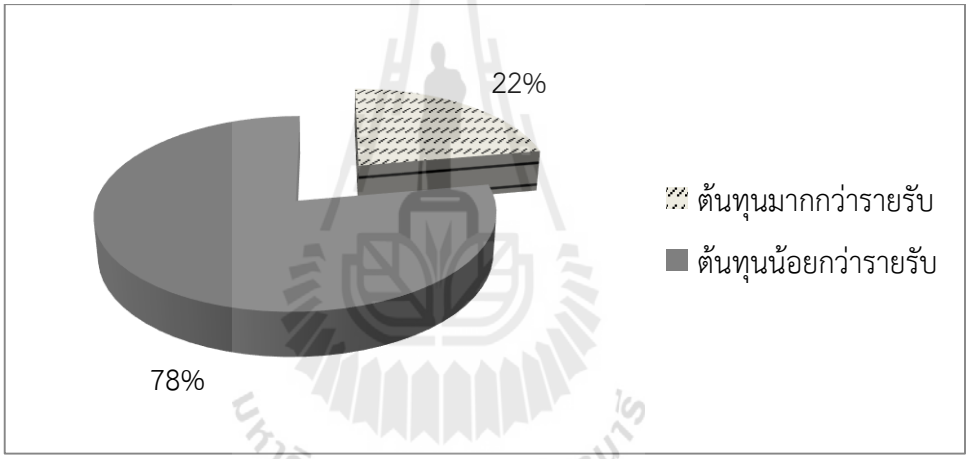
4.5 ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิตประปา

ต้นทุนในการผลิตน้ำประปา คือค่าใช้จ่ายทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรในการศึกษานี้พิจารณาเพียงต้นทุนผันแปร ประกอบด้วยค่าสารเคมี ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษา และค่าจ้างผู้ดูแลระบบผลิตประปา จากตารางที่ 4.14 พบค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิตประปาแบบผิวดินมากกว่าระบบผลิตประปาแบบใต้ดิน ซึ่งระบบผลิตประปาแบบใต้ดินจะไม่พบการใช้สารเคมีใด ๆ และมีอัตราการผลิตที่น้อยกว่าระบบผลิตประปาแบบผิวดิน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบน้อยกว่า จากรูปที่ 4.15 เมื่อพิจารณาต้นทุนผันแปรทั้งหมดดังกล่าวกับรายได้จากการเก็บค่าน้ำ พบระบบผลิตประปาถึงร้อยละ 22 ที่มีปัญหาการขาดทุนต้นทุนค่าน้ำต่อหน่วยมากกว่าค่าน้ำที่จัดเก็บได้ต่อหน่วย แสดงให้เห็นถึงการบริหารจัดการที่ไม่เหมาะสม ไม่สามารถดำเนินกิจการระบบผลิตประปาเองได้ด้วยเงินกองทุน จำเป็นต้องมีการสนับสนุนงบประมาณจากภายนอกเข้ามา และจำนวนระบบผลิตประปาอีกร้อยละ 88 สามารถดำเนินกิจการภายใต้เงินกองทุน

ของระบบผลิตประปาเองได้ เนื่องจากการจัดเก็บรายได้ค่าน้ำประปาเพียงพอกับต้นทุนในการเดินระบบผลิตประปา

ตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบผลิตประปาชุมชน

ระบบประปา	ค่าไฟฟ้า (บ/เดือน)	ค่าสารเคมี (บ/เดือน)	ค่าบำรุงรักษา (บ/เดือน)	ค่าตอบแทน (บ/เดือน)
แบบผิวดิน	1,000-55,000	800-16,400	100-20,000	400-20,000
แบบใต้ดิน	500-5,000	-	2,000-10,000	450-5,000

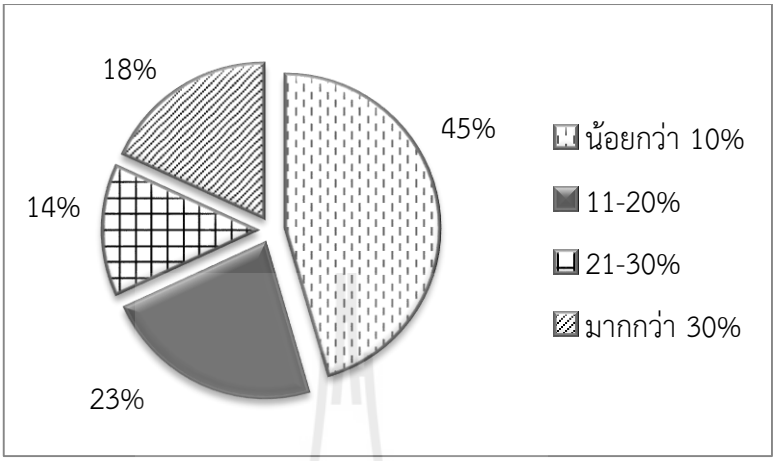


รูปที่ 4.15 การพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนกับรายรับของระบบผลิตประปาชุมชน

4.6 ปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาด

การคำนวณปริมาณน้ำสูญเสียของระบบผลิตประปาชุมชน พิจารณาจากปริมาณน้ำที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน เทียบกับปริมาณหน่วยน้ำที่จัดเก็บได้เป็นการประมาณโดยคร่าว ๆ จากรูปที่ 4.16 พบว่าโดยส่วนใหญ่ร้อยละ 45 ระบบผลิตประปาชุมชนมีการสูญเสียน้ำสะอาดน้อยกว่าร้อยละ 10 อยู่ในช่วง หรือโดยเฉลี่ยปริมาณน้ำสูญเสียทั้งหมดประมาณร้อยละ 20.74 น้อยกว่าค่าโดยทั่วไปประมาณไว้ที่ร้อยละ 25 ของปริมาณความต้องการน้ำทั้งหมด (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการแจกจ่ายน้ำที่ดีของระบบผลิตประปา การสูญเสียน้ำประปาคาดว่าอาจเกิดจากการรั่วซึม ท่อแตก การต่อท่อ ระบบสูบจ่ายน้ำประปา และการชำระล้างในระบบผลิตน้ำประปา เช่น การล้างหน้าทรายกรอง (Back wash) เป็นต้น อย่างไรก็ตามระบบผลิตประปาร้อยละ 18 เกิดการสูญเสียน้ำสะอาดมากกว่าร้อยละ 30อาจทำให้เกิดการสูญเปล่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ สิ้นเปลือง

ต้นทุนในการผลิตน้ำประปาโดยเปล่าประโยชน์ ควรมีการลดปริมาณน้ำสูญเสียด้วยการดูแลรักษาซ่อมบำรุงระบบผลิตประปา รวมถึงการตรวจสอบระบบท่อส่งจ่ายน้ำไม่ให้เกิดการรั่วซึมอย่างสม่ำเสมอ



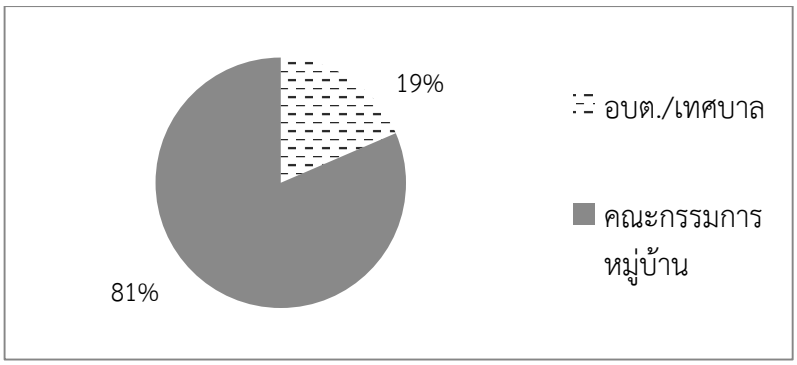
รูปที่ 4.16 ปริมาณการสูญเสียน้ำสะอาดของระบบผลิตประปาชุมชน

4.7 การบริหารกิจการประปา

การพิจารณาด้านการบริหารดูแลกิจการประปาชุมชน แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ประกอบด้วย รูปแบบการบริหารจัดการ หมายถึงองค์กรหรือกลุ่มบุคคลที่ทำหน้าที่ดูแลบริหารจัดการระบบผลิตประปาเมื่อเดินระบบ และบุคลากรผู้บริหารจัดการระบบผลิตประปา ในการศึกษานี้การประเมินด้านบุคลากร ได้ทำการสำรวจระดับการศึกษาผู้ดูแลระบบ และประวัติการอบรมการดูแลระบบประปา

