SUT7-715-55-12-60

รายงานการวิจัย

การประเมินคุณภาพน้ำในระบบประปาชุมชน

(Water Quality Assessment in Community Water Supply System)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

SUT7-715-55-12-60

รายงานการวิจัย

การประเมินคุณภาพน้ำในระบบประปาชุมชน
(Water Quality Assessment in Community Water Supply System)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรียา ยิ้มรัตนบวร

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดจิต ครุจิต

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

บทคัดย่อ

การจัดหาน้ำสะอาดผ่านระบบการประปาชุมชนเพื่อใช้ในการอุปโภค – บริโภคอย่างเพียงพอและมีความปลอดภัยเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้น หากแหล่งน้ำดิบมีคุณภาพไม่ดีพอ และระบบการผลิตน้ำสะอาดไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำสะอาด ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำประปา และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชากร ทำให้เกิดโรคเนื่องจากน้ำเป็นสื่อ การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการสำรวจคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของแหล่งน้ำดิบ คุณภาพน้ำประปาจากระบบประปาชุมชน และคุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้งาน โดยการสุ่มตัวอย่างระบบประปาชุมชน จำนวน 27 แห่ง จาก 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา และจัดกลุ่มระบบประปาชุมชนด้วยเทคนิคทางสถิติ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาล ขนาดของระบบประปา และจังหวัดที่ตั้ง ผลการศึกษา พบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีปัญหาการปนเปื้อนน้ำทางแบคทีเรีย โดยในฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน คุณภาพน้ำจากระบบประปาขนาดใหญ่มีคุณภาพดีกว่าน้ำประปาจากระบบประปาขนาดเล็ก เนื่องมาจากระบบประปาที่มีขนาดใหญ่จะมีระบบการผลิตน้ำประปาดีกว่า จากสรุปผลการศึกษาเห็นควรเสนอแนะว่ากระบวนการผลิตน้ำประปาชุมชนควรมีการปรับปรุง โดยเพิ่มหน่วยการผลิตน้ำ เช่น การเพิ่มระบบการฆ่าเชื้อสำหรับระบบประปาโดยเฉพาะระบบประปาน้ำบาดาล เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาให้ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภค เพื่อลดอุบัติการณ์การเกิดโรคเนื่องจากน้ำเป็นสาเหตุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

Providing a safe and sufficiently water to people by community water supply system is necessary. Therefor poor water quality of water resource and ineffective water supply process have affect on water quality and people health. These are the cause of water borne disease in community. The objectives of this study are surveying in the physical chemical and biological characteristics of water resource, the storage of water supply and household of water supply from 27 of selected community water supply systems, within 4 provinces such as Nakhonratchasima, Chaiyapoom, Buriram and Surin province. To compare results with water supply quality standard and classified water supply systems into groups by using statistic technique and analyzes the relation between seasonal, sizes and location of water supply system. The results show the major problem of water quality are the bacteria contamination and they showed higher contaminant in dry season than rainy season. The water quality which was produced from large scale of water supply systems had a better water quality than the small scale of water supply system. These indicate that the large scale of water supply system had better process of water supply compared with the small scales system. In conclusion, the community water supply system should be improved by adding some unit operations such as disinfection unit especially for the underground water of water supply system. These can be improved the water supply quality to meet the standard. And to reduce the incident rate of water borne diseases.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2555 คณะผู้ศึกษาวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย สถานที่ในการทำวิจัย และเครื่องมือ-อุปกรณ์ในการตรวจวิเคราะห์ คณะผู้ศึกษาวิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ บุคลากร และประชากรของระบบประปาชุมชนจำนวน 27 แห่ง ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาระบบประปาชุมชนครั้งนี้ ซึ่งตั้งอยู่ภายในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบประปา และความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง และข้อมูลต่าง ๆ สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ นางสาว โสธิชา กิจอาสา ผู้ช่วยในการวิจัย ที่ทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จรียา ยิ้มรัตนบวร
(หัวหน้าโครงการวิจัย)
17 พฤศจิกายน 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ญ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แหล่งน้ำดิบ 4
2.1.1 แหล่งน้ำผิวดิน 4
2.1.2 แหล่งน้ำใต้ดิน 4
2.2 คุณภาพน้ำ 4
2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ 4
2.2.2 คุณสมบัติทางเคมี 5
2.2.2 คุณสมบัติทางด้านแบคทีเรีย 6
2.3 สิ่งแปลกปลอมในน้ำประปาและผลกระทบต่อสุขภาพ 6
2.3.1 สิ่งแปลกปลอมในน้ำประปา 6
2.3.2 ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากน้ำ 7
2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำ 7
2.4.1 มาตรฐานน้ำดิบของแหล่งน้ำผิวดิน 7
2.4.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน 8
2.4.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา 13
2.5 ระบบการผลิตน้ำประปา 15
2.5.1 ระบบการผลิตน้ำประปาแบบบาดาล 15
2.5.2 ระบบการผลิตน้ำประปาแบบผิวดิน 15
2.6 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา 18
2.7 ระบบประปาหมู่บ้าน 18
2.7.1 แบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.2 แบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดกลาง 19
2.7.3 แบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่ 20
2.7.4 แบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่มาก 20
2.7.5 แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดกลาง 20
2.7.6 แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่ 20
2.7.7 แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มาก 20
2.8 การเก็บตัวอย่างน้ำประปา 24
2.8.1 จุดเก็บตัวอย่าง 24
2.8.2 จำนวนตัวอย่างน้ำ 24
2.9 ลักษณะพื้นที่ที่ทำการสำรวจ 25
2.9.1 จังหวัดนครราชสีมา 25
2.9.1.1 ข้อมูลทั่วไป 25
2.9.1.2 ข้อมูลประชากรและการปกครอง 26
2.9.2 จังหวัดชัยภูมิ 26
2.9.2.1 ข้อมูลทั่วไป 26
2.9.2.2 ข้อมูลประชากรและการปกครอง 26
2.9.3 จังหวัดบุรีรัมย์ 27
2.9.3.1 ข้อมูลทั่วไป 27
2.9.3.2 ข้อมูลประชากรและการปกครอง 28
2.9.4 จังหวัดสุรินทร์ 28
2.9.4.1 ข้อมูลทั่วไป 28
2.9.4.2 ข้อมูลประชากรและการปกครอง 29
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
3 วิธีการดำเนินการวิจัย 31
3.1 พื้นที่การศึกษา 31
3.2 ระยะเวลาศึกษา 32
3.3 การสุ่มตัวอย่างระบบประปา 32
3.3.1 การแบ่งระบบประปาชุมชนตามลักษณะน้ำดิบ 32
3.3.2 การแบ่งระบบประปาตามขนาดของการผลิตน้ำ 32
3.4 การเก็บตัวอย่าง 34
3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนาม 36
3.5.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละระบบประปา 36
3.5.3 ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง 36
3.5.4 จำนวนตัวอย่างที่ทำการเก็บ 36
3.5.5 วิธีการเก็บตัวอย่าง 36
3.6 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 38
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 39
3.8 การประมวลข้อมูลผลการศึกษา 39
4 ผลการศึกษา 40
4.1 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพแหล่งน้ำดิบ 40
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพ 40
4.1.2 ลักษณะน้ำทางเคมี 43
4.1.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า 43
4.1.2.2 ค่าของแข็ง 46
4.1.2.3 ค่าบีโอดี 46
4.1.2.4 ทีเคเอ็น แอมโมเนีย ไนไตรท์ และ ไนเตรท 47
4.1.2.5 ความกระด้าง 48
4.1.2.5 สารอื่น ๆ 49
4.1.3 ลักษณะน้ำทางชีวภาพ 51
4.1.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) 51
4.1.3.2 ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) 53
4.1.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะน้ำดิบ 53
4.1.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างระบบประปาน้ำผิวดิน กับระบบประปาน้ำใต้ดิน 53
4.1.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง 57
4.1.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างจังหวัด 61
4.1.5 สรุปผลคุณภาพแหล่งน้ำดิบ 65
4.2 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่าย 66
4.2.1 ลักษณะทางกายภาพ 66
4.2.2 ลักษณะน้ำทางเคมี 69
4.2.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า 69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2.2 ค่าของแข็ง 69
4.2.2.3 ทีเคเอ็น แอมโมเนีย ไนไตรท์ และ ไนเตรท 71
4.2.2.4 สารอื่น ๆ 71
4.2.2.5 คลอรีนตกค้าง 72
4.2.3 ลักษณะน้ำทางชีวภาพ 72
4.2.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) 72
4.2.3.2 ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) 74
4.2.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา 75
4.2.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง 75
4.2.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างจังหวัด 78
4.2.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของระบบประปา 81
4.2.5 สรุปผลคุณภาพน้ำประปา ณ สถานีสูบจ่าย 84
4.3 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน 85
4.3.1 ลักษณะทางกายภาพ 85
4.3.2 ลักษณะน้ำทางเคมี 88
4.3.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า 88
4.3.2.2 ค่าของแข็ง 88
4.3.2.3 สารอื่น ๆ 90
4.3.2.4 คลอรีนตกค้าง 91
4.3.3 ลักษณะน้ำทางชีวภาพ 91
4.3.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) 91
4.3.3.2 ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) 93
4.3.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน 94
4.3.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน 94
4.3.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง 97
4.3.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างจังหวัด 100
4.3.4.4 การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของระบบประปา 102

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.5 สรุปผลคุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือน 105
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 107
5.1 สรุปผลการศึกษา 107
5.2 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย 109
รายการอ้างอิง 111
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำดิบ 113
ภาคผนวก ข ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำดิบ 116
ภาคผนวก ค ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำดิบ 127
ภาคผนวก ง ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของน้ำจากสถานีสูบจ่าย 130
ภาคผนวก จ ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของของน้ำจากสถานีสูบจ่าย 133
ภาคผนวก ฉ ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของน้ำจากสถานีสูบจ่าย 141
ภาคผนวก ช ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือน 144
ภาคผนวก ซ ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของของน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือน 147
ภาคผนวก ฌ ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือน 155
ภาคผนวก ญ มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้อง 158

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน 8
2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้อุปโภค 12
2.3 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 13
2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ตามมาตรฐานการประปานครหลวง 14
2.5 แบบมาตรฐานของระบบประปาขนาดต่าง ๆ 19
2.6 จำนวนตัวอย่างในการเก็บน้ำประปา 24
2.7 สถิติประชากรตามทะเบียนราษฎรจังหวัดนครราชสีมา 26
2.8 สถิติประชากรตามทะเบียนราษฎรจังหวัดบุรีรัมย์ 28
3.1 จำนวนหมู่บ้านในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด 32
3.2 จำนวนแหล่งน้ำดิบภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด 34
3.3 จำนวนพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัดในแต่ละฤดู 34
3.4 ที่ตั้งระบบประปาบาดาลภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด 34
3.5 ที่ตั้งระบบประปาผิวดินภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด 35
3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด 37
3.7 วิธีการตรวจวิเคราะห์ 38
4.1 ลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำดิบ 41
4.2 ลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำดิบ 44
4.3 ลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำดิบ 52
4.4 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดิน กับระบบประปาน้ำใต้ดิน 55
4.5 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างน้ำดิบในฤดูฝนกับน้ำดิบในฤดูแล้ง 59
4.6 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา 63
4.7 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา 64
4.8 ลักษณะทางกายภาพของน้ำจากสถานีสูบจ่าย 67
4.9 ลักษณะทางเคมีของของน้ำจากสถานีสูบจ่าย 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.10 ลักษณะทางชีวภาพของน้ำจากสถานีสูบจ่าย 73
4.11 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง 76
4.12 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา 79
4.13 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา 80
4.14 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ 82
4.15 ลักษณะทางกายภาพของน้ำประปา 86
4.16 ลักษณะทางเคมีของน้ำประปา 89
4.17 ลักษณะทางชีวภาพของน้ำประปา 92
4.18 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน 95
4.19 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง 98
4.20 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา 101
4.21 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ 103

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ระบบการผลิตน้ำประปาบาดาล 16
2.2 ระบบการผลิตน้ำประปาผิวดิน 17
2.3 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดเล็ก 21
2.4 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดกลาง 21
2.5 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดใหญ่ 22
2.6 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดใหญ่มาก 22
2.7 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบผิวดินขนาดกลาง 23
2.8 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบผิวดินขนาดใหญ่ 23
2.9 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบผิวดินขนาดใหญ่ 24
2.10 แผนที่จังหวัดนครราชสีมา 25
2.11 แผนที่จังหวัดชัยภูม 27
2.12 แผนที่จังหวัดบุรีรัมย์ 27
2.13 แผนที่จังหวัดสุรินทร์ 28
3.1 ขั้นตอนการศึกษา 31
3.2 จุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชน 33
4.1 เปรียบเทียบค่าสีระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 42
4.2 เปรียบเทียบค่าความขุ่นระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 42
4.3 เปรียบเทียบค่าของแข็งในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 46
4.4 เปรียบเทียบค่าบีโอดีในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 47
4.5 เปรียบเทียบค่าไนโตรเจนในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 48
4.6 เปรียบเทียบค่าเหล็กในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 49
4.7 เปรียบเทียบค่าแมงกานีสในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 50
4.8 เปรียบเทียบค่าโคลิฟอร์มทั้งหมดในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 51
4.9 เปรียบเทียบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.10 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดิน
กับระบบประปาน้ำใต้ดิน (1) สี (2) เหล็ก (3) ไนไตรท์ (4) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน
(5) ความกระด้างทั้งหมด และ (6) ความกระด้างแคลเซียม 56
4.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดิน
กับระบบประปาน้ำใต้ดิน 57
4.12 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง
(1) พีเอช (2) อุณหภูมิ (3) โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และ (4) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 60
4.13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง 61
4.14 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่าง 4 จังหวัด
(1) ความกระด้างทั้งหมด (2) คลอไรด์ (3) ของแข็งทั้งหมด และ (4) ของแข็งละลายทั้งหมด 65
4.15 เปรียบเทียบค่าสีของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 68
4.16 เปรียบเทียบค่าความขุ่นของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 68
4.16 เปรียบเทียบค่าของแข็งของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 69
4.18 เปรียบเทียบค่าไนโตรเจนของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 71
4.19 เปรียบเทียบค่าโคลิฟอร์มทั้งหมดน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและ
แหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 74
4.20 เปรียบเทียบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและ
แหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 75
4.21 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่ออกจากโรงประปาระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง
(1) พีเอช (2) อุณหภูมิ (3) ฟลูออไรด์ และ (4) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 77
4.22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่ออกจากโรงประปา
ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง 78