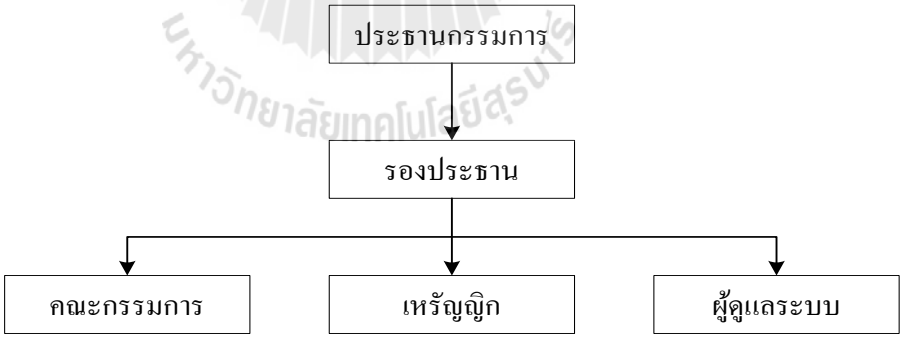
4.7.1. รูปแบบการบริหารจัดการ

รูปแบบการบริหารกิจการประปาที่สำรวจพบมี 2 รูปแบบ คือ การบริหารโดยคณะกรรมการบริหารกิจการประปา ซึ่งประชาชนในชุมชนทำการคัดเลือกแต่งตั้งขึ้นมาให้ดูแลกิจการและการบริหารโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ส่วนใหญ่เป็นการบริหารแบบรูปแบบที่ 1 พบมากถึงร้อยละ 81ของจำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด และรูปแบบที่ 2 พบเพียงร้อยละ 19 ดังแสดงในรูปที่ 4.17โดยทำหน้าที่บริหารจัดการคน วัสดุอุปกรณ์ และเงิน

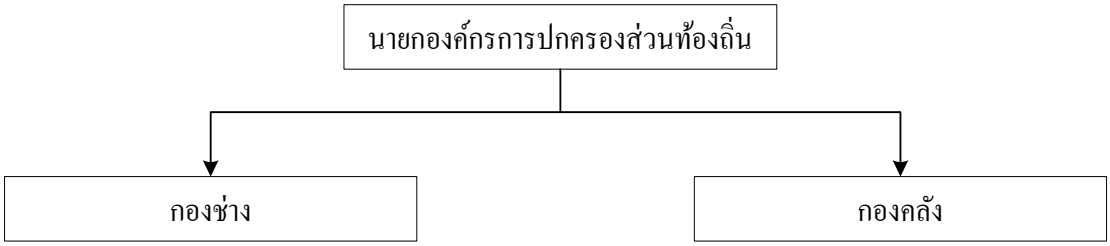


รูปที่ 4.17 รูปแบบการบริหารกิจการประปา

การบริหารกิจการประปาโดยคณะกรรมการที่ประชาชนเป็นผู้เลือกขึ้นมา เป็นรูปแบบที่ประชาชนมีส่วนร่วมในการดูแลระบบประปาชุมชนอย่างแท้จริง โครงสร้างคณะกรรมการแสดงดังรูปที่ 4.18ประกอบด้วยประธาน รองประธาน กรรมการ เหรัญญิก และผู้ดูแลระบบผลิตประปา คณะกรรมการจะมีหน้าที่ในการดูแลตรวจสอบ ซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์และระบบผลิตประปา การเก็บรักษาเงินและจัดทำบัญชีรายรับ-รายจ่ายของกองทุน สำหรับการบริหารกิจการประปาโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอย่างเทศบาล หรือองค์การบริหารส่วนตำบล จะมีนายกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ดูแลการบริหารกิจการประปา ฝ่ายกองคลังเป็นผู้จัดเก็บค่าน้ำประปา และเจ้าหน้าที่ในฝ่ายกองช่างเป็นผู้ดูแลระบบผลิตประปา คุณภาพน้ำ ซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์ และจัดสรรงบประมาณรายจ่ายของระบบประปาทั้งการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ ค่าสารเคมี และค่าไฟฟ้า มีโครงสร้างการบริหารดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.18 โครงสร้างการบริหารจัดการระบบประปาโดยคณะกรรมการหมู่บ้าน

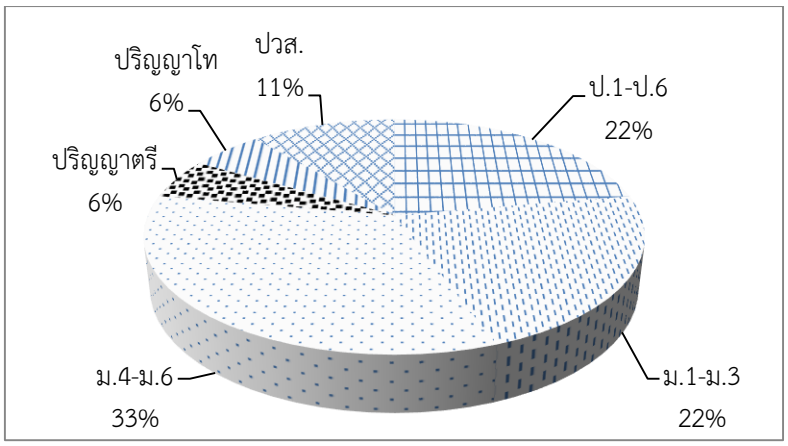


รูปที่ 4.19 โครงสร้างการบริหารจัดการระบบประปาโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

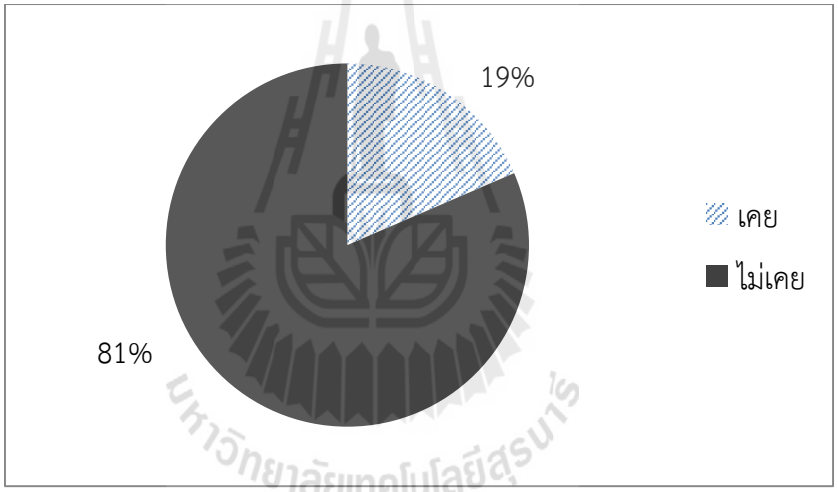
แต่จากการสำรวจระบบประปาชุมชนในพื้นที่ทั้ง 4 จังหวัด การบริหารกิจการประปาโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีการจัดเก็บข้อมูลที่ครบถ้วนมากกว่า ทำให้ง่ายต่อการสำรวจจัดเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังพบว่าประชาชุมชนบางแห่งที่ดูแลโดยคณะกรรมการหมู่บ้านมักมีปัญหาเรื่องงบประมาณในการซ่อมแซมระบบประปา โดยเฉพาะระบบประปาที่เพิ่งสร้างใหม่ มีอายุการเดินระบบน้อย