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.23 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์ของแข็งทั้งหมดในน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่าง 4 จังหวัด 80
4.24 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่ออกจากโรงประปาระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ (1) ความนำไฟฟ้า (2) ของแข็งทั้งหมด และ (3) ของแข็งละลายทั้งหมด 83
4.25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่ออกจากโรงประปาระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ 84
4.26 เปรียบเทียบค่าสีของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 87
4.27 เปรียบเทียบค่าความขุ่นของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 88
4.28 เปรียบเทียบค่าของแข็งของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 90
4.29 เปรียบเทียบค่าโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 93
4.30 เปรียบเทียบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง 94
4.31 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน (1) อุณหภูมิ (2) สี (3) เหล็ก และ (4) พีเอช 96
4.32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน 97
4.33 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง (1) ออกซิเจนละลาย (2) พีเอช (3) อุณหภูมิ และ (4) ฟลูออไรด์ 99
4.34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง 100
4.35 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ (1) ความนำไฟฟ้า (2) ของแข็งทั้งหมด และ (3) ของแข็งละลายทั้งหมด 104
4.36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น 105

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิต การจัดหาน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภค - บริโภคเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานที่ประชาชนควรได้รับอย่างมีคุณภาพและทั่วถึง ดังนั้นรัฐจึงมีหน้าที่ในการจัดสรรให้ประชาชนมีน้ำสะอาดสำหรับเป็นน้ำดื่ม - น้ำใช้อย่างเพียงพอ เมื่อประชาชนมีน้ำสะอาดสำหรับดื่มและใช้อย่างเพียงพอก็จะส่งผลให้ประชาชนมีสุขอนามัยที่ดี รัฐบาลได้มีการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยมีเป้าหมายให้ทุกหมู่บ้านมีแหล่งน้ำเพื่ออุปโภค - บริโภคอย่างทั่วถึงและพอเพียงภายในปี 2550 รวมทั้งมีระบบประปาครบทุกหมู่บ้านภายในปี 2551 โดยมีหลายหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบการให้บริการน้ำเพื่อการอุปโภค - บริโภคแก่ประชาชน โดยดำเนินงานอย่างบูรณาการ ตั้งแต่หน่วยงานระดับนโยบายที่กำหนดนโยบายและแนวทางการบริหารงานต่าง ๆ จนถึงหน่วยงานระดับปฏิบัติการที่รับผิดชอบการผลิต จำหน่ายและการให้บริการแก่ประชาชน ระบบประปาในเขตเมืองมีหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่รับผิดชอบ ได้แก่ การประปานครหลวง รับผิดชอบการผลิตน้ำประปาเพื่อจ่ายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และการประปาส่วนภูมิภาครับผิดชอบการผลิตน้ำประปาเพื่อจ่ายในจังหวัดต่าง ๆ ส่วนในพื้นที่ชนบทมีกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน และส่งมอบการดูแลให้กับการปกครองส่วนท้องถิ่น โดยมีอัตราส่วนความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานดังนี้ การประปานครหลวงร้อยละ 10 การประปาส่วนภูมิภาคร้อยละ 16 และกิจการประปาหมู่บ้านร้อยละ 74 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากิจการประปาหมู่บ้านมีอัตราส่วนมากที่สุด จากข้อมูลของกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย (2546) ประเทศไทยมีจำนวนหมู่บ้านทั้งหมด 68,501 หมู่บ้าน จำนวนหมู่บ้านที่มีระบบประปา 52,456 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 76.58 โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนหมู่บ้านทั้งหมด 30,405 หมู่บ้าน จำนวนหมู่บ้านที่มีระบบประปา เท่ากับ 23,599 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 77.6 ดังนั้นหากแหล่งน้ำดิบทั้งน้ำผิวดิน หรือน้ำใต้ดินที่นำไปใช้ในการผลิตน้ำประปาถูกปนเปื้อนจากน้ำเสียของบ้านเรือน สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการเกษตรกรรม หรือน้ำเสียจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ ย่อมส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำประปาจะนำมาผลิต และหากระบบการผลิตน้ำสะอาดไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำทำให้น้ำประปาที่ได้มีสารปนเปื้อนอยู่ ย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากร ทำให้เกิดโรคเนื่องจากน้ำเป็นสื่อ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคนจำนวนมาก ดังเช่นเหตุการณ์ในอดีตที่เคยเกิดขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีการปนเปื้อนสารปรอทลงในน้ำทะเล และทำให้ประชากรในหมู่บ้านมินามาตะที่

อาศัยแหล่งน้ำได้รับสารปรอทเกินมาตรฐาน ส่งผลก่อให้เกิดโรคมินามาตะ หรือในกรณีที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมในแหล่งน้ำส่งผลทำให้เกิดโรคอิไต - อิไต

จากผลการศึกษาของ กิตติญา และ ฉัตรเพชร (2552) ทำการสำรวจข้อมูลระบบประปาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำประปา โดยทำการสุ่มตัวอย่างระบบประปาทั้งสิ้น 34 แห่ง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาพบว่า คุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านร้อยละ 34 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ตามประกาศของกรมอนามัย นฤมล และวรางคณา (2549) ทำการศึกษาระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ภายในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 11 แห่ง พบว่าคุณภาพน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคถึงร้อยละ 90.91 จะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำจากระบบประปาหมู่บ้าน มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานและมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคซึ่งเกิดจากน้ำเป็นสื่อ (water borne diseases) เช่น โรคอุจาระร่วง โรคทางเดินอาหาร โรคพยาธิ และโรคไวรัสลงตับ มีโอกาสระบาดไปสู่ประชากรในชุมชนได้ โรคอุจจาระร่วงในเด็ก เป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่สำคัญในประเทศกำลังพัฒนา โดยมีเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 1.5 ล้านคนจากเด็ก 10 ล้านคนตายเพราะโรคอุจจาระร่วง (UNICEF/WHO, 2009) WHO คาดการณ์ว่าการมีน้ำดื่มที่สะอาดและปลอดภัย จะสามารถป้องกันการเกิดโรคอุจาระร่วงได้ร้อยละ 94 (Bartram and Gorgon, 2008) และจากผลการศึกษาของ Majuru et al. (2011) พบว่าหมู่บ้านที่มีการปรับปรุงระบบการผลิตน้ำประปา เช่น ในตัวระบบประปา และการเลือกใช้แหล่งน้ำดิบที่มีความน่าเชื่อถือในเรื่องคุณภาพน้ำ จะมีอัตราการเกิดโรคอุจาระร่วงลดลงร้อยละ 57

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการสำรวจคุณภาพน้ำผิวดิน คุณภาพน้ำประปาจากระบบประปาชุมชนภายในพื้นที่ศึกษา และคุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้งาน โดยจากโรงประปาชุมชนจากทั้ง 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาล ขนาดของโรงประปา และจังหวัดที่ตั้ง และประเมินคุณภาพน้ำประปาชุมชนในพื้นที่ศึกษา เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาในกรณีที่มีที่มาของปัญหาร่วมกัน เพื่อปรับปรุงการผลิตน้ำประปาชุมชนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำประปาชุมชนในพื้นที่ศึกษา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) พื้นที่ศึกษาอยู่ภายในพื้นที่ 4 จังหวัด ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ โดยจะสุ่มตัวอย่างระบบประปาชุมชนจากทั้ง 4 จังหวัดดังกล่าว

2) เก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปของระบบประปาชุมชน ได้แก่ กำลังผลิต ที่ตั้ง แหล่งน้ำดิบ ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ กระบวนการผลิตน้ำประปา

3) การสำรวจภาคสนาม โดยการเก็บตัวอย่างน้ำประปาชุมชน ช่วงฤดูร้อน (เดือนเมษายน) และช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) จุดในการเก็บตัวอย่างของระบบประปาแต่ละแห่งได้แก่ แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา น้ำประปาจากระบบการผลิต และน้ำประปาในระบบจ่ายน้ำ

4) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ และนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบเพื่อใช้ในการผลิตน้ำประปา และมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

5) นำข้อมูลที่ได้ไปประเมินประสิทธิภาพระบบการผลิตน้ำประปา ร่วมกับข้อมูลทางด้านวิศวกรรมการผลิตน้ำประปา และข้อมูลผลกระทบทางด้านสุขภาพอนามัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การจัดหาน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภค – บริโภคเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานที่ประชาชนควรได้รับอย่างมีคุณภาพและทั่วถึง เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มนุษย์จึงต้องการแหล่งน้ำที่สะอาดไม่มีการปนเปื้อนของมลทินหรือสารพิษ จึงทำให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือระบบประปาขึ้น เพื่อสามารถนาใช้ในการอุปโภค – บริโภคได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้น การศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำประปาให้มีความสะอาดและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จึงมีความสำคัญ ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แหล่งน้ำดิบ

แหล่งน้ำดิบที่นำไปใช้ในการผลิตน้ำประปา ก่อนที่จะทำการผลิตน้ำประปาจำเป็นจะต้องมีการศึกษาและสำรวจถึงแหล่งน้ำที่จะนำมาผลิตน้ำประปา ว่ามีปริมาณเพียงพอและมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหรือไม่ เพื่อที่จะได้น้ำประปาที่มีคุณภาพสูงเหมาะแก่การอุปโภค - บริโภค แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปามี 2 ประเภท คือ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2550)

2.1.1 แหล่งน้ำผิวดิน

คือ น้ำฝนส่วนที่ตกลงมาสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำตามลำธาร คลอง หนอง ลำธาร แม่น้ำ ทะเล รวมถึงน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาสมทบในช่วงที่ไม่มีฝนตกสำหรับแหล่งน้ำบางแหล่งปริมาณน้ำผิวดินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา และขนาดและระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ลักษณะดิน สิ่งปกคลุมพื้นที่นั้น เช่น ป่าไม้ หรือถนน

2.1.2 แหล่งน้ำใต้ดิน

คือ น้ำฝนส่วนที่ตกลงมาและถูกดูดซึมลงไปในดิน และไหลผ่านชั้นดินต่าง ๆตามรอยแตกของหิน หรือช่องว่างของเม็ดทราย หินปูน ลึกลงไปจนถึงชั้นหินหรือดินที่น้ำซึมต่อไปไม่ได้ ระดับน้ำใต้ดินจะสูงต่ำตามระดับของพื้นดิน (Profile) ที่อยู่เหนือน้ำใต้ดินนั้น และระดับน้ำไม่คงที่ ขึ้นลงตามฤดูกาล คือ ในฤดูฝนระดับน้ำใต้ดินจะสูงขึ้น และในฤดูแล้งระดับน้ำจะลดลง มุมเทเอียงของระดับน้ำใต้ดินจะลาดหรือชันขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ซึมลงดิน และความฝืดของชั้นดินที่น้ำไหลผ่าน

2.2 คุณภาพน้ำ

ลักษณะสมบัติของน้ำดิบและน้ำประปา แบ่งออกเป็น คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางด้านแบคทีเรีย มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

1) ความขุ่น เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดิน ทราย สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก และสาหร่ายเซลเดียว แพลงตอน สามารถทำให้เกิดแสงหักเหในน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินว่าผู้บริโภคต้องการใช้น้ำหรือไม่ และเนื่องจากความขุ่นเป็นพารามิเตอร์ที่วัดได้ง่าย จึงนิยมใช้ความขุ่น

เป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพของกระบวนการหลายประเภท เช่น กระบวนการตกตะกอน กระบวนการกรอง เป็นต้น

2) สี เกิดจากพืชและใบไม้ที่เน่าเสีย และมักมีสีชา การที่น้ำมีสีผิดปกติ ทำให้น้ำไม่น่าใช้

3) กลิ่นและรส เกิดจากสาเหตุ จุลินทรีย์ต่าง ๆ สาหร่าย ก๊าซต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในน้ำซึ่งขาดออกซิเจน เป็นต้น มาตรฐานกำหนดว่าต้องไม่เป็นที่น่ารังเกียจ

4) อุณหภูมิ น้ำธรรมชาติมักมีอุณหภูมิปกติ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงได้ และยังมีอิทธิพลต่อกรรมวิธีในการผลิตน้ำประปาอีกด้วย

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมี

1) พีเอช น้ำในธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6 - 8.5 น้ำบาดาลจะมีค่าพีเอชสูง หรือต่ำเกินไปมักเป็นอุปสรรคในกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) ด้วยสารส้ม

2) ความเป็นด่าง (Alkalinity) น้ำที่มีความเป็นด่างสูงเป็นน้ำที่มีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชได้ดี หรือที่เรียกว่า buffering capacity คุณสมบัตินี้มีความสำคัญสำหรับการตกตะกอนด้วยสารส้มในระบบประปา มีประโยชน์ช่วยให้ปฏิกิริยาในกระบวนการโคแอกกูเลชันเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

3) ความกระด้าง (Hardness) หมายถึง ความเข้มข้นหรือปริมาณของอนุมูลโลหะประจุ +2 ในน้ำ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สตรอยเซียม รวมทั้งเหล็ก และอลูมิเนียม โดยธรรมชาติสาเหตุของความกระด้างในน้ำธรรมชาติเกิดแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าเหล็กและโลหะอื่น น้ำจากแหล่งต่าง ๆ จะมีความกระด้างไม่เท่ากัน อาจแบ่งระดับความกระด้างตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ได้ดังนี้

น้ำอ่อน	0 – 50	มิลลิกรัม/ลิตร ของ $CaCO_3$
น้ำอ่อนปานกลาง	50 – 100	มิลลิกรัม/ลิตร ของ $CaCO_3$
น้ำกระด้างเล็กน้อย	100 – 150	มิลลิกรัม/ลิตร ของ $CaCO_3$
น้ำกระด้างปานกลาง	150 – 200	มิลลิกรัม/ลิตร ของ $CaCO_3$
น้ำกระด้าง	200 – 300	มิลลิกรัม/ลิตร ของ $CaCO_3$
น้ำกระด้างมาก	มากกว่า 300	มิลลิกรัม/ลิตร ของ $CaCO_3$

น้ำผิวดินจะมีความกระด้างในช่วง 80 – 100 มิลลิกรัม/ลิตร ของ $CaCO_3$ ในขณะที่น้ำบาดาลจะมีความกระด้างสูงกว่าน้ำผิวดิน ซึ่งน้ำประปาควรมีความกระด้างประมาณ 50 – 80 มิลลิกรัม/ลิตร ของ $CaCO_3$ ซึ่งจะทำให้น้ำมีรสชาติดี และล้างสบู่ได้ง่ายในเวลาอาบน้ำ ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในการกำจัดความกระด้างในน้ำมี 2 วิธีคือ lime – soda และ ion exchange

4) คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ น้ำผิวดินมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่น้อยเนื่องจากในอากาศมีก๊าซชนิดนี้น้อยมาก

5) คลอไรด์ (Chloride) คลอไรด์มีอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะน้ำผิวดินบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ หรือบริเวณที่มีน้ำทะเลหนุนขึ้นมาถึงได้ คลอไรด์ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ถ้ามีคลอไรด์ในน้ำมากจะทำให้น้ำมีรสเค็ม

6) เหล็ก (Fe) น้ำธรรมชาติส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในน้ำใต้ดิน จะพบสารเหล็กอยู่ด้วยเสมอ เหล็กก่อให้เกิดปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำประปา เช่น ทำให้น้ำมีสีแดงและมีกลิ่น ทำให้เกิดคราบสนิมกับเครื่องสุขภัณฑ์ ทำให้ผ้าเปื้อน ทำให้น้ำประปามีกลิ่นและรสเป็นที่น่ารังเกียจ

7) แมงกานีส (manganese) มักถูกพบในน้ำพร้อมเหล็ก แต่ในปริมาณที่น้อยกว่าแมงกานีสมีอยู่ในน้ำบาดาลมากกว่าน้ำผิวดิน และยังอาจพบแมงกานีสที่ก้นอ่างเก็บน้ำ มีผลทำให้น้ำขุ่น เสื้อผ้ามีรอยเปื้อน เป็นต้น

8) ออกซิเจน โดยปกติออกซิเจนน้ำผิวดินเป็นดัชนีที่แสดงถึงระดับสารอินทรีย์ที่เป็นมลพิษ ออกซิเจนในน้ำยังทำให้เหล็กและแมงกานีสตกผลึก ออกซิเจนในน้ำผิวดินควรมีปริมาณใกล้ระดับอิ่มตัวให้มากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้

9) ซัลเฟต เป็นรูปหนึ่งของกำมะถันที่พบในน้ำทั่วไป เจือปนในแหล่งน้ำได้สองทาง คือ จากก๊าซ SO_2 ในอากาศที่ถูกฝนละลายตกลงมา และละลายจากหินหรือดินที่มีซัลเฟต ในน้ำจึงมีซัลเฟตเจือปนอยู่ด้วย

10) ฟลูออไรด์ ในธรรมชาติพบได้ในชั้นหินบางชนิด ประมาณฟลูออไรด์ในน้ำผิวดินมีค่าต่ำกว่าความต้องการของร่างกาย แต่น้ำบาดาลบางแห่งจะมีปริมาณฟลูออไรด์สูง โดยเฉพาะชั้นของหินชนวนหรือหินปูน

2.2.3 คุณสมบัติทางด้านแบคทีเรีย

1) พวกที่สามารถทำให้เกิดโรคในคน เป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตรายและมีอยู่ลำไส้คน เรียกว่า enteric pathogen การตรวจวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียพวกนี้มีกรรมวิธีที่ละเอียดและยุ่งยาก

2) แบคทีเรียพวกที่อยู่ในลำไส้และสัตว์มากที่สุด มีชื่อเรียกว่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria) อยู่ในลำไส้สัตว์เลือดอุ่น มักนิยมใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย

2.3 สิ่งแปลกปลอมในน้ำประปาและผลกระทบต่อสุภาพ

น้ำประปาที่มีคุณภาพดีจะไม่ต้องไม่ปรากฏสิ่งแปลกปลอมและไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำ ซึ่งสิ่งแปลกปลอมในน้ำประปาและผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 สิ่งแปลกปลอมในน้ำประปา

1) หนอนแดง (Blood worm) เป็นแมลงจำพวก *Chirono midae* ใน Class Insecta Phylum Authopoda เกิดจากแมลงบางชนิดวางไข่ในน้ำนิ่งเช่นเดียวกับ ยุง เจริญเติบโตโดยอาศัยสิ่งสกปรกที่อยู่ก้นโอ่งหรือถังพักน้ำ ทำการ แพร่พันธุ์เป็นจำนวนมาก เมื่อมีการใช้น้ำก้นถัง หนอนแดงจะไหลมาตามท่อส่งน้ำ เข้าสู่ระบบท่อต่าง ๆ ภายในบ้านได้ หรืออาจเข้ามาทางเครื่องสูบ น้ำที่สูบจากท่อโดยตรง ดังนั้นเพื่อป้องกันหนอนแดงไม่ให้เกิดขึ้น จะต้องมีระบบการตกตะกอนการกรอง การฆ่าเชื้อโรค และป้องกันไม่ให้หนอนแดงสามารถเข้ามาทางท่อที่แตกรั่วได้ โดยใช้แรงดันน้ำ และต้องมีคลอรีนตลอดเวลา (วารสารการประปานครหลวง, 2540)

2) ตัวร้อยขา (Sand Worm) ตัวร้อยขาหรือตัวสงกรานต์เป็นสัตว์ประเภทหนอนมีปล้องกลุ่มเดียวกับใส้เดือนดินและปลิงน้ำจืด มีขนาดเล็ก ลำตัวกว้างประมาณ 0.25 – 0.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6-10 เซนติเมตร มีปล้องตามความยาวของลำตัวมากกว่า 100 ปล้อง ลำตัวมักเป็นสีแดง เนื่องจากผิวตัวที่บอบบางสามารถมองผ่านเข้าไปเห็นเส้นเลือด ตัวร้อยขาไม่สามารถเข้ามาในระบบท่อประปาได้ แต่หากเข้ามาในระบบเส้นท่อจ่ายน้ำจากการซ่อมท่อหรือเหตุอื่นใด ตัวร้อยขาจะไม่สามารถ

ดำรงชีวิตอยู่ได้ เนื่องจากคลอรีนและแรงดันภายในเส้นท่อประปาจะทำลายโครงสร้างของลำตัว และผิวที่บางใส

3) ตัวอะมีบา (Amoeba) เป็นสัตว์เซลล์เดียวประเภทโปรโตซัว มีลักษณะเฉพาะคือการใช้ส่วนของไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) เป็นอวัยวะที่ช่วยในการเคลื่อนไหว นิยมเรียกว่า ขาเทียม (Pseudopodia) อะมีบาสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการแบ่งตัวจากหนึ่งเป็นสอง อะมีบาชนิดทำให้เกิดโรคบิดมีตัวคือ *Entamoeba Histolyca* ปัจจุบันไม่ใช่โรคที่น่ากลัว เพราะอะมีบาไม่ทนทานต่อสารคลอรีนและความร้อน หากปรุงอาหาร ให้สุกและดื่มแต่ น้ำประปาที่สะอาดก็จะปลอดภัย สำหรับผู้ที่มีแผลตามผิวหนังหรือมีภูมิต้านทานต่ำ เช่น ติดเชื้อเอชไอวี โรคตับ โรคเบาหวาน และผู้ที่ได้รับยากดภูมิต้านทานโรค ควรเลี่ยงการลงว่ายน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะแหล่งน้ำที่ขังนิ่งไม่ไหลเวียนหรือน้ำขุ่น บุคคลทั่วไปหากว่ายน้ำหรือดำน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ควรระมัดระวังไม่ให้สำลักน้ำเข้าโพรงจมูก (ถ้าสำลักน้ำให้รีบสั่งออกทางจมูกแรง ๆ) กรณีของผู้ที่ใส่เลนส์สัมผัสควรถอดออกก่อนลงน้ำ หากใส่ลงว่ายน้ำควรล้างด้วยน้ำยาล้างเลนส์ตามวิธีที่จักษุแพทย์แนะนำให้สะอาดหลังเล่นน้ำทุกครั้ง ผู้ที่มีอาการป่วยน่าสงสัยหลังจากลงเล่นน้ำทุกแหล่ง ควรรีบไปพบแพทย์ทันที

2.3.2 ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากน้ำ

น้ำที่ใช้ในการอุปโภค – บริโภค หากพบว่ามีสิ่งเจือปนย่อมจะก่อให้เกิดผลกระทบและโรคต่อผู้ใช้น้ำ เช่น ใช้น้ำที่ไม่สะอาดเพื่ออุปโภค จะก่อให้เกิดอาการคัน มีผื่นแดงบริเวณผิวหนัง เป็นต้น และหากใช้น้ำที่ไม่สะอาดเพื่อบริโภคจะก่อให้เกิดโรคได้ โรคที่พบบ่อยได้แก่ โรคทางเดินอาหารที่ เช่น ท้องร่วง อหิวาตกโรค อาหารเป็นพิษ โรคบิด หรือไทฟอยด์ อาการโดยรวมคือจะถ่ายอุจจาระเหลว ถ่ายเป็นน้ำ ถ่ายมีมูกเลือด ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดหัวและปวดตามตัว เป็นไข้ เบื่ออาหาร โรคท้องร่วงเกิดได้จากหลายสาเหตุ เชื้อโปรโตซัวเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งสามารถป้องกันและรักษาได้ เชื้อโปรโตซัวที่ทำให้เกิดโรค อุจจาระร่วง ได้แก่ เชื้ออะมีบา (Amoeba) เชื้อไกอาเดีย (Giardia) และเชื้อในกลุ่มคอกซิเดีย (Coccidia) นอกจากนี้ก็ยังมีเชื้ออีโคไล (E.Coli) ต่าง ๆ ซึ่งเป็นเชื้อโรคที่ทำให้เกิดอุจจาระร่วง เชื้อชนิดนี้มีทั้งชนิดดีและไม่ดี เชื้ออีโคไลบางชนิดอยู่ในลำไส้คนเราอยู่แล้วและไม่ก่อโรค แต่ก็มีเชื้ออีโคไลบางชนิดที่ก่อโรค เช่น เอนเทอโรท็อกซิเจนิก อีโคไล (*Enterotoxigenic E.Coli*) ทำให้เกิดอาการท้องร่วงในทารก หรือเอนเทอโรเพโทเจนิก อีโคไล (*Enteropathogenic E.Coli*) เชื้อพวกนี้จะสร้างสารพิษแก่ร่างกายคน

ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันและไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำ จึงจำเป็นต้องมีมาตรการในการป้องกันและมีมาตรฐานคุณภาพน้ำ เพื่อให้เป็นแนวปฏิบัติและป้องกันโรคที่จะเกิดขึ้น

2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำ

2.4.1 มาตรฐานน้ำดิบของแหล่งน้ำผิวดิน

ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน แบ่งตามการใช้ประโยชน์ออกเป็น 5 ประเภท ดังต่อไปนี้

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
(3) การประมง
(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2.4.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

อ้างอิงตามประกาศกระทรวงทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) ออกตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.1 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 ออกตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรฐานทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
1.สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound)			
1) เบนซีน (Benzene)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 5	วิธี Purge and Trap Gas chromatography หรือวิธี Purge and Trap Gas chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
2) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 5	วิธี Purge and Trap Gas chromatography หรือวิธี Purge and Trap Gas chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) 1,2 - คลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
4) 1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 7	"
5) ซิส -1,2 - ไดคลอโรเอทธิลีน (cis-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 70	"
6) ทรานส์ -1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (trans-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 100	"
7) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
8) เอทธิลเบนซีน (Ethylbenzene)	"	ต้องไม่เกิน 700	"
9) สไตรีน (Styrene)	"	ต้องไม่เกิน 100	"
10) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachoroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
11) โทลูอีน (Toluene)	"	ต้องไม่เกิน 1,000	"
12) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
13) 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 200	"
14) 1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
15) ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes)	"	ต้องไม่เกิน 10,000	"