4.7.2. บุคลากรผู้ดูแลระบบ

การบริหารจัดการระบบผลิตประปาที่ดี ย่อมขึ้นอยู่กับบุคลากรผู้ดูแล ควรมีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านการบริหารดูแลระบบประปาที่ก่อสร้างขึ้น เพื่อให้สามารถดูแลระบบผลิตประปาได้อย่างเป็นระบบ จากรูปที่ 4.20 พบว่าผู้ดูแลระบบผลิตประปาร้อยละ 33 มีวุฒิการศึกษาระดับมัธยมปลาย และโดยส่วนใหญ่วุฒิการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมต้นและประถมศึกษา มักพบในระบบผลิตประปาชุมชนที่มีการบริหารกิจการโดยคณะกรรมการหมู่บ้าน ในส่วนระบบผลิตประปาที่บริหารกิจการด้วยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นผู้ดูแลมักมีวุฒิการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมปลาย แสดงให้เห็นถึงความรู้ด้านระบบประปาผู้ดูแลระบบผลิตประปาขององค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่นย่อมมากกว่า และจากการสำรวจการเข้ารับการอบรมการดูแลกิจการระบบประปาชุมชนแสดงดังรูปที่ 4.21 รายละเอียดข้อมูลการบริหารกิจการประปาชุมชนแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก 14พบส่วนมากร้อยละ 81 ไม่เคยผ่านการอบรมระบบประปา ทำให้ระบบประปาขาดการดูแลอย่างเป็นระบบซึ่งอาจทำให้มีปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำประปาไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา



รูปที่ 4.20 ระดับการศึกษาบุคลากรดูแลระบบผลิตประปา



รูปที่ 4.21 การเข้ารับการอบรมการดูแลระบบผลิตประปา

4.8 การถ่ายทอดความรู้และเสริมสร้างศักยภาพให้กับชุมชน

หลังจากการสำรวจและประเมินระบบผลิตประปาชุมชนในพื้นที่ 4 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ได้ทำการสรุปผลการศึกษาของโครงการและโครงการที่อยู่ในชุดโครงการทั้งหมดเพื่อจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ และรายงานผลการศึกษาให้กับชุมชนซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างระบบผลิตประปารวมทั้งผู้ที่สนใจ และนำเสนอผลการวิจัยในรูปบทความวิชาการ

4.8.1 การจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ

เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติการ "เรื่อง การดูแลและควบคุมระบบผลิตน้ำประปาในท้องถิ่น" ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 32 คน เนื้อหาการอบรมประกอบด้วยสรุปงานวิจัย “การเสริมสร้างศักยภาพและถ่ายทอดความรู้การบริหารจัดการระบบประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ”การตรวจสอบคุณภาพน้ำดิบและน้ำใช้แบบง่าย การประมาณความพอเพียงของน้ำดิบ การฝึกปฏิบัติ การดูแลและควบคุมระบบผลิตประปา และการศึกษาดูงานระบบการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับบรรยากาศการอบรมแสดงในรูปที่ ข 1-ข 4 ภาคผนวก ข ผลการอบรมพบผู้เข้าร่วมอบรมมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบผลิตประปาและทักษะด้านการดูแลและควบคุมระบบผลิตประปาเพิ่มขึ้น โดยประเมินจากแบบสอบถามหลังการอบรมมีคะแนน 7.66 และ 7.81 ตามลำดับจากคะแนนเต็ม 10 ก่อนอบรมมีคะแนนเพียง 5.61 และ 6.41 ตามลำดับ

4.8.2 การนำเสนอบทความทางวิชาการ

คณะผู้วิจัยได้ทำการสรุปการประเมินด้านวิศวกรรมของระบบผลิตประปาชุมชนในพื้นที่ 4 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เพื่อนำเสนอผลงานวิจัยในรูปบทความวิชาการในหัวข้อเรื่อง “Engineering-Oriented on Rural Water Supply System in North-Eastern Region of Thailand” นำเสนอในการประชุมวิชาการWater Resource and Environmental Protection ณ เขตปกครองพิเศษฮ่องกง เมื่อวันที่ 7-8 มิถุนายน 2557 เนื้อหาบทความแสดงในภาคผนวก ข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบผลิตประปาชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เพื่อประเมินระบบผลิตประปาเชิงวิศวกรรม การประเมินแบ่งเป็น 2 ด้านคือ ระบบการผลิตและการบริหารจัดการ โดยทำการศึกษาใน 2 ช่วงฤดูกาล คือ ฤดูฝนในเดือน กรกฎาคม – ตุลาคม 2555 และช่วงฤดูแล้งในเดือนเมษายน – พฤษภาคม 2556 จากผลการศึกษาสามารถสรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

- ระบบผลิตประปาชุมชนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างถูกสร้างขึ้นตามแบบมาตรฐานของหน่วยงานต่างๆ พบร้อยละ 71ของระบบผลิตประปาที่สำรวจ เป็นระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานของกรมทรัพยากร
- รูปแบบระบบผลิตประปาตามแบบมาตรฐานแต่ละหน่วยงานมีรูปแบบเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่ทำให้ไม่มีความเหมาะสมกับคุณภาพน้ำดิบโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับน้ำใต้ดินซึ่งพบการปนเปื้อนค่าความกระด้างที่เกินมาตรฐานน้ำประปา แต่ระบบผลิตประปาจากน้ำใต้ดินส่วนใหญ่ไม่มีระบบกำจัดความกระด้าง
- การเดินระบบผลิตประปาส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขการออกแบบ ได้แก่ การล้างย้อน ไม่พบการจ่ายสารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนแจกจ่ายน้ำสะอาด เป็นต้น และผู้ควบคุมยังขาดความรู้และไม่เคยได้รับการฝึกอบรมเพื่อควบคุมระบบผลิตน้ำประปา
- การศึกษาความพอเพียงของระบบผลิตประปาพบระบบผลิตประปาร้อยละ 11 ของจำนวนระบบผลิตประปาที่สำรวจทั้งหมดมีอัตราการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของประชาชนในปัจจุบัน และระบบผลิตประปาร้อยละ 41, 44 และ 44 อัตราการผลิตออกแบบไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการน้ำใช้ในปี พ.ศ. 2564 พ.ศ. 2574 และ พ.ศ. 2584 ตามลำดับ
- ระบบผลิตประปาร้อยละ 81 สามารถเก็บค่าน้ำประปาเพียงพอกับต้นทุนไฟฟ้าในการเดินระบบผลิตประปา แต่อย่างไรก็ตามรายได้ของระบบผลิตประปาไม่เพียงพอกับการซ่อมแซมระบบและอุปกรณ์เมื่อเกิดการชำรุดได้ซึ่งยังต้องพึ่งพางบประมาณจากส่วนกลาง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาระบบผลิตประปาชุมชนในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ กล่าวได้ว่า การบริหารกิจการประปาให้ประสบความสำเร็จนั้น ไม่เพียงแต่การมีโครงสร้างระบบประปาที่ดีเท่านั้น แต่สิ่งสำคัญคือต้องมีการบริหารจัดการที่ดี ดำเนินการอย่างมีระบบ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมความพร้อมก่อนสร้างระบบผลิตประปา ประกอบด้วยแหล่งน้ำดิบที่มีปริมาณและคุณภาพดีพอต่อการผลิตน้ำประปา ผู้ดูแลระบบผลิตประปาที่มีความรู้ความสามารถในการบริหารและดูแลกิจการประปา และการมีส่วนร่วมของผู้ใช้น้ำ ขั้นตอนการเลือกรูปแบบระบบผลิตประปาควรคำนึงถึงความเหมาะสมของรูปแบบระบบผลิตประปากับคุณภาพน้ำดิบ และความสามารถในการดูแลระบบผลิต เพื่อให้การผลิตน้ำประปามีปริมาณและคุณภาพเพียงพอ สุดท้ายขั้นตอนการดูแลและดำเนินการของระบบผลิตประปาหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ การบิหารจัดการที่ดีควรประกอบด้วยการมีส่วนร่วมของผู้ใช้น้ำในชุมชนในการรับทราบข้อมูลการบริหารและจัดการระบบผลิตประปา การดูแลระบบผลิตให้สามารถผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพที่ดีและมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ การดูแลโครงสร้างและอุปกรณ์ในระบบผลิตประปาให้สามารถใช้งานได้ตามการออกแบบ และมีอายุการใช้งานยาวนาน การบริหารด้านรายรับ-รายจ่ายของระบบผลิตประปา ควรจัดทำบัญชีให้ถูกต้องเพื่อการตรวจสอบและหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลกำไรเพื่อให้ระบบผลิตประปาสามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง

ในการศึกษานี้ในแง่การพิจารณาด้านการดูแลระบบผลิตประปาเป็นการศึกษาเพียงเพื่อประเมินสภาพของระบบผลิตประปาในปัจจุบัน ไม่ได้พิจารณาถึงสาเหตุที่แท้จริง ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการดูแลกิจการระบบผลิตประปาชุมชนให้ประสบความสำเร็จ สามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง และผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพ และปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ ควรมีการศึกษาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้การผลิตน้ำประปาไม่สามารถเดินระบบได้ตามการออกแบบ และต้นทุนการผลิตที่สูง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ . (2541). วิศวกรรมประปา. พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ : โงพิมพ์มิตรนราการพิมพ์.