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
2. โลหะหนัก (Heavy metals)			
1) แคดเมียม (Cadmium)	มิลลิกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.003	วิธี Direct Aspiration/Atomic Absorption Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium)	"	ต้องไม่เกิน 0.05	"
3) ทองแดง (Copper)	"	ต้องไม่เกิน 1.0	"
4) ตะกั่ว (Lead)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	"
5) แมงกานีส (Manganese)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	"
6) นิกเกิล (Nickel)	"	ต้องไม่เกิน 0.02	"
7) สังกะสี (Zinc)	"	ต้องไม่เกิน 5.0	"
8) สารหนู (Arsenic)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	วิธี Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
9) ซีลีเนียม (Selenium)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	"
10) ปรอท (Mercury)	"	ต้องไม่เกิน 0.001	วิธี Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)			
1) คลอเดน (Chlordane)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromtography/Mass Spectrometry หรือวิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
2) ดิลดริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.03	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromtography/Mass Spectrometry หรือวิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor)	"	ต้องไม่เกิน 0.4	"
4) เฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ (Heptachlor Epoxide)	"	ต้องไม่เกิน 0.2	"
5) ดีดีที (DDT)	"	ต้องไม่เกิน 2	"
6) 2,4-ดี (2,4-D)	"	ต้องไม่เกิน 30	วิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
7) อะทราซีน (Atrazine)	"	ต้องไม่เกิน 3	"
8) ลินเดน (Lindane)	"	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
9) เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	"	ต้องไม่เกิน 1	วิธี Liquid - Liquid Extraction Chromatography หรือวิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4. สารพิษอื่น ๆ			
1) เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene)	ไมโครกรัม /ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid - Liquid Extraction Chromatography หรือวิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) ไซยาไนด์ (Cyanide)	"	ต้องไม่เกิน 200	วิธี Pyridine Barbituric Acid หรือวิธี Colorimetry หรือวิธี Ion Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
3) พีซีบี (PCBs)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method II) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4) ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	"	ต้องไม่เกิน 2	วิธี Purge and Trap Gas Chromatography หรือวิธี Purge and Trap Gas Chromatography Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ : 1) การตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินใช้วิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) ซึ่ง American Public Health Association, American Water Works Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนด หรือตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

2) วิธีการเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำใต้ดินให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117 ตอนพิเศษ 95 ง ลงวันที่ 15 กันยายน 2543

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้อุปโภค

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด
คุณลักษณะทางกายภาพ	
1. สี (Color)	5 (PT-Co)
2. ความขุ่น (Turbidity)	5 (JTU)
3. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.0 - 8.0
คุณลักษณะทางเคมี (หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร)	
4. เหล็ก (Fe)	0.5
5. แมงกานีส (Mn)	0.3
6. ทองแดง (Cu)	1.0
7. สังกะสี (Zn)	5.0
8. ซัลเฟต (SO_4^{2-})	200
9. คลอไรด์ (Cl^-)	250

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้อุปโภค (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด
10. ฟลูออไรด์ (F^-)	0.7
11. ไนเตรต (No^{3-})	45
12. ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as $CaCO_3$)	300
13. ความกระด้างถาวร (Non-Carbonate hardness as $CaCO_3$)	200
14. ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solid, TDS)	600
สารพิษ (หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร)	
15. สารหนู (As)	ต้องไม่มีเลย
16. ไซยาไนด์ (CN)	ต้องไม่มีเลย
17. ตะกั่ว (Pb)	ต้องไม่มีเลย
18. ปรอท (Hg)	ต้องไม่มีเลย
19. แคดเมียม (Cd)	ต้องไม่มีเลย
20. ซิลิเนียม (Se)	ต้องไม่มีเลย
คุณลักษณะทางกายภาพ	
21. แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)	ไม่เกิน 500
22. แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี MPN (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร)	น้อยกว่า 2.2
23. อีโคไล (*E.coli*)	ต้องไม่มีเลย

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 ออกตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรฐานทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

2.4.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

อ้างอิงตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.3 และมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา อ้างอิงตามมาตรฐานของการประปานครหลวง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553

ข้อมูลที่ตรวจวิเคราะห์	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	หน่วยวัด
1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ		
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.5 – 8.5 (Field Test)	
- ความขุ่น (Turbidity)	ไม่เกิน 5	เอ็นทียู
- สี (Color)	ไม่เกิน 15	แพลตตินัมโคบอลท์
2. คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป		
- ของแข็งละลายน้ำ (TDS)	ไม่เกิน 1,000	มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2553 (ต่อ)

ข้อมูลที่ตรวจวิเคราะห์	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	หน่วยวัด
- ความกระด้าง (Hardness)	ไม่เกิน 500	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ซัลเฟต ($SO_4^{=}$)	ไม่เกิน 250	มิลลิกรัมต่อลิตร
- คลอไรด์ (Cl^-)	ไม่เกิน 250	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ไนเตรท (NO_3^- as NO_3^-)	ไม่เกิน 50	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ฟลูออไรด์ (F^-)	ไม่เกิน 0.7	มิลลิกรัมต่อลิตร
3. คุณภาพน้ำทางโลหะหนักทั่วไป		
- เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 0.5	มิลลิกรัมต่อลิตร
- แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.3	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 1.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
- สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 3.0	มิลลิกรัมต่อลิตร
4. คุณภาพน้ำทางโลหะหนัก สารเป็นพิษ		
- ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.03	มิลลิกรัมต่อลิตร
- โครเมียม (Cr)	ไม่เกิน 0.05	มิลลิกรัมต่อลิตร
- แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.003	มิลลิกรัมต่อลิตร
- สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.01	มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.001	มิลลิกรัมต่อลิตร
5. คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย		
- โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria)	0	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม
- ฟิคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal coliform bacteria)	0	เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิกรัม

หมายเหตุ : 1) คลอรีนอิสระคงเหลือ (Residual Free Chlorine) กำหนดให้มีปลายเส้นท่อ 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรใช้ในระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา

2) วิธีการตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามวิธีการในหนังสือ Standard Methods for theExamination of Water and Wastewater, 21th ed.

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ตามมาตรฐานการประปานครหลวง

รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์ที่กำหนดอนุโลมให้สูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
สี (Co lour)	5.0	15.0
รส (Taste)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (Odour)	“	“
ความขุ่น (Turbidity) หน่วยซิลิกา	5.0	20.0
ความเป็นกรด ด่าง (pH)	6.5-8.5	ไม่เกิน 9.2

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ตามมาตรฐานการประปานครหลวง (ต่อ)

รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์ที่กำหนดอนุโลมให้สูงสุด
คุณลักษณะทางเคมี (หน่วย มก./ล.)		
ปริมาณมวลสารทั้งหมด (TS)	500	1,500
เหล็ก (Fe)	0.5	1.0
แมงกานีส (Mn)	0.3	0.5
เหล็กและแมงกานีส (Fr & Mn)	0.5	1.0
ทองแดง (Cu)	1.0	1.5
สังกะสี (Zn)	5.0	15.0
แคลเซียม (Ca)	75	200
แมกเนเซี่ยม (Mg)	50	150
ซัลเฟต (SO_4)	200	250
คลอไรด์ (Cl)	250	600
ฟลูออไรด์ (F)	0.7	1.0
ไนเตรต (NO_3)	45	45
อัลคินเบนซิลโฟเนต (ABS)	0.5	1.0
ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenol)	0.001	0.002

ที่มา : การประปานครหลวง

2.5 ระบบการผลิตน้ำประปา

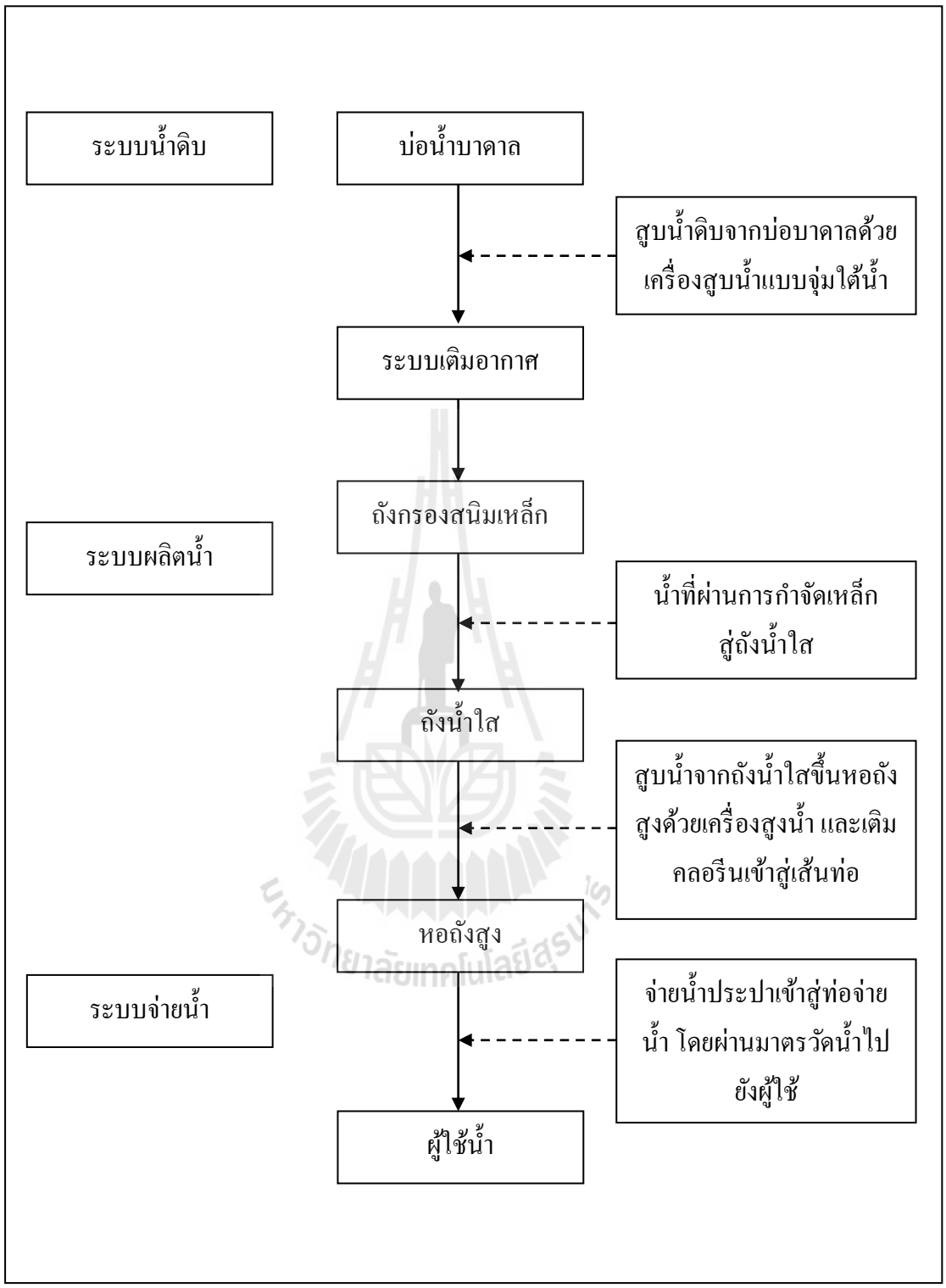
ระบบการผลิตน้ำประปานับว่าเป็นส่วนสำคัญ โดยมีน้ำดิบเสมือนวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็คือน้ำประปา การเลือกระบบการผลิตจะเลือกจากลักษณะของแหล่งน้ำดิบ ซึ่งระบบการผลิตจะส่งผลต่อไปยังองค์ประกอบในระบบประปา โดยทั่วไประบบการผลิตน้ำประปาประกอบด้วย ระบบผลิตน้ำประปาแบบบาดาลและระบบการผลิตน้ำประปาแบบผิวดิน (ขัตตยรัตน์ สงวนสัตย์, 2554) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1 ระบบการผลิตน้ำประปาแบบบาดาล

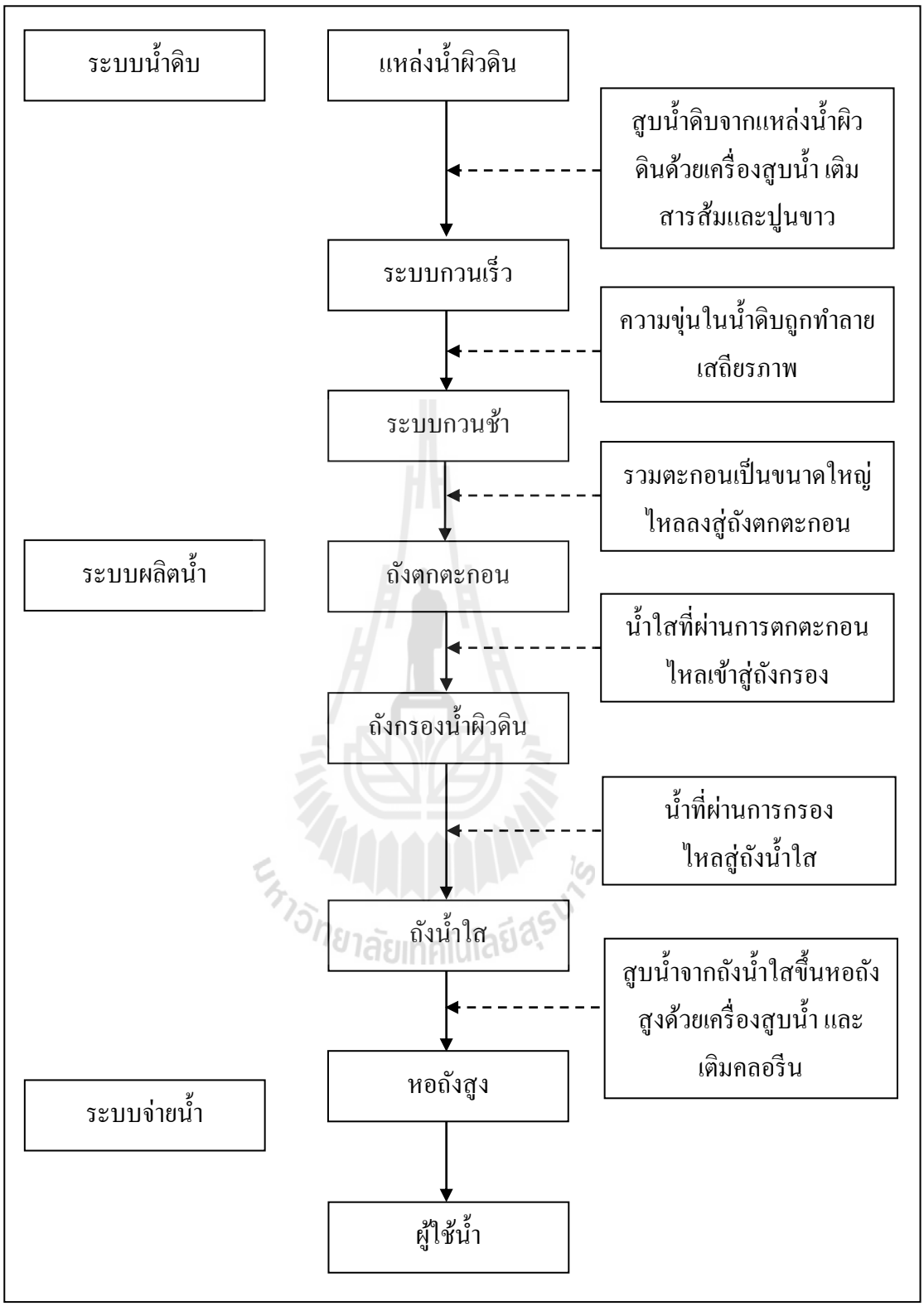
ใช้แหล่งน้ำใต้ดินเป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา ระบบการผลิตเริ่มจากการสูบน้ำจากบ่อบาดาลด้วยเครื่องสูบแบบจมใต้น้ำ ส่งไปตามท่อน้ำดิบเข้าสู่ระบบผลิต โดยผ่านระบบการเติมอากาศและถังกรองสนิมเหล็ก น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกส่งเข้าถังน้ำใส และฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนและส่งไปยังระบบจ่ายน้ำ ด้วยเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขึ้นหอสูง แล้วจึงจ่ายน้ำประปาเข้าสู่ระบบท่อผ่านมาตรวัดน้ำให้แก่ผู้ใช้น้ำ มีขั้นตอนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2.1