ขัตตยรัตน์สงวนสัตย์. (2554). ศักยภาพระบบผลิตน้ำประปาของกิจการประปากระฉอด ตำบลตลาดอำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา.

ความรู้เบื้องต้นสำหรับการจัดการระบบประปาหมู่บ้าน [ออนไลน์]. 15 ธันวาคม 2555. เข้าถึงจาก : http://203.151.20.136/dss_system/knowlage_base.html

ทรงพล ประโยชน์มี, พนมชัย วีระยุทธศิลป์และกัลยกร ขวัญมา. (2554). การจำลองระบบการจ่ายน้ำประปาของมหาวิทยาลัยขอนแก่นโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยนครพนม. ปีที่ 1 ฉบับที่ 10 หน้า 519-524.

ทวีศักดิ์ วังไพศาล. (2554). วิศวกรรมการประปา. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542). วิศวกรรมการประปา เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542). วิศวกรรมการประปา เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานประจำปี 2556 ศูนย์อนามัยที่ 5 นครราชสีมา [ออนไลน์]. 13 มีนาคม 2557. เข้าถึงจาก : http://hpc5.anamai.moph.go.th/web05. html

วีรชนตรีนุสนธิ์ และพรเทพขอขจายเกียรติ. (2550). การลดการผลิตน้ำประปาในช่วงเวลาที่มีค่าไฟฟ้าสูงสุด.วิศวกรรมสารมข. ปีที่ 34 ฉบับบที่ 3 หน้าที่ 275 –294

สุกิตี้ เภตราจินดารัตน์, เทวารักษา เครือคล้าย, ชนกานต์ ด่านนวนกิจเจริญ และสุญาณี สุทธิพงศ์ (2543). ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมการใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรคในระบบประปาหมู่บ้าน. กองประปาชนบท. กรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข.

อุดร จารุรัตน์ และจารุรัตน์ วรนิสรากุล. (2541). วิศวกรรมการประปาและสุขาภิบาล.พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Amit RK and RamachandranP. (2009). Optimal design of water distribution networks: a review. [Online]. Available from: http://works.bepress.com/rkamit/7.

Coelho and Campos et al., (2014).Efficiency achievement in water supply systems A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 30 : 59–84

Coelho B and Andrade-Campos A.(2012). Using different strategies for improving efficiency in water supply systems. In: Proceedings of First ECCOMAS Young Investigators Conference. Aveiro; 2012.

Eker, I. and Kara, T. (2003). Operation and control of a water supply system. ISA Transactions. 42: 461-473.

Esposto, S. (2009). The sustainability of applied technologies for water supply in developing countries. Technology in Society**.** 31: 257-262.

Hydraulic Institute, Europump and the US Department of Energy. 2004. Variable speedpumping—a guide to successful applications. Executive summary.

K. Soticha, Y. Jareeya, K. Sudjit, and P. Prapat. (2014). Assessing Water Quality of Rural Water Supply in Thailand. Journal of Clean Energy Technologies 2(3) : 226-228

McGivney, W. T. and Kawamura, S. (2008**). Cost Estimating Manual for Water Treatment Facilities.** Wiley. USA

Montalvo, I., Izquierdo, J., Perez, R. and Tung, M. (2008). Particle swarm optimization applied to the design of water supply systems. Computer and Mathematics with Applications. 56: 769-776.

Ostfeld A, and Tubaltzev A. (2008). Ant colony optimization for least-cost design and operation of pumping water distribution systems. Journal of Water Resources Planning and Management 134 (2): 107–18

Qasim, S. R., Motley, E. M. and Zhu, G. (2000). Water Works Engineering: Planning, Design & Operation. Prentice Hall. USA.

Vairavamoorthy, K., Gorantiwar, S. D. and Pathirana, A. (2008). Managing urban water supplies in developing countries-Climate change and water scarcity scenarios. Physics and Chemistry of the Earth**.** 33: 330-339.

Vieira F,Ramos HM. (2009). Optimization of operational planning for wind/hydro hybrid water supply systems. Renewable Energy 34 : 928–36.

Walski TM, Chase DV and Savic DA. (2001). Water distribution modeling. 1st ed. Waterbury: HAETAD PRESS.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดระบบผลิตประปาชุมชน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 1จุดเก็บตัวอย่างระบบผลิตประปาชุมชน

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่าง	รหัส	แหล่งน้ำดิบ	รูปแบบ	ขนาด
1	หมู่ที่ 7 บ้านกลางดงต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	K1GL	บาดาล	กรมทรัพยากรธรณี	ใหญ่
2	หมู่ที่ 1 บ้านหนองบัววง ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย จ.นครราชสีมา	K4GN	บาดาล	กรมทรัพยากรธรณี	ไม่ระบุ
3	หมู่ที่ 2 บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	K5GM	บาดาล	กรมทรัพยากรธรณี	กลาง
4	หมู่ที่ 3 บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	K6GM	บาดาล	กรมทรัพยากรน้ำ	กลาง
5	หมู่ที่ 5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช จ.นครราชสีมา	K7SV	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่มาก
6	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยงต.ดอนใหญ่อ.คง จ.นครราชสีมา	K9SL	ผิวดิน	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นและการประปานครหลวง	ใหญ่
7	หมู่ที่ 4 บ้านระงมต.โคกสูงอ.เมือง จ.นครราชสีมา	K10SL	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่
8	หมู่ที่ 4 บ้านแชะต.แชะอ.ครบุรี จ.นครราชสีมา	K11SM	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	กลาง
9	หมู่ที่ 6 บ้านมาบเอื้องต.สุรนารีอ.เมืองจ.นครราชสีมา	K36SM	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	กลาง
10	หมู่ที่ 9 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว จ.ชัยภูมิ	C12SV	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่มาก
11	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์จ.ชัยภูมิ	C15GL	บาดาล	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่
12	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดนต.ช่องสามหมออ.คอนสวรรค์ จ.ชัยภูมิ	C16SV	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่มาก
13	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ต.โคกกุงอ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ	C17GM	บาดาล	กรมโยธาธิการ	กลาง

ตารางที่ ก 1จุดเก็บตัวอย่างระบบผลิตประปาชุมชน (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่าง	รหัส	แหล่งน้ำดิบ	รูปแบบ	ขนาด
14	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวกต.หนองบัวโคกอ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ	C18SM	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	กลาง
15	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย จ.บุรีรัมย์	B20SL	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่
16	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ต.ชุมแสงอ.นางรอง จ.บุรีรัมย์	B21SV	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่มาก
17	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บงต.บ้านคูอ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์	B23GL	ผิวดิน	สร้างเอง	ใหญ่
18	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรงต.ช่อผกาอ.ชำนิ จ.บุรีรัมย์	B24SN	ผิวดิน	กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท	ใหญ่
19	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดนต.หนองแวงอ.ละหานทราย จ.บุรีรัมย์	B25SM	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	กลาง
20	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้วต.โกรกแก้วอ.โนนสุวรรณ จ.บุรีรัมย์	B26GM	บาดาล	กรมทรัพยากรธรณี	ไม่ระบุ
21	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัวต.ศรีสว่างอ.นาโพธิ์ จ.บุรีรัมย์	B27GL	บาดาล	กรมโยธาธิการ	ใหญ่
22	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึลต.ตากูกอ.เขวาสินรินทร์ จ.สุรินทร์	S28SV	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่มาก
23	หมู่ที่ 2 บ้านผือต.บ้านผืออ.จอมพระ จ.สุรินทร์	S30SN	ผิวดิน	กรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท	ใหญ่
24	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะต.เชื้อเพลิงอ.ปราสาท จ.สุรินทร์	S31GL	บาดาล	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่
25	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อต.แกใหญ่อ.เมืองสุรินทร์ จ.สุรินทร์	S32SV	ผิวดิน	กรมทรัพยากรน้ำ	ใหญ่มาก
26	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลาต.หมื่นสือ.สำโรงทาบจ.สุรินทร์	S34SS	ผิวดิน	สร้างเอง	ไม่ระบุ
27	หมู่ที่ 6 บ้านปราสาทเบง ต.กาบเชิงอ.กาบเชิงจ.สุรินทร์	S35GL	บาดาล	กรมทรัพยากรธรณี	ใหญ่