2.5.2 ระบบการผลิตประปาแบบผิวดิน

ใช้น้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง สระน้ำขนาดใหญ่ เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิต ระบบการผลิตเริ่มจากการสูบน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินด้วยเครื่องสูบแบบหอยโข่งส่งไปตามท่อน้ำดิบเข้าสู่ระบบผลิตน้ำ โดยการเติมสารส้ม ปูนขาว เพื่อให้เกิดการรวมตะกอนและตกตะกอน น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกส่งเข้าถังน้ำใส ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน และส่งไปยังระบบจ่ายน้ำ โดยสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขึ้นหอถังสูง แล้วจึงจ่ายน้ำประปาเข้าสู่ระบบท่อผ่านมาตรวัดน้ำให้แก่ผู้ใช้น้ำ ดังมีขั้นตอนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ระบบการผลิตน้ำประปาบาดาล
ที่มา : มาตรฐานระบบน้ำสะอาด กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย



รูปที่ 2.2 ระบบการผลิตน้ำประปาผิวดิน
ที่มา : มาตรฐานระบบน้ำสะอาด กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย

2.6 ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา

การผลิตน้ำประปามีขั้นตอนและรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1) การสูบน้ำ การผลิตน้ำประปา เริ่มจาก “โรงสูบน้ำแรงต่ำ” ทำการสูบน้ำจากแหล่งน้ำบาดาล หรือแหล่งน้ำผิวดินธรรมชาติ เพื่อลำเลียงเข้าสู่ระบบการผลิตน้ำ ซึ่งน้ำดิบที่สามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้นั้นจะต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่อง

2) การปรับปรุงคุณภาพน้ำ น้ำดิบที่สูบเข้ามาแล้ว จะถูกผสมด้วยสารเคมี เช่น สารส้มและปูนขาว เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ สารละลายสารส้มจะช่วยให้มีการตกตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และสารละลายปูนขาวจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของตะใคร่น้ำหรือสาหร่ายในน้ำ หรือบางครั้งจะมีการเติมคลอรีน เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคที่อาจปะปนมากับน้ำในขั้นต้นนี้ก่อน

3) การตกตะกอน ขั้นตอนนี้จะปล่อยน้ำที่ผสมสารส้มและปูนขาวแล้ว ที่ทำให้เกิดหมุนวนเวียนเพื่อให้น้ำกับสารเคมีรวมตัวกันจะช่วยให้มีการจับตัวของตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และจะนำน้ำเหล่านั้นให้เข้าสู่ถังตะกอนที่มีขนาดใหญ่ เพื่อทำให้เกิดน้ำนิ่ง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่น้ำหนักมากจะตกลงสู่ก้นถัง และถูกดูดทิ้ง น้ำใสส่วนบนจะไหลตามรางรับน้ำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

4) การกรอง ในการกรองจะใช้ทรายหยาบและทรายละเอียด เพื่อการกรองตะกอนขนาดเล็กมากในน้ำ และให้มีความใสสะอาดมากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้น้ำที่ผ่านการกรองจะมีความใสมาก แต่จะมีความขุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณ 0.2 - 2.0 หน่วยความขุ่น และทรายกรองจะมีการล้างทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพ

5) การฆ่าเชื้อโรค น้ำที่ผ่านการกรองมาแล้วจะมีความใส แต่อาจจะมีเชื้อโรคปนมากับน้ำ ฉะนั้นจะต้องทำการฆ่าเชื้อโรค โดยใช้ คลอรีน ซึ่งคลอรีนนี้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี น้ำที่ได้รับการผสมคลอรีนแล้ว เรียกกันว่า “น้ำประปา” สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภค

6) การควบคุณภาพน้ำประปา ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะน้ำประปาที่ทำการผลิตมาแล้วนั้น จะต้องวิเคราะห์ตรวจสอบอีกครั้ง โดยการตรวจคุณภาพน้ำ เพื่อให้ได้น้ำประปาที่สะอาด ปลอดภัย สำหรับการอุปโภค – บริโภค

7) การสูบจ่าย น้ำประปาที่ผลิตมาแล้ว จะต้องให้บริการถึงบ้านเรือนของผู้ใช้น้ำโดยส่งผ่านไปตามเส้นท่อ ดังนั้นการสูบจ่ายจึงมีความจำเป็นด้วยการส่งจากหอถังสูงที่สามารถบริการได้ในพื้นที่ใกล้เคียง และในพื้นที่ที่ไกลออกไปหรือมีความสูงมากจำเป็นต้องใช้เครื่องอัดแรงดันน้ำ เพื่อให้น้ำประปาสามารถบริการได้อย่างทั่วถึง

2.7 ระบบประปาหมู่บ้าน

เมื่อ พ.ศ. 2545 การจัดสร้างระบบประปาหมู่บ้าน เพื่อถ่ายโอนให้แก่ท้องถิ่นเป็นหน้าที่ของกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีหน้าที่ในการสำรวจพื้นที่หมู่บ้านที่ยังไม่มีระบบประปา ดำเนินการก่อสร้าง อบรมคณะกรรมการบริหารและผู้ดูแล รวมทั้งถ่ายโอนให้หน่วยงานท้องถิ่นดำเนินการต่อไป ระบบประปาหมู่บ้านตามรูปแบบกรมทรัพยากรน้ำ แบ่งประเภทตามจำนวนผู้ใช้น้ำ ชนิดของแหล่งน้ำ ปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำดีพอที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้ โดยสามารถเจาะจงเลือกรูปแบบประปาที่เหมาะสมกับความต้องการชุมชนได้ โดยพิจารณาความเพียงพอของชุมขนเป็นประเด็นหลัก ระบบประปากรมทรัพยากรน้ำมีแบบมาตรฐานหลายรูปแบบ ทั้งนี้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้เข้ามาร่วมดูแลการขุดเจาะ และเก็บข้อมูลในบ่อบาดาล

ที่ประปาหมู่บ้านได้นำมาใช้ โดยมีรายละเอียดรูปแบบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.5 เช่น มาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก มีบ่อบาดาลที่สามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย ตั้งแต่ 2.5 ลบ.ม./ชม. โดยต้องมีการทดสอบปริมาณน้ำ เพื่อประเมินศักยภาพและวิเคราะห์คุณภาพน้ำมีบริเวณพื้นที่ที่จะก่อสร้างระบบผลิตประปาขนาด 15x15 เมตร มีจำนวนผู้ใช้น้ำ ตั้งแต่ 30 - 50 ครัวเรือน อบต. และคณะกรรมการหมู่บ้านจะต้องรับผิดชอบในการบริหารจัดการตามคำแนะนำของกรมทรัพยากรน้ำ มีกองทุนเป็นเงินไม่น้อยกว่า 3,000 บาท ประชาชนพร้อมที่จะจ่ายค่าน้ำประปา

ตารางที่ 2.5 แบบมาตรฐานของระบบประปาขนาดต่าง ๆ

แบบมาตรฐาน	สำหรับผู้ใช้น้ำ (หลังคาเรือน)	กำลังการผลิต (ลบ.ม./ชั่วโมง)
ระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก	30 - 50	2.5
ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง	51 - 120	7
ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่	121 - 300	10
ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่มาก	301 - 700	20
ระบบประปาผิวดินขนาดกลาง	51 - 120	5
ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่	121 - 300	10
ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มาก	301 - 700	20

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการผลิตน้ำประปาตามแบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำแบ่งตามขนาดจำนวนครัวเรือนผู้ใช้น้ำ ดังนี้

2.7.1 แบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก

มีกำลังในการผลิต 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ 30 – 50 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วย โรงสูบน้ำ ระบบกรองน้ำใต้ดิน 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตอนล่างเป็นถังน้ำใส ขนาด 14 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 10 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำใต้ดินพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุดระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธาน ดังแสดงในรูปที่ 2.3

2.7.2 แบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดกลาง

มีกำลังในการผลิต 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ 50 - 120 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำใต้ดิน 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตอนล่างเป็นถังน้ำใส ขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 15 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำใต้ดินพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธาน ดังแสดงในรูปที่ 2.4

2.7.3 แบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่

มีกำลังในการผลิต 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ 121 – 300 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำใต้ดิน 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตอนล่างเป็นถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 30 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำใต้ดินพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธาน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

2.7.4 แบบมาตรฐานระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่มาก

มีกำลังในการผลิต 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ 301 - 700 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำใต้ดิน 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตอนล่างเป็นถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 45 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำใต้ดินพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 1 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธาน ดังแสดงในรูปที่ 2.6

2.7.5 แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดกลาง

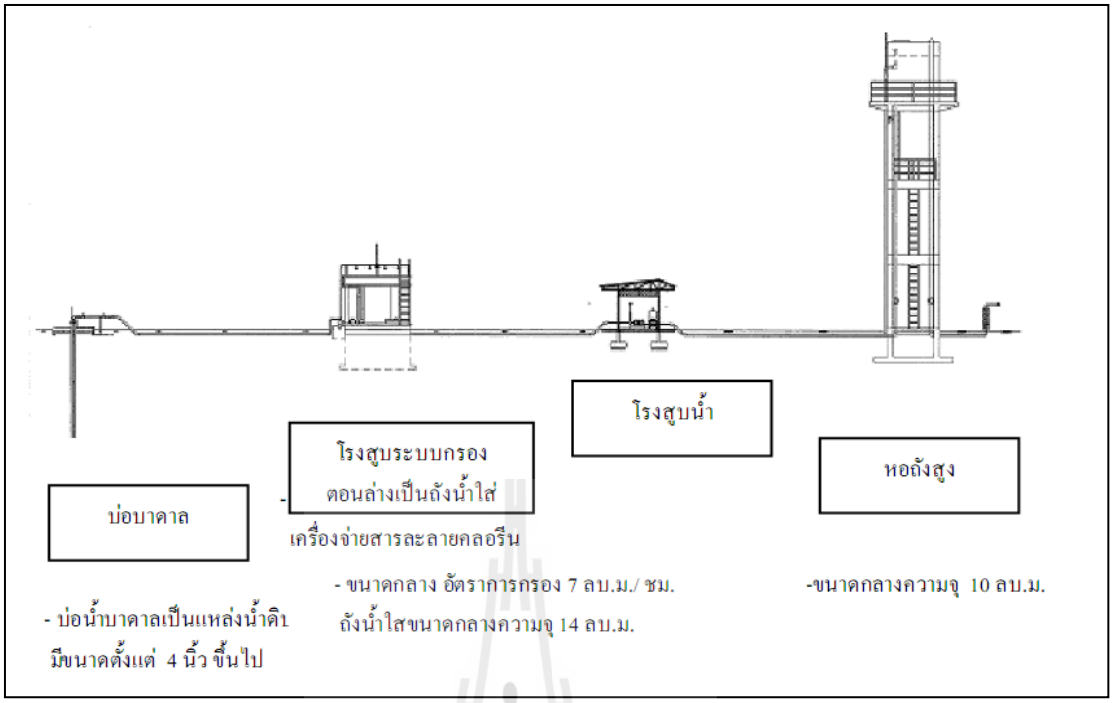
มีกำลังในการผลิต 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ 51 - 120 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำผิวดิน 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถังน้ำใส ขนาด 25 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 15 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุดระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธานจ่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.7

2.7.6 แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่

มีกำลังในการผลิต 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ 121 – 300 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำผิวดิน 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 30 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุดระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธานจ่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.8