ตารางที่ ก 2ข้อมูลประชากร และปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

รหัส	จำนวนประชากร (คน)															คาดการณ์ประชาชน (คน)			ความต้องการน้ำในอนาคต (ลบ.ม/วัน)		
	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2564	2574	2584	2564	2574	2584
K1GL	455	458	476	491	483	496	499	510	512	513	509	515	310	305	312	312	312	312	20	20	20
K5GM	359	355	360	362	368	381	390	394	388	400	399	408	410	417	428	142	142	142	9	9	9
K6GM	913	943	613	649	655	675	952	947	982	985	953	715	744	773	792	468	528	588	29	33	37
K9SL	793	795	800	803	803	798	806	819	837	813	817	810	810	804	803	958	1158	1400	60	72	88
K4GN	1472	642	654	689	124	114	128	127	134	141	147	149	143	135	142	1481	1530	1580	93	96	99
K7SV	1345	1365	1387	1373	1387	1387	1392	1408	1420	1419	1380	1413	1421	1425	1433	803	803	803	50	50	50
K11SM	9791	5876	5952	5897	1462	1865	1604	1912	1632	1658	1679	1694	1701	1698	1674	5334	6057	6780	333	379	424
K10SL	3882	3933	3860	3818	3888	3918	4000	4149	4184	4252	4314	4374	4478	4538	4611	1675	1675	1675	105	105	105
K36SM	657	874	924	1018	1059	1106	1501	1658	1882	2928	3120	3066	2874	2476	2223	2305	2308	2308	144	144	144
C12SL	2534	2533	2557	2545	2546	2596	2557	2544	2536	2554	2562	2562	2554	2553	2579	2612	2645	2678	163	165	167
C16SV	2590	2593	2626	2649	2636	2671	2654	2642	2676	2691	2615	2641	2652	2679	2680	791	715	647	49	45	40
C17GM	530	527	530	523	526	533	536	537	544	548	542	543	540	564	571	2682	2682	2682	168	168	168

ตารางที่ ก 2ข้อมูลประชากร และปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต(ต่อ)

รหัส	จำนวนประชากร (คน)															คาดการณ์ประชาชน (คน)			ความต้องการน้ำในอนาคต (ลบ.ม/วัน)		
	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2564	2574	2584	2564	2574	2584
C15GL	1792	1804	1001	994	966	950	928	921	903	894	877	875	875	874	874	616	661	706	39	41	44
C18SM	800	808	824	830	837	841	846	884	897	891	897	901	916	919	919	1009	1108	1216	63	69	76
B20SL	923	953	962	982	1003	1031	1057	1092	1104	1122	1146	1157	1165	1158	1184	1398	1650	1948	87	103	122
B21SV	1517	1550	1557	1599	1615	1614	1609	1609	1635	1625	1626	1625	1621	1620	1604	1557	1375	904	97	86	56
B23SN	625	624	617	599	605	613	615	617	624	630	628	638	639	637	641	679	720	762	42	45	48
B24SN	615	633	642	658	666	689	689	700	708	714	710	720	720	732	743	829	925	1032	52	58	64
B25SM	1014	1020	1013	1005	985	989	998	1013	1027	1044	1047	1063	1074	1073	1078	1180	1291	1413	74	81	88
B26GM	438	458	424	417	422	422	428	429	427	433	437	440	447	437	432	432	432	432	27	27	27
B27GL	704	705	692	709	713	715	729	753	763	770	704	702	710	719	701	508	508	508	32	32	32
S28SV	1852	1874	1875	1839	1842	1856	1875	1869	1858	1863	1868	1854	1859	1869	1882	1923	1965	2007	120	123	125
S30SN	1410	1445	1448	1395	1376	1364	1363	1368	1359	1356	1322	1313	1326	1318	1294	1212	1130	1048	76	71	66
S31GL	1349	1365	1349	1357	1361	1375	1383	1419	1440	1437	1407	1413	1421	1388	1375	1384	1390	1394	87	87	87

ตารางที่ ก 2ข้อมูลประชากร และปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต(ต่อ)

รหัส	จำนวนประชากร (คน)															คาดการณ์ประชาชน (คน)			ความต้องการน้ำในอนาคต (ลบ.ม/วัน)		
	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2564	2574	2584	2564	2574	2584
S32SV	1168	1160	1140	1142	1132	1095	1092	1113	1126	610	616	611	617	634	656	380	220	128	24	14	8
S34SS	703	715	714	715	708	705	712	724	736	732	744	745	743	743	737	738	738	738	46	46	46
S35GL	1967	1296	1260	1265	1284	569	577	582	578	596	580	590	602	594	583	582	582	582	36	36	36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 3ข้อมูลระบบลำเลียงน้ำดิบ และระบบส่งจ่ายน้ำประปา

ลำดับ	รหัส	ระบบลำเลียงน้ำดิบ					ระบบสูบจ่ายน้ำประปา				
		เครื่องสูบน้ำ			ท่อลำเลียงน้ำดิบ		หอสูง			ท่อประธาน	
		รูปแบบ	กำลัง (HP)	จำนวน (เครื่อง)	วัสดุ	ขนาด (นิ้ว)	รูปแบบ	ความจุ (ลบ.ม)	ความสูง (ม.)	วัสดุ	ขนาด (นิ้ว)
1	K1GL	submersible pump	1 1/2	1	GS	2	หอทรงลูกกอล์ฟ	12	12.60	PVC	2 1/2
2	K4GN	submersible pump	1	1	PVC	2	หอทรงลูกกอล์ฟ	12	12.60	PVC	2
3	K5GM	submersible pump	3	1	GS	2	หอทรงลูกกอล์ฟ	12	15.00	PVC	2
4	K6GM	submersible pump	1 1/2	1	PVC	1 1/2	หอถังคอนกรีต	30	18.65	PVC	4
5	K7SV	centrifugal pump	3	1	GS	4	หอถังคอนกรีต	45	19.10	GS	6
6	K9SL	centrifugal pump	3	1	PVC	2	เสาโลหะทรงกระบอก	25	18.00	PVC	2
7	K10SL	centrifugal pump	3	2	GS	3	หอถังคอนกรีต	30	18.65	GS	4
8	K11SM	centrifugal pump	1	2	GS	3	หอถังคอนกรีต	15	18.20	GS	4
9	K36SM	centrifugal pump	3	2	GS	3	หอถังคอนกรีต	15	18.20	GS	4
10	C12SV	centrifugal pump	2.2	1	GS	4	หอถังคอนกรีต	30	19.10	GS	6
11	C15GL	submersible pump	3	1	PVC	2	หอถังคอนกรีต	30	18.68	PVC	4

ตารางที่ ก 3ข้อมูลระบบลำเลียงน้ำดิบ และระบบส่งจ่ายน้ำประปา(ต่อ)

ลำดับ	รหัส	ระบบลำเลียงน้ำดิบ					ระบบสูบจ่ายน้ำประปา				
		เครื่องสูบน้ำ			ท่อลำเลียงน้ำดิบ		หอถังสูง			ท่อประธาน	
		รูปแบบ	กำลัง (HP)	จำนวน (เครื่อง)	วัสดุ	ขนาด (นิ้ว)	รูปแบบ	ความจุ (ลบ.ม)	ความสูง (ม.)	วัสดุ	ขนาด (นิ้ว)
12	C16SV	centrifugal pump	10	2	GS	4	หอถังคอนกรีต	45	19.10	GS	6
13	C17GM	submersible pump	3	1	GS	1 1/2	ถังน้ำ PE 4 ถัง	8	15.00	PVC	1
14	C18SM	centrifugal pump	2	1	GS	3	หอถังคอนกรีต	15	18.20	GS	4
15	B20SL	centrifugal pump	3	2	GS	3	หอถังคอนกรีต	30	18.65	GS	4
16	B21SV	centrifugal pump	5.5	1	GS	4	หอถังคอนกรีต	45	19.10	GS	6
17	B23GL	centrifugal pump	3	1	PVC	3	หอถังคอนกรีต	30	18.68	PVC	4
18	B24SN	centrifugal pump	2	1	PVC	2	หอทรงแชมเปญ	20	20.00	PVC	3
19	B25SM	centrifugal pump	3	2	GS	3	หอถังคอนกรีต	15	18.20	GS	4
20	B26GM	submersible pump	1 1/2	1	GS	2	หอทรงลูกกอล์ฟ	12	15.00	PVC	2
21	B27GL	submersible pump	2	2	PVC	2	ถังน้ำ PE 4 ถัง	1	15.00	PVC	3
22	S28SV	centrifugal pump	5.5	1	GS	3	หอถังคอนกรีต	45	19.10	GS	4

ตารางที่ ก 3ข้อมูลระบบลำเลียงน้ำดิบ และระบบส่งจ่ายน้ำประปา(ต่อ)

ลำดับ	รหัส	ระบบลำเลียงน้ำดิบ					ระบบสูบจ่ายน้ำประปา				
		เครื่องสูบน้ำ			ท่อลำเลียงน้ำดิบ		หอถังสูง			ท่อประธาน	
		รูปแบบ	กำลัง (HP)	จำนวน (เครื่อง)	วัสดุ	ขนาด (นิ้ว)	รูปแบบ	ความจุ (ลบ.ม)	ความสูง (ม.)	วัสดุ	ขนาด (นิ้ว)
23	S30SN	centrifugal pump	2	1	PVC	2	หอทรงแชมเปญ	20	20.00	PVC	6
24	S31GL	submersible pump	2	1	GS	3	หอถังคอนกรีต	30	18.65	GS	4
25	S32SV	centrifugal pump	2	2	GS	4	หอถังคอนกรีต	45	19.10	GS	6
26	S34SS	centrifugal pump	2	1	PVC	2	หอถังคอนกรีต	15	6.00	PVC	4
27	S35GL	submersible pump	1	3	PVC	2	หอทรงลูกกอล์ฟ	12	15.00	PVC	4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ก4ข้อมูลระบบผลิตประปา

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม/ชม.)		เติมอากาศ		ถังก่อตะกอน	ถังรวมตะกอน	ถังตกตะกอน	ถังกรอง		ฆ่าเชื้อโรค		ถังน้ำใส
	ออกแบบ	ใช้จริง	รูปแบบ	ใช้งาน				รูปแบบ	ใช้งาน	รูปแบบ	ใช้งาน	
K1GL	7	2.34	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทรายใช้แรงดัน	ไม่ใช้งาน	ไม่มี	-	ไม่มี
K4GN	7	2.74	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทรายใช้แรงดัน	ใช้งาน	ไม่มี	-	ไม่มี
K5GM	7	3.33	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	-	ไม่มี	-	ไม่มี
K6GM	-	1.04	แบบถาด	ไม่ใช้	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทราย	ไม่ใช้	static mixer	ไม่ใช้	มี
K7SV	10	14.17	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
K9SL	7	8.07	ไม่มี	-	น้ำไหลผ่านถุงสารส้ม	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ไม่ใช้	มี
K10SL	10	25	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
K11SM	10	4.1	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
K36SM	-	2.5	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
C12SV	-	25	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
C15GL	20	7.2	แบบถาด	ไม่ใช้	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทราย	ไม่ใช้	static mixer	ไม่ใช้	ไม่ใช้
C16SV	10	10.42	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
C17GM	10	1.82	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	-	ไม่มี	-	ไม่มี

ตารางที่ก4 ข้อมูลระบบผลิตประปา (ต่อ)

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม/ชม.)		เติมอากาศ		ถังก่อตะกอน	ถังรวมตะกอน	ถังตกตะกอน	ถังกรอง		ฆ่าเชื้อโรค		ถังน้ำใส
	ออกแบบ	ใช้จริง	รูปแบบ	ใช้งาน				รูปแบบ	ใช้งาน	ใช้จริง	รูปแบบ	
C18SM	5	4.69	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ไม่ใช้	มี
B20SL	5	10.9	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
B21SV	20	12.52	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
B23GL	20	3.98	ไม่มี	-	static mixer	ถังทรงกระบอกมีแผ่นกั้น	ถังทรงกระบอก	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
B24SN	5	2.78	แบบถาด	ใช้งาน	static mixer	ถังทรงกระบอกมีแผ่นกั้น	ถังทรงกระบอก	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ไม่ใช้	มี
B25SM	10	4.31	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
B26GM	20	2.69	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทรายใช้แรงดัน	ไม่ใช้งาน	ไม่มี	-	ไม่มี
B27GL	10	5.71	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	-	ไม่มี	-	ไม่มี
S30SN	5	7.29	แบบถาด	ใช้งาน	static mixer	ถังทรงกระบอกมีแผ่นกั้น	ถังทรงกระบอก	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ไม่ใช้	มี
S31GL	20	7.81	แบบถาด	ไม่ใช้	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทราย	ไม่ใช้งาน	static mixer	ไม่ใช้	มี
S32SV	7	10.31	ไม่มี	-	Hydraulic jump	คลองวนเวียน	ถังสี่เหลี่ยม	ถังกรองทราย	ใช้งาน	static mixer	ใช้งาน	มี
S34SS	20	2.92	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	-	ไม่มี	-	ไม่มี

ตารางที่ ก4 ข้อมูลระบบผลิตประปา (ต่อ)

ลำดับ	กำลังการผลิต (ลบ.ม/ชม.)		เติมอากาศ		ถังก่อตะกอน	ถังรวมตะกอน	ถังตกตะกอน	ถังกรอง		ฆ่าเชื้อโรค		ถังน้ำใส
	ออกแบบ	ใช้จริง	รูปแบบ	ใช้งาน				รูปแบบ	ใช้งาน	รูปแบบ	ใช้งาน	
S35GL	-	4.38	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ถังกรองทรายใช้แรงดัน	ไม่ใช้งาน	ไม่มี	-	ไม่มี

ตารางที่ ก 5แรงดันสูญเสีย

รหัส	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ฟุต)		แรงดันสูญเสีย (ม. น้ำ)	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ฟุต)		แรงดันสูญเสีย (ม. น้ำ)
	ระบบสูบน้ำดิบ	ระบบผลิต		หอถังสูง	จุดรับน้ำไกลสุด	
K1GL	1103	1109	1.83	1109	1113	1.22
K4GN	453	449	0.00	452	453	0.30
K5GM	1346	1354	2.44	1354	1347	0.00
K6GM	1144	1191	14.33	1196	1221	7.62
K7SV	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
K9SL	510	511	0.30	503	541	11.58
K10SL	507	511	1.22	511	530	5.79

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 5แรงดันสูญเสีย (ต่อ)

รหัส	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ฟุต)		แรงดันสูญเสีย (ม. น้ำ)	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ฟุต)		แรงดันสูญเสีย (ม. น้ำ)
	ระบบสูบน้ำดิบ	ระบบผลิต		หอถังสูง	จุดรับน้ำไกลสุด	
K11SM	645	649	1.22	646	619	0.00
K36SM	708	709	0.30	687	740	16.15
C12SL	622	650	8.53	649	627	0.00
C15GL	760	767	2.13	767	779	3.66
C16SV	609	612	0.91	612	592	0.00
C17GM	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
B20SL	811	816	1.52	783	765	0.00
B21SV	550	576	7.92	582	578	0.00
B23GL	481	531	15.24	441	472	9.45
B24SN	537	539	0.61	532	536	1.22
B25SM	845	876	9.45	888	932	13.41
B26GM	611	613	0.61	613	616	0.91
B27GL	409	440	9.45	440	416	0.00
S28SV	482	479	0.00	519	480	0.00

ตารางที่ ก 5 แรงดันสูญเสีย (ต่อ)

รหัส	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ฟุต)		แรงดันสูญเสีย (ม. น้ำ)	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ฟุต)		แรงดันสูญเสีย (ม. น้ำ)
	ระบบสูบน้ำดิบ	ระบบผลิต		หอถังสูง	จุดรับน้ำไกลสุด	
S30SN	469	454	0.00	469	472	0.91
S31GL	460	498	11.58	498	581	25.30
S32SV	470	451	0.00	475	462	0.00
S34SS	369	362	0.00	362	391	8.84
S35GL	563	559	0.00	563	574	3.35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 6 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบใต้ดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรธรณี