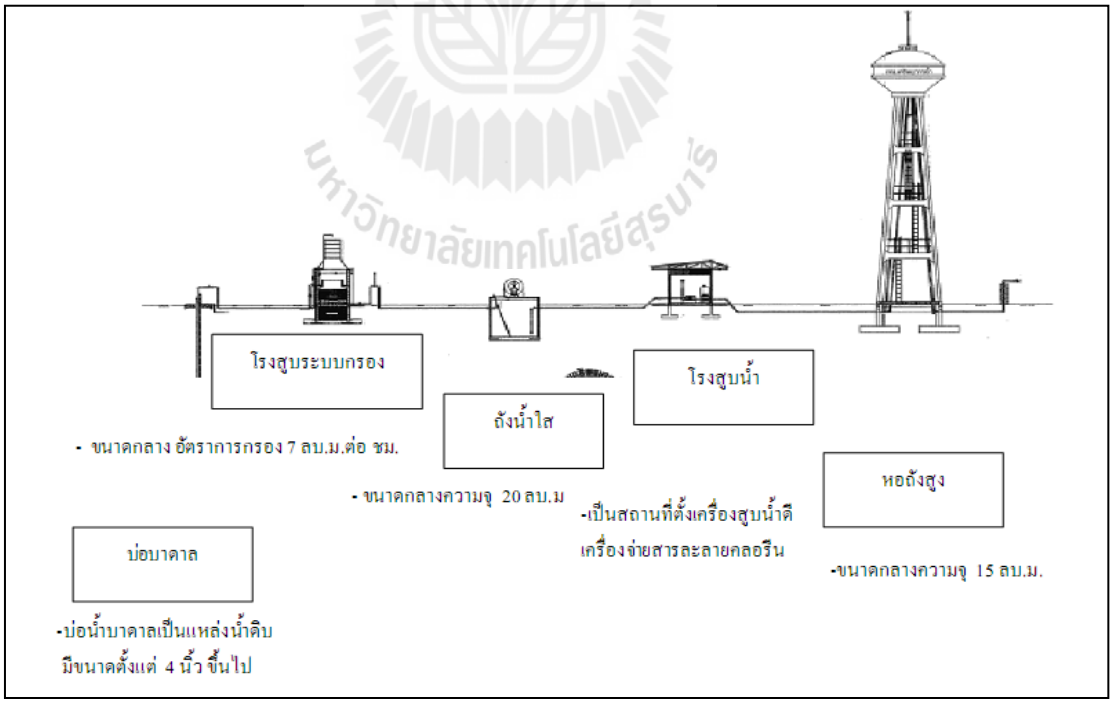
2.7.7 แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มาก

มีกำลังในการผลิต 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวนผู้ใช้น้ำ 301 – 700 หลังคาเรือน รายการก่อสร้างประกอบด้วยโรงสูบน้ำระบบกรองน้ำผิวดิน 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร หอถังสูง 45 ลูกบาศก์เมตร เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุด เครื่องสูบน้ำดีพร้อมอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 2 ชุดระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ท่อประธานจ่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.9



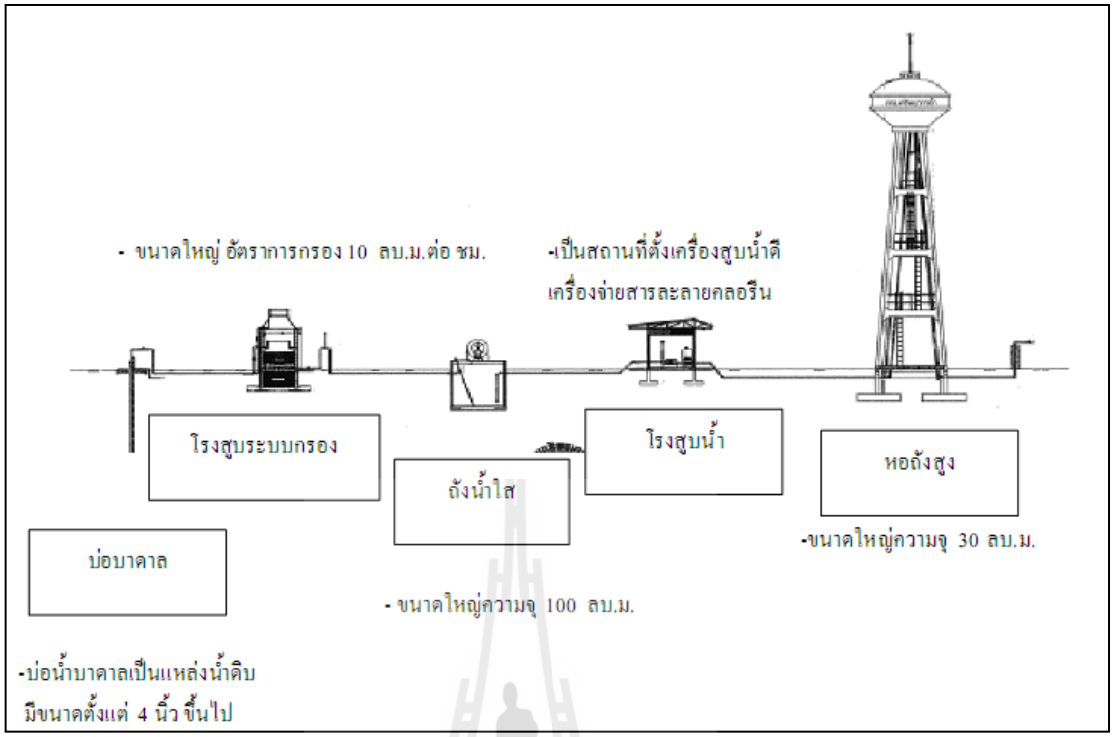
รูปที่ 2.3 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดเล็ก

ที่มา: สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2547



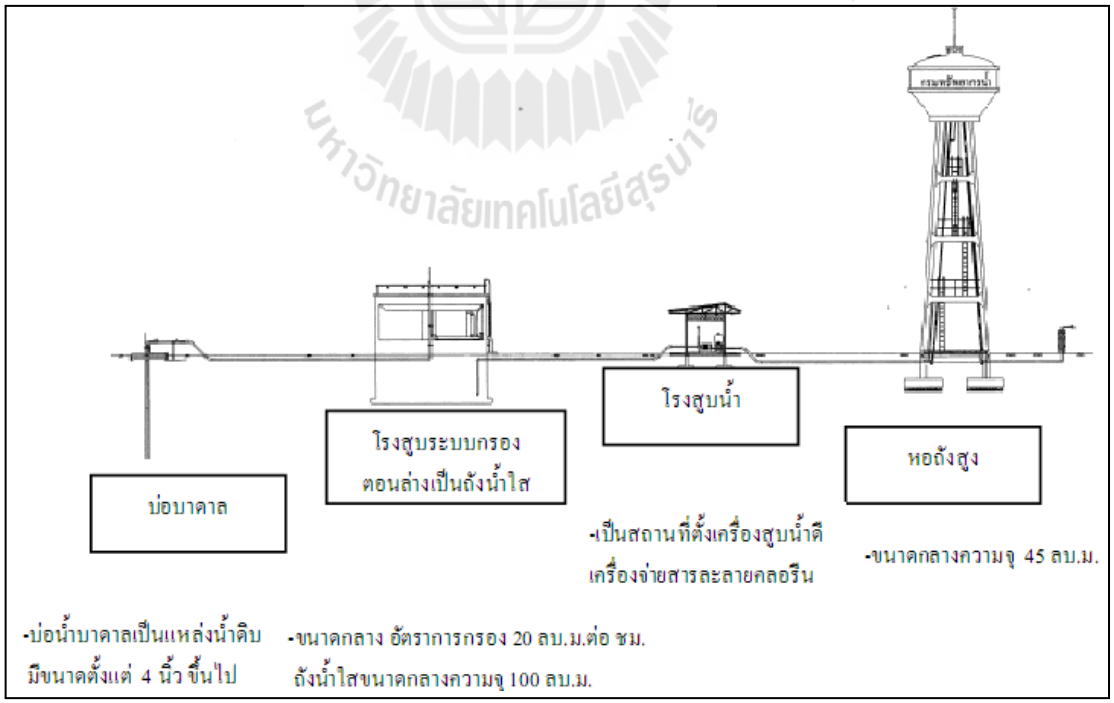
รูปที่ 2.4 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดกลาง

ที่มา: สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2547



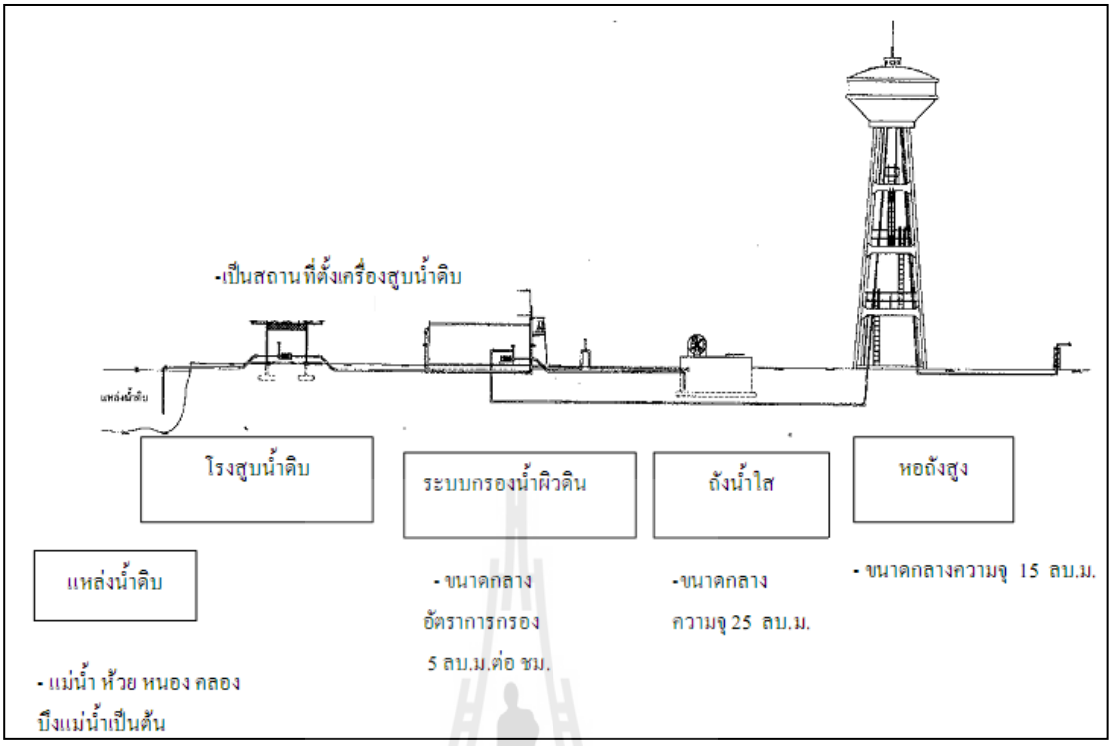
รูปที่ 2.5 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดใหญ่

ที่มา: สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2547



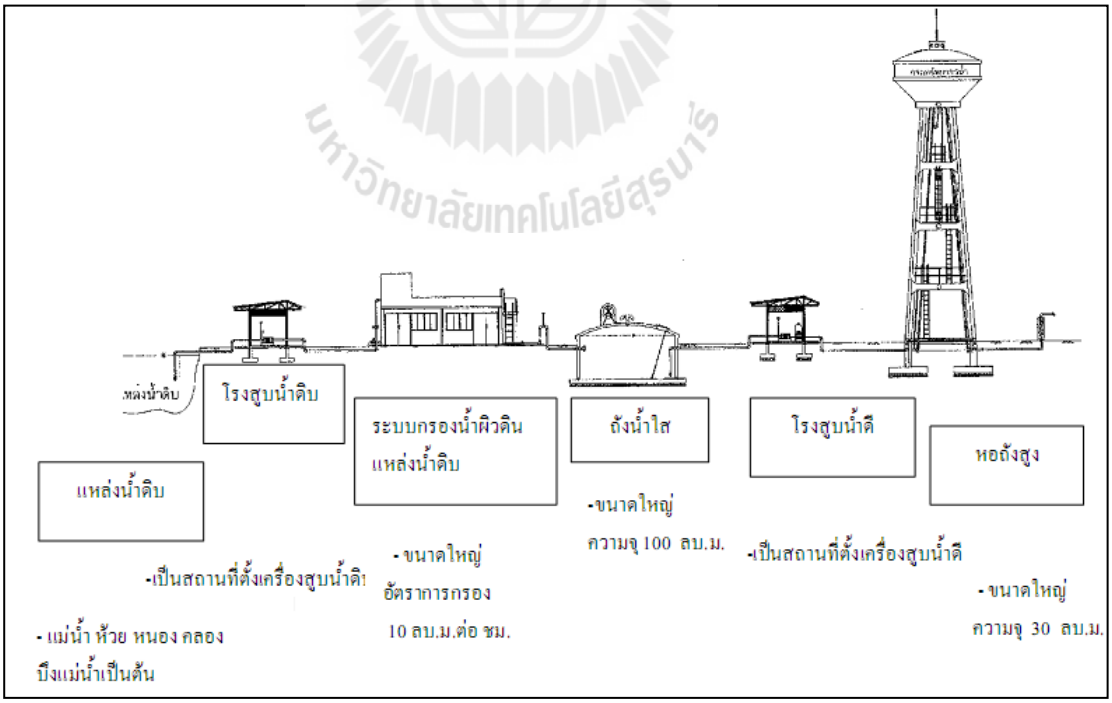
รูปที่ 2.6 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดใหญ่มาก

ที่มา: สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2547



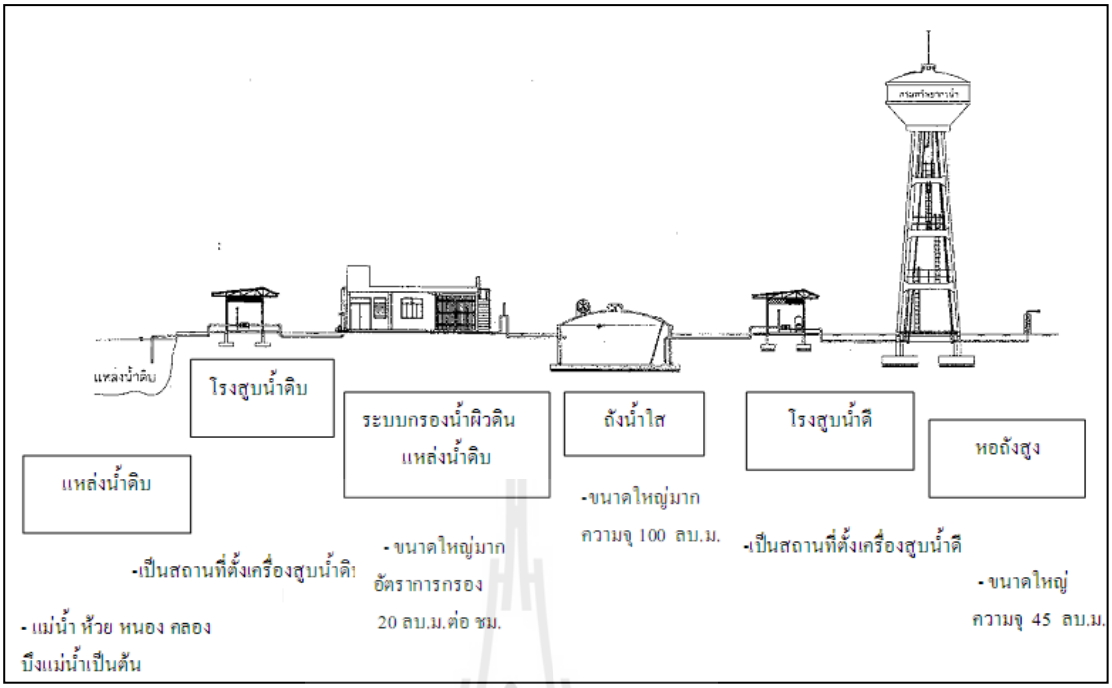
รูปที่ 2.7 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบผิวดินขนาดกลาง

ที่มา: สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2547



รูปที่ 2.8 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบผิวดินขนาดใหญ่

ที่มา: สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2547



รูปที่ 2.9 แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบผิวดินขนาดใหญ่มาก

ที่มา: สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2547

2.8 การเก็บตัวอย่างน้ำประปา

2.8.1. จุดเก็บตัวอย่าง

แหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา ได้แก่ น้ำผิวดินหรือน้ำบาดาล เก็บตัวอย่างจากบ่อน้ำก่อนสูบเข้าสู่ระบบประปา น้ำประปาเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด คือ

1) สถานีสูบจ่าย

2) ปลายท่อผู้ใช้น้ำ โดยกำหนดเป็นจุดเสี่ยงและสถานที่สาธารณะ เช่น ตลาดสด โรงเรียน วัด และสถานที่ราชการ

2.8.2 จำนวนตัวอย่างน้ำ

1) แหล่งน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล เพื่อการประปา กำหนดให้เก็บ 1 ตัวอย่างต่อแห่งต่อปี

2) น้ำประปา กำหนดดังนี้ (Guidelines for drinking water quality, 2ed: volume 1, 1993)

ตารางที่ 2.6 จำนวนตัวอย่างในการเก็บน้ำประปา

ประชากร	จำนวนตัวอย่าง
น้อยกว่า 5,000 คน	1
5000-100,000 คน	1ตัวอย่าง/5,000 คน
>100,000 คน	1 ตัวอย่าง /10,000 คน

2.9 ลักษณะพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

พื้นที่ที่ทำการศึกษาอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ ชัยภูมิ และสุรินทร์ มีชื่อเรียกโดยรวมว่า “นครชัยบุรินทร์” โดยข้อมูลพื้นที่แต่ละจังหวัดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.9.1 จังหวัดนครราชสีมา

2.9.1.1 ข้อมูลทั่วไป

จังหวัดนครราชสีมา หรือรู้จักในชื่อ โคราช เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่มากที่สุดในประเทศไทยและมีประชากรมากเป็นอันดับ 2 ของประเทศ อยู่บนที่ราบสูงโคราช ห่างจากกรุงเทพ 259 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 20,493.964 ตารางกิโลเมตร (12,808,728 ไร่) เป็นพื้นที่ป่าไม้ 2,297,735 ไร่ โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่อุทยานแห่งชาติคืออุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และอุทยานแห่งชาติทับลานร้อยละ 61.4 และเป็นแหล่งน้ำ 280,313 ไร่ ทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดชัยภูมิ และขอนแก่น ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดปราจีนบุรี นครนายก และสระแก้ว ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดบุรีรัมย์ และทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดสระบุรี ชัยภูมิ และลพบุรี

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระหว่าง 150-300 เมตร มีเทือกเขาสันกำแพง และเทือกเขาพนมดงรัก เป็นแนวยาวทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตก ส่วนบริเวณตอนล่างค่อนไปทางเหนือและตะวันออกเป็นที่ราบลุ่ม โดยมีลำตะคองและลำน้ำสาขาอื่น ๆ ไหลหล่อเลี้ยงบริเวณด้านเหนือของเมือง และเป็นสาขาหนึ่งของแม่น้ำสำคัญคือแม่น้ำมูลซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รูปที่ 2.10 แผนที่จังหวัดนครราชสีมา

2.9.1.2 ข้อมูลประชากรและการปกครอง

ประชากรในจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ.2556 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 2,610,534 คน ประชากรในจังหวัดนครราชสีมามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2.7 ซึ่งปัจจุบันจังหวัดนครราชสีมามีประชากรมากเป็นอันดับหนึ่งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมากเป็นอันดับสองของประเทศรองจากกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยประชากรหลากหลายเชื้อชาติหรือหลายชาติพันธุ์ แต่กลุ่มชาติพันธุ์ในจังหวัดนครราชสีมาที่มีจำนวนมากมีอยู่สองกลุ่มใหญ่คือ ไทย (หรือเรียกอีกอย่างว่าไทยโคราช) และอีกกลุ่มคือ ลาว (หรือไทยอีสาน) และมีชนกลุ่มน้อยอีกได้แก่ มอญ กุย (หรือส่วย) ชาวบน จีน ไทยวน ญวน และแขก

จังหวัดนครราชสีมาแบ่งการปกครองแบ่งออกเป็น 32 อำเภอ 289 ตำบล 3743 หมู่บ้าน สำหรับการปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดนครราชสีมาแบ่งการปกครองส่วนท้องถิ่นออกเป็น 1 เทศบาลนคร 4 เทศบาลเมือง 85 เทศบาลตำบล และ 243 องค์การบริหารส่วนตำบล

ตารางที่ 2.7 สถิติประชากรตามทะเบียนราษฎรจังหวัดนครราชสีมา

ปี (พ.ศ.)	ประชากร (คน)
2549	2,555,346
2550	2,552,894
2551	2,565,117
2552	2,571,292
2553	2,582,089
2554	2,585,325
2555	2,601,167
2556	2,610,534

ที่มา : สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.9.2 จังหวัดชัยภูมิ

2.9.2.1 ข้อมูลทั่วไป

จังหวัดชัยภูมิเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่เป็นอันดับ 3 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และอันดับ 7 ของประเทศ โดยมีเนื้อที่ประมาณ 12,778.3 ตารางกิโลเมตร มีเขตติดต่อกับจังหวัดเพื่อนบ้านหลายจังหวัด ได้แก่ ทิศเหนือ ติดกับเพชรบูรณ์และขอนแก่น ทิศตะวันออกติดกับขอนแก่นและนครราชสีมา ทิศตะวันตกติดกับเพชรบูรณ์และจังหวัดลพบุรี และทิศใต้ติดกับจังหวัดนครราชสีมา

2.9.2.2 ข้อมูลประชากรและการปกครอง

ประชากรในจังหวัดชัยภูมิปี พ.ศ.2556 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 1,135,723 คน มีจำนวนมากเป็นอันดับที่ 17 ของประเทศ

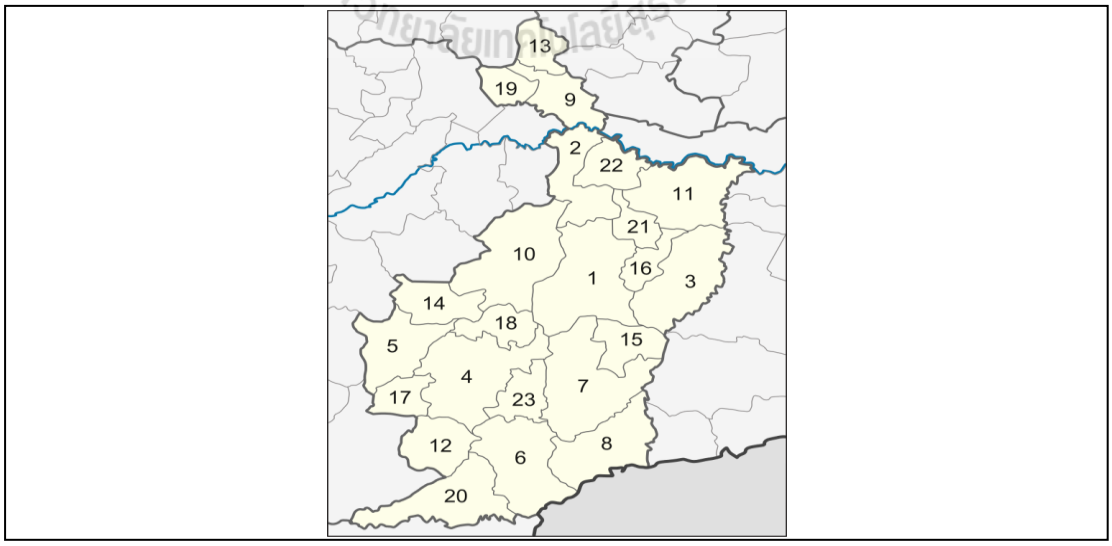
จังหวัดชัยภูมิมีการปกครองแบ่งออกเป็น 16 อำเภอ 124 ตำบล 1393 หมู่บ้าน สำหรับการปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดชัยภูมิแบ่งการปกครองออกเป็น1 เทศบาลเมือง 34 เทศบาลตำบล และ 107 องค์การบริหารส่วนตำบล (กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย, 2556)

รูปที่ 2.11 แผนที่จังหวัดชัยภูมิ

2.9.3 จังหวัดบุรีรัมย์

2.9.3.1 ข้อมูลทั่วไป

จังหวัดบุรีรัมย์เป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง มีจำนวนประชากรมากเป็นอันดับที่ 6 และมีพื้นที่กว้างเป็นอันดับที่ 17 ของประเทศไทย ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพมหานครโดยทางรถยนต์ประมาณ 412 กิโลเมตร ทางรถไฟประมาณ 376 กิโลเมตร จังหวัดบุรีรัมย์ มีเนื้อที่รวม 10,322,885 ตารางกิโลเมตร หรือ 6,451,178,125 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.11 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และร้อยละ 2.01 ของพื้นที่ประเทศ



รูปที่ 2.12 แผนที่จังหวัดบุรีรัมย์

2.9.3.2 ข้อมูลประชากรและการปกครอง

ประชากรในจังหวัดบุรีรัมย์ปี พ.ศ.2556 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 1,573,438 คน ดังแสดงในตารางที่ 2.8

จังหวัดบุรีรัมย์แบ่งการปกครองแบ่งออกเป็น 23 อำเภอ 189 ตำบล 2212 หมู่บ้าน สำหรับการปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์แบ่งการปกครองส่วนท้องถิ่นออกเป็น 3 เทศบาลเมือง 59 เทศบาลตำบล 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัด และ 146 องค์การบริหารส่วนตำบล

ตารางที่ 2.8 สถิติประชากรตามทะเบียนราษฎรจังหวัดบุรีรัมย์

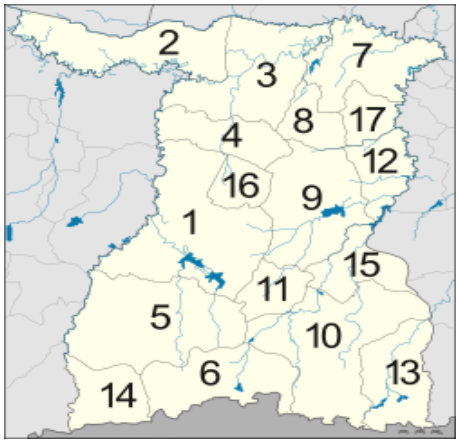
ปี (พ.ศ.)	ประชากร (คน)
2549	1,536,045
2550	1,536,070
2551	1,541,650
2552	1,546,784
2553	1,553,765
2554	1,559,085
2555	1,566,740
2556	1,573,438

ที่มา : สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

2.9.4 จังหวัดสุรินทร์

2.9.4.1 ข้อมูลทั่วไป

จังหวัดสุรินทร์ตั้งอยู่ทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะทางห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 420 กิโลเมตร อาณาเขตทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดร้อยเอ็ดและจังหวัดมหาสารคาม ทิศใต้ ติดต่อกับประเทศกัมพูชา ทิศตะวันออก ติดต่อกับจังหวัดศรีสะเกษ และทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดบุรีรัมย์ มีพื้นที่ 8,124.056 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 2.13 แผนที่จังหวัดสุรินทร์

2.9.4.2 ข้อมูลประชากรและการปกครอง

จังหวัดสุรินทร์มีประชากรทั้งสิ้น 1,388,194 คน ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่เท่ากับ 170.87 คน/ตารางกิโลเมตร