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชม)	ระบบกรองแบบใช้แรงดัน			
		ความหนาชั้นกรอง	พื้นที่หน้าตัดถัง	อัตราการกรอง	แรงดัน
			(ตร.ม.)	(ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)	(ม. น้ำ)
K1GL	2.44	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	1	2.44	12.6
S35GL	4.55	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	1	4.55	12.6
K5GM	3.33	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	1	3.33	12.6
K4GN	2.74	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	1	2.74	12.6
B26GM	3.38	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	1	2.69	12.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 7 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบใต้ดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชม)	ระบบเติมอากาศ				ระบบกรองทรายช้า		
		จำนวนชั้น	ระยะห่างของถาด (ม.)	พื้นที่ถาด (ตร.ม.)	อัตราการไหลของน้ำผ่านถาด (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)	ความหนาชั้นกรอง	พื้นที่หน้าตัดถัง (ตร.ม.)	อัตราการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)
K6GM	2.44	6.25	4	0.3	0.8	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	2	3.13
C15GL	4.55	7.14	4	0.3	1.4	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	2	3.57
S31GL	3.33	6.14	4	0.3	1.4	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	2	3.07

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 8 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชม.)	ระบบก่อตะกอน		ระบบรวมตะกอน		ระบบตกตะกอน				ระบบกรองทรายช้า		
		ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (วินาที)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (นาที)	ความกว้าง: ความยาว	ความลึกของน้ำในถัง(ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (ชม.)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ความหนาชั้นกรอง	พื้นที่หน้าตัดถัง (ตร.ม.)	อัตราการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)
K7SV	11.2	0.18	57.86	8.8	47.14	1:3	3	4.02	45	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	6	1.87
C12SV	14.29	0.18	45.35	8.8	36.95	1:3	3	3.15	45	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	6	2.38
C16SV	10.41	0.18	62.25	8.8	50.72	1:3	3	4.32	45	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	6	1.74
B21SV	14.61	0.18	44.35	8.8	36.14	1:3	3	3.08	45	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	6	2.44
S28SV	13.25	0.18	48.91	8.8	39.85	1:3	3	3.4	45	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	6	2.21

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 8 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ(ต่อ)

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชม.)	ระบบก่อตะกอน		ระบบรวมตะกอน		ระบบตกตะกอน				ระบบกรองทรายช้า		
		ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (วินาที)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (นาที)	ความกว้าง: ความยาว	ความลึกของน้ำในถัง(ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (ชม.)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ความหนาชั้นกรอง	พื้นที่หน้าตัดถัง (ตร.ม.)	อัตราการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)
S32SV	5.13	0.18	126.32	8.8	102.92	1:3	3	8.77	45	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	6	0.86
K10SL	27	0.09	12	0.5	1.11	1:3	3	0.89	24	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	3.2	8.44
B20SL	8.91	0.09	36.36	4.6	30.98	1:3	3	2.69	24	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	3.2	2.78
K11SM	6.15	0.11	64.39	1.5	14.63	1:3	3	3.9	24	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	3	2.05

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 8 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐานกรมทรัพยากรน้ำ(ต่อ)

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชม.)	ระบบก่อตะกอน		ระบบรวมตะกอน		ระบบตกตะกอน				ระบบกรองทรายช้า		
		ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (วินาที)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (นาที)	ความกว้าง: ความยาว	ความลึกของน้ำในถัง(ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (ชม.)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ความหนาชั้นกรอง	พื้นที่หน้าตัดถัง (ตร.ม.)	อัตราการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)
K36SM	8.3	0.11	47.71	1.5	10.84	1:3	3	2.89	24	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	3	2.77
C18SM	3.59	0.11	110.31	1.5	25.07	1:3	3	6.69	24	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	3	1.2
B25SM	4.31	0.11	91.88	1.5	20.88	1:3	3	5.57	24	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	3	1.44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 9 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐานกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชม.)	ระบบเติมอากาศ				ระบบรวมตะกอน		ระบบตกตะกอน			ระบบกรองทรายช้า		
		จำนวนชั้น	ระยะห่างของถาด (ม.)	พื้นที่ถาด (ตร.ม.)	อัตราการไหลของน้ำผ่านถาด (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (วินาที)	ความลึกของน้ำในถัง (ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (ชม.)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ความหนาชั้นกรอง	พื้นที่หน้าตัดถัง (ตร.ม.)	อัตราการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)
B24SN	5.8	3	0.24	0.28	20.71	40	413.79	2.7	6.9	40	กรวด 0.4 ม ทราย 0.5 ม.	14	0.41
S30SN	5.78	3	0.24	0.28	20.64	40	415.22	2.7	6.92	40	กรวด 0.4 ม ทราย 0.5 ม.	14	0.41

ตารางที่ ก 10 การคำนวณการออกแบบระบบผลิตประปาแบบผิวดินตามแบบมาตรฐานกรมการปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับการประปานครหลวง

รหัส	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชม.)	ระบบก่อตะกอน		ระบบรวมตะกอน		ระบบตกตะกอน				ระบบกรองทรายช้า		
		ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (วินาที)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (นาที)	ความกว้าง: ความยาว	ความลึกของน้ำในถัง(ม.)	ระยะเวลาเก็บกัก (ชม.)	ขนาดถัง (ลบ.ม.)	ความหนาชั้นกรอง	พื้นที่หน้าตัดถัง (ตร.ม.)	อัตราการกรอง (ลบ.ม./ตร.ม./ชม.)
K9SL	8.03	0.17	76.21	4	29.89	1:1.5	1.4	0.50	4	กรวด 0.6 ม. ทราย 0.4 ม.	6.8	1.18

ตารางที่ ก 11 ความสามารถในการรองรับอัตราการไหลสูงสุดของท่อประธาน

ลำดับที่	จุดเก็บตัวอย่าง	ขนาดท่อประธาน (นิ้ว)	อัตราการไหลสูงสุดของท่อ (ลบ.ม./ชม.)	อัตราการผลิตในอนาคต (ลบ.ม./ชม.)		
				พ.ศ.2564	พ.ศ.2574	พ.ศ.2584
1	K1GL	2.5	50	2	2	2
2	K4GN	2	25	1	1	1
3	K5GM	2	25	4	4	5
4	K6GM	4	100	7	9	11
5	K7SV	6	400	12	12	12
6	K9SL	2	25	6	6	6
7	K10SL	4	100	42	47	53
8	K11SM	4	100	13	13	13
9	K36SM	4	100	18	18	18
10	C12SL	6	400	20	21	21
11	C15GL	4	100	6	6	5
12	C16SV	6	400	21	21	21
13	C17GM	1	4	5	5	6
14	C18SM	4	100	8	9	10
15	B20SL	4	100	11	13	15
16	B21SV	6	400	12	11	7
17	B23SN	4	100	5	6	6
18	B24SN	3	70	6	7	8
19	B25SM	4	100	9	10	11
20	B26GM	2	25	3	3	3
21	B27GL	3	70	4	4	4
22	S28SV	4	100	15	15	16
23	S30SN	6	400	9	9	8
24	S31GL	4	100	11	11	11
25	S32SV	6	400	3	2	1

ตารางที่ ก 11 ความสามารถในการรองรับอัตราการไหลสูงสุดของท่อประธาน**(ต่อ)**

ลำดับที่	จุดเก็บตัวอย่าง	ขนาดท่อประธาน (นิ้ว)	อัตราการไหลสูงสุดของท่อ (ลบ.ม./ชม.)	อัตราการผลิตในอนาคต (ลบ.ม./ชม.)		
				พ.ศ.2564	พ.ศ.2574	พ.ศ.2584
26	S34SS	4	100	6	6	6
27	S35GL	4	100	5	5	5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 12 รายรับ-รายจ่ายระบบผลิตประปาชุมชน