จังหวัดสุรินทร์มีการปกครองแบ่งออกเป็น 17 อำเภอ 158 ตำบล 2011 หมู่บ้าน สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีจำนวนทั้งสิ้น 174 แห่ง แบ่งออกเป็น 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 เทศบาลเมือง 27 เทศบาลตำบล และ 144 องค์การบริหารส่วนตำบล (กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย, 2556)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในการศึกษาตรวจวิเคราะห์คุณน้ำประปาหมูบ้านที่ผ่านมา พบว่ายังคงมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ เช่น การศึกษาของ นฏเกล้า และ สมชาย (2550) ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาหมู่บ้าน โดยการเก็บตัวยอย่างน้ำจากน้ำประปาหมู่บ้าน จำนวน 19 ตัวอย่าง ในอำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย พบว่าทั้ง 19 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีความขุ่นเกินมาตรฐานและมีปริมาณคลอรีนตกค้างต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เช่นเดียวกับ วัลยา และคณะ (2551) ทำการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านที่ใช้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำดิบจำนวน 4 หมู่บ้าน ตำบลบุ่งไหม อำเภอวารินชำราบ ในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่ามีการตรวจพบสารโลหะหนักบางชนิดปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำประปา ได้แก่ สารหนูและเซเลเนียม ถึงแม้จะพบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ควรจะมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนในแหล่งน้ำดิบและน้ำประปา และวรางคณา และคณะ (2545) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตประปาและน้ำประปาหมู่บ้าน รวม 10 แห่ง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 ผลการวิเคราะห์พบว่า คุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในการอุปโภค-บริโภค อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย ตามมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 และในน้ำประปามีการตรวจพบว่ามีค่าเหล็ก แมงกานีส ตะกั่ว และอลูมิเนียมสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน และตรวจพบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งผลที่ได้สนับสนุนผลการศึกษาของ นฤมล และวรางคณา (2549) ทำการศึกษาระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ภายในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 11 แห่ง พบว่าคุณภาพน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคถึงร้อยละ 90.91 และ Majuru et al. (2011) ทำการศึกษาพบว่าหมู่บ้านที่มีการปรับปรุงระบบการผลิตน้ำประปา เช่น ในตัวระบบประปา และการเลือกใช้แหล่งน้ำดิบที่มีความน่าเชื่อถือในเรื่องคุณภาพน้ำ จะมีอัตราการเกิดโรคอุจาระร่วงลดลงร้อยละ 57

งานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณน้ำน้ำทางแบคทีเรียและสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำ การศึกษาของ Richardson et al. (2009) ทำการสุ่มตัวอย่าจำนวน 34,904 ตัวอย่าง จากระบบผลิตน้ำดื่มจำนวน 11,2333 แห่ง ภายในประเทศอังกฤษ เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย พบเชื้อ *Escherichia coli* ร้อยละ 18.87 และพบว่าระบบผลิตน้ำจำนวน 3,638 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 32.29 ตรวจพบเชื้อ จากผลการศึกษาพบว่าระบบการผลิตน้ำดื่มในประเทศอังกฤษอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรค และ Yokota et al. (2001) ศึกษาพบการปนเปื้อน โลหะหนักอาร์เซนิก (Arsenic) ในน้ำใต้ดิน ในหมู่บ้าน Samta ประเทศบังกลาเทศ มีความเข้มข้นสูงกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อน้ำบาดาลถึงร้อยละ 90 มีผล

ทำให้ประชาชนมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเนื่องจากสารอาร์เซนิก โดยส่วนใหญ่น้ำดื่มของประเทศบังกลาเทศ จะมาจากน้ำใต้ดิน และพบว่า 59 หมู่บ้านจาก 64 หมู่บ้านมีการปนเปื้อนสารอาร์เซนิกในน้ำใต้ดิน

สรุปจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าหากมีการปนเปื้อนมลพิษลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรในชุมชนและมีผลต่อการผลิตน้ำประปา และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าระบบประปาหมู่บ้านในปัจจุบันมีปัญหาในเรื่องคุณภาพน้ำ ทั้งในด้านคุณภาพน้ำทางแบคทีเรียและคุณภาพน้ำทางเคมี และควรมีการเฝ้าระวังการตรวจคุณภาพน้ำประปาและแหล่งน้ำดิบ

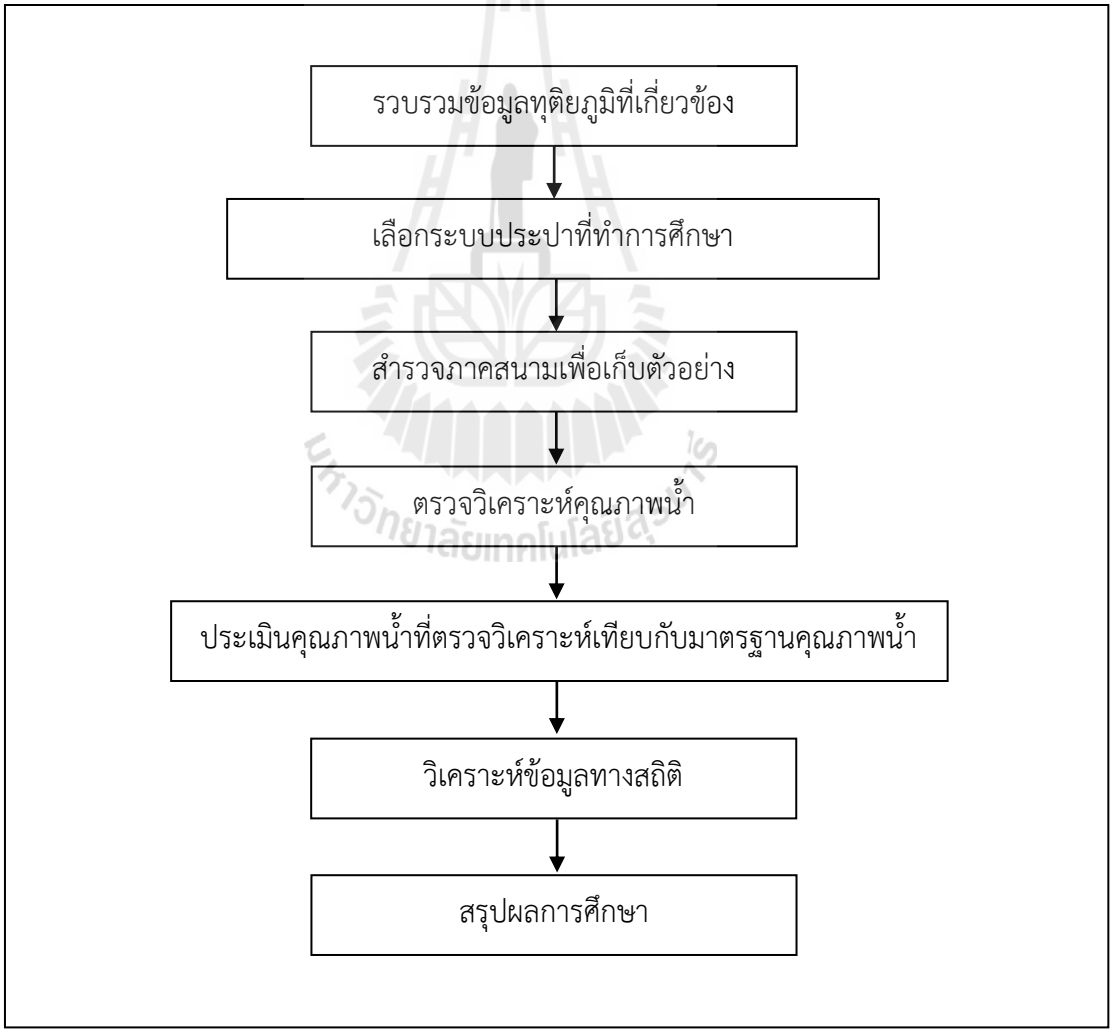
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อประเมินคุณภาพน้ำประปาชุมชนในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ขั้นตอนในการศึกษาวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 พื้นที่การศึกษา

พื้นที่ในการศึกษาวิจัยอยู่ภายในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ มีชื่อเรียกโดยรวมว่า “นครชัยบุรินทร์” รายละเอียดข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ที่ทำการศึกษาดังแสดงในหัวข้อที่ 2.9



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษา

3.2 ระยะเวลาศึกษา

ทำการศึกษาใน 2 ช่วงฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม พ.ศ.2555 และช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนเมษายน – พฤษภาคม พ.ศ.2556

3.3 การสุ่มตัวอย่างระบบประปา

จากข้อมูลระบบประปาชุมชนภายในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ โดยใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ของกรมชลประทาน ณ ปี พ.ศ. 2545 พบว่าจำนวนหมู่บ้านทั้งหมดในพื้นที่การศึกษาทั้ง 4 จังหวัดมี 8,229 หมู่บ้าน ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ระบบประปาหมู่บ้านที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะคัดเลือกเฉพาะระบบประปาที่ดำเนินการโดยคณะกรรมการประปาหมู่บ้านหรือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น (อบต.) ซึ่งอยู่ภายในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยมีพื้นที่เป้าหมายตามพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์อนามัยที่ 5 กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนระบบประปาชุมชนจำนวน 221 แห่ง คณะผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของระบบประปาชุมชนทั้งหมด ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกจำนวนระบบประปาทั้งหมด 27 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 13 ของระบบประปาชุมชนทั้งหมด โดยมีจุดในการเก็บตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.2 แสดงการกระจายตัวของจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 จังหวัด เพื่อเก็บข้อมูลที่เป็นตัวแทนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ครอบคลุมพื้นที่และเป็นตัวแทนการสำรวจระบบประปาหมู่บ้านภายใน 4 จังหวัดได้ โดยแบ่งตัวอย่างระบบประปาทั้ง 27 แห่งตามลักษณะแหล่งน้ำดิบ ขนาดของระบบประปา ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 จำนวนหมู่บ้านในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด

จังหวัด	จำนวนหมู่บ้าน
ชัยภูมิ	1,217
นครราชสีมา	3,202
บุรีรัมย์	2,245
สุรินทร์	1,565
รวม	8,229

3.3.1 การแบ่งระบบประปาชุมชนตามลักษณะน้ำดิบ

1) แหล่งน้ำผิวดิน จำนวน 17 แห่ง
2) แหล่งน้ำใต้ดิน จำนวน 10 แห่ง

3.3.2 การแบ่งระบบประปาตามขนาดของการผลิตน้ำ

1) ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่ จำนวน 5 แห่ง
   มีกำลังการผลิต 10 ลบ.ม./ชั่วโมง
2) ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง จำนวน 3 แห่ง
   มีกำลังการผลิต 7 ลบ.ม./ชั่วโมง

3) ระบบประปาบาดาลไม่ระบุขนาด จำนวน 2 แห่ง

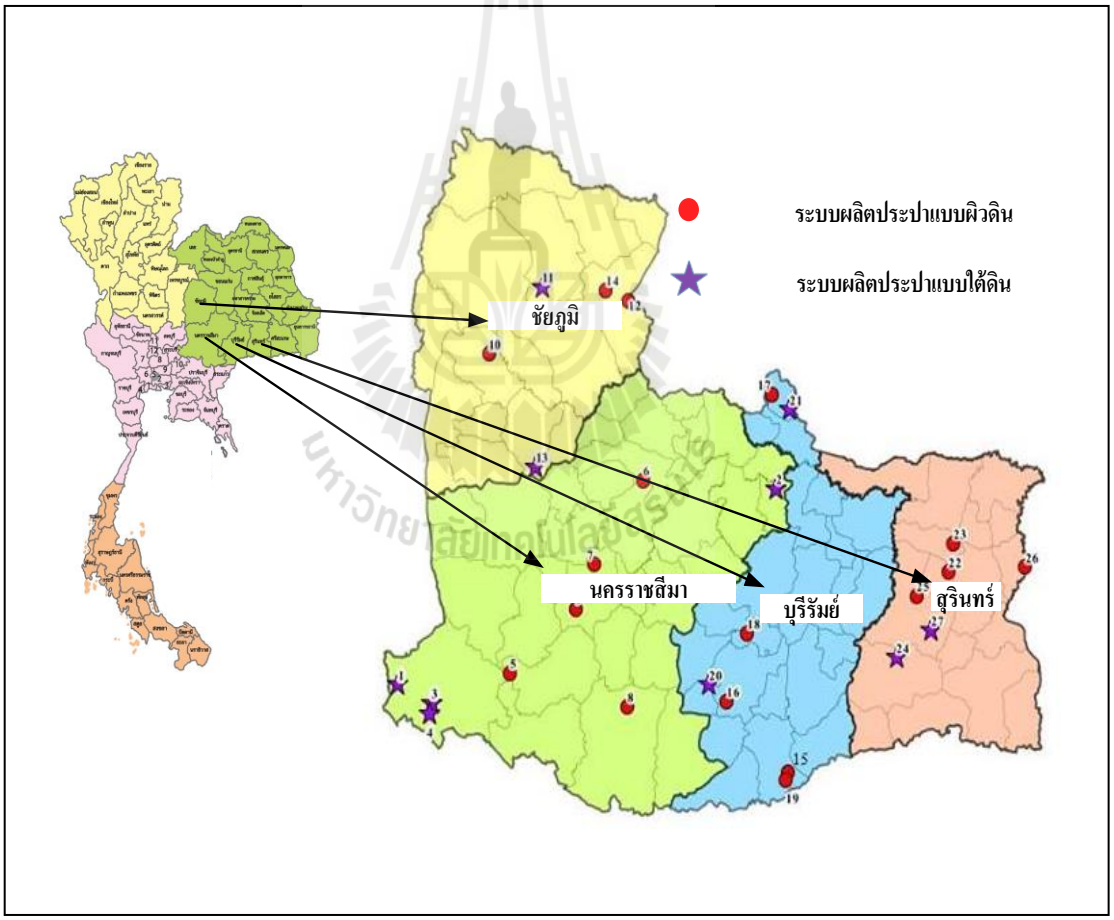
4) ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่มาก จำนวน 5 แห่ง
มีกำลังการผลิต 20 ลบ.ม./ชั่วโมง

5) ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่ จำนวน 4 แห่ง
มีกำลังการผลิต 10 ลบ.ม./ชั่วโมง

6) ระบบประปาผิวดินขนาดกลาง จำนวน 4 แห่ง
มีกำลังการผลิต 5 ลบ.ม./ชั่วโมง

7) ระบบประปาผิวดินขนาดเล็ก จำนวน 1 แห่ง

8) ระบบประปาผิวดินไม่ระบุขนาด จำนวน 3 แห่ง



รูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างระบบประปาชุมชน

ตารางที่ 3.2 จำนวนแหล่งน้ำดิบภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด

จังหวัด	จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง (แห่ง)								รวม (แห่ง)
	ระบบประปาผิวดิน					ระบบประปาบาดาล			
	ใหญ่มาก	ใหญ่	กลาง	เล็ก	ไม่ระบุ	ใหญ่	กลาง	ไม่ระบุ	
นครราชสีมา	1	2	2	0	0	1	2	