รหัส	ปริมาณการผลิตน้ำ (ลบ.ม/เดือน)	ราขาขายน้ำ (บ./ลบ.ม.)	รายจ่าย (บ./เดือน)					ต้นทุน (บ./ลบ.ม.)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บ./ลบ.ม.)	รายรับ	
			ค่าสารเคมี	ค่าไฟฟ้า	ค่าบำรุงรักษา	ค่าจ้างแรงงาน	รวม			บ./เดือน	บ./ลบ.ม
K1GL	562	4	0	4,500	700	1,000	6,200	11	8	9,000	16
K4GN	658	4	0	1,070	n/a	0	1,070	2	1.6	2,300	3
K5GM	799	8	0	10,000	700	1,000	11,700	15	12.5	13,000	16
K6GM	250	6	0	3,000	1,000	2,000	6,000	24	12	13,000	52
K7SV	3401	5	7,500	6,800	n/a	2,500	16,800	5	2	17,000	5
K9SL	1937	4	3,167	3,000	2,000	1,000	9,167	5	1.5	10,000	5
K10SL	4800	7	16,400	55,000	20,000	20,000	111,400	23	11.5	120,000	25
K11SM	1968	8	1,100	2,300	1,000	0	4,400	2	1.2	7,000	4
K36SM	1200	5	2,300	8,000	7,500	5,000	22,800	19	6.7	20,000	17
C12SL	8400	5	4,680	10,000	n/a	3,500	18,180	2	1.2	22,000	3
C15GL	3024	4	0	5,000	n/a	3,000	8,000	3	1.7	12,000	4
C16SV	2501	10	11,000	15,000	1,500	2,500	30,000	12	6	25,000	10
C17GM	437	5	0	2,000	500	600	3,100	7	4.6	3,500	8

ตารางที่ ก 12 รายรับ-รายจ่ายระบบผลิตประปาชุมชน (ต่อ)

รหัส	ปริมาณการผลิตน้ำ (ลบ.ม/เดือน)	ราขาขายน้ำ (บ./ลบ.ม.)	รายจ่าย (บ./เดือน)					ต้นทุน (บ./ลบ.ม.)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บ./ลบ.ม.)	รายรับ	
			ค่าสารเคมี	ค่าไฟฟ้า	ค่าบำรุงรักษา	ค่าจ้างแรงงาน	รวม			บ./เดือน	บ./ลบ.ม
C18SM	1970	8	0	1,000	100	540	1,640	1	0.5	1,800	1
B20SL	4578	7	15,000	5,000	500	2,000	22,500	5	1.1	20,000	4
B21SV	3005	5	3,000	4,000	n/a	0	7,000	2	1.3	20,000	7
B23SN	955	5	3,500	2,500	n/a	1,400	7,400	8	2.6	6,000	6
B24SN	667	6	1,000	2,400	n/a	480	3,880	6	3.6	4,000	6
B25SM	2069	6	2,900	7,000	n/a	4,500	14,400	7	3.4	15,000	7
B26GM	646	3	0	2,500	n/a	450	2,950	5	3.9	4,000	6
B27GL	1370	4	0	3,000	n/a	1,000	4,000	3	2.2	5,000	4
S28SV	8400	5	1,667	9,000	1,600	400	12,667	2	1.1	10,000	1
S30SN	3062	4	0	1,700	3,000	600	5,300	2	0.6	7,000	2
S31GL	3280	4	0	10,000	2,000	2,000	14,000	4	3	15,000	
S32SV	2474	10	2,000	3,500	n/a	4,000	9,500	4	1.4	15,000	o

ตารางที่ ก 12 รายรับ-รายจ่ายระบบผลิตประปาชุมชน (ต่อ)

รหัส	ปริมาณการผลิตน้ำ (ลบ.ม/เดือน)	ราขาขายน้ำ (บ./ลบ.ม.)	รายจ่าย (บ./เดือน)					ต้นทุน (บ./ลบ.ม.)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บ./ลบ.ม.)	รายรับ	
			ค่าสารเคมี	ค่าไฟฟ้า	ค่าบำรุงรักษา	ค่าจ้างแรงงาน	รวม			บ./เดือน	บ./ลบ.ม
S34SS	701	5	0	1,000	667	950	2,617	4	1.4	3,500	5
S35GL	1051	5	0	2,500	6,000	4,000	12,500	12	2.4	10,000	10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก 13 ปริมาณน้ำสูญเสียของระบบผลิตประปาชุมชน

รหัส	ปริมาณการผลิตน้ำ (ลบ.ม/เดือน)	ปริมาณค่าน้ำที่จัดเก็บ (ลบ.ม/เดือน)	ปริมาณน้ำสูญเสีย	
			ลบ.ม/เดือน	%
K1GL	586	1875	N/A	N/A
K4GN	658	575	83	13
K5GM	799	1375	N/A	N/A
K6GM	1500	1657	N/A	N/A
K7SV	2688	2572	116	4
K9SL	1927	1720	207	11
K10SL	12960	12857	103	1
K11SM	2952	875	2077	70
K36SM	3984	3600	384	10
C12SL	6002	4412	1590	26
C15GL	2999	3000	N/A	N/A
C16SV	2498	2500	N/A	N/A
C17GM	437	355	82	19
C18SM	1508	225	1283	85
B20SL	3742	2857	885	24
B21SV	3506	3400	106	3
B23SN	1202	1200	2	0
B24SN	1392	667	725	52
B25SM	2069	1733	335	16
B26GM	811	760	51	6
B27GL	1370	1250	120	9
S28SV	5565	2000	3565	64
S30SN	2428	1750	678	28
S31GL	2579	2500	79	3
S32SV	1231	1230	1	0
S34SS	701	700	1	0

ตารางที่ ก 13 ปริมาณน้ำสูญเสียของระบบผลิตประปาชุมชน (ต่อ)

รหัส	ปริมาณการผลิตน้ำ (ลบ.ม/เดือน)	ปริมาณค่าน้ำที่จัดเก็บ (ลบ.ม/เดือน)	ปริมาณน้ำสูญเสีย	
			ลบ.ม/เดือน	%
S35GL	1092	960	132	12

ตารางที่ก 14 ข้อมูลการบริหารกิจการประปา

รหัส	รูปแบบการบริหาร	วุฒิการศึกษาผู้ดูแล	การอบรม
K1GL	เทศบาล	ปวส.	ไม่เคย
K4GN	เทศบาล	ป.ตรี	การบริหารจัดการน้ำประปากรมทรัพยากรน้ำ
K5GM	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ป.6	ไม่เคย
K6GM	คณะกรรมการหมู่บ้าน	n/a	ไม่เคย
K7SV	คณะกรรมการหมู่บ้าน	n/a	ไม่เคย
K9SL	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.6	ไม่เคย
K10SL	เทศบาล	ปวส.	ไม่เคย
K11SM	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.3	ไม่เคย
K36SM	คณะกรรมการหมู่บ้าน	n/a	ไม่เคย
C12SL	คณะกรรมการหมู่บ้าน	n/a	ประปาภูมิภาค
C15GL	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.6	ไม่เคย
C16SV	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.6	ไม่เคย
C17GM	อบต.	n/a	ไม่เคย
C18SM	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.3	ไม่เคย
B20SL	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ป.6	ไม่เคย
B21SV	อบต.	n/a	ไม่เคย
B23SN	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.3	ไม่เคย
B24SN	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.6	ไม่เคย
B25SM	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ป.4	เคย
B26GM	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.6	ไม่เคย
B27GL	คณะกรรมการหมู่บ้าน	n/a	ไม่เคย
S28SV	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.6	เคย
S30SN	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ป.4	กรมทรัพยากรน้ำกรมอนามัย

ตารางที่ก 14ข้อมูลการบริหารกิจการประปา (ต่อ)

รหัส	รูปแบบการบริหาร	วุฒิการศึกษาผู้ดูแล	การอบรม
S31GL	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ม.3	ไม่เคย
S32SV	คณะกรรมการหมู่บ้าน	ป.โท	ไม่เคย
S34SS	คณะกรรมการหมู่บ้าน	n/a	ไม่เคย
S35GL	คณะกรรมการหมู่บ้าน	n/a	ไม่เคย

ภาคผนวก ข

การถ่ายทอดความรู้และเสริมสร้างศักยภาพให้กับชุมชน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ข 1(ก)บรรยากาศการบรรยายให้ความรู้โดยวิทยากร

รูปที่ ข 1(ข)บรรยากาศการบรรยายให้ความรู้โดยวิทยากร

รูปที่ ข 2บรรยากาศการบรรยายให้ความรู้ ณ ห้องปฏิบัติการ

รูปที่ ข 3ฝึกปฏิบัติการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างง่าย

รูปที่ ข 4ศึกษาดูงานระบบผลิตน้ำประปา มทส.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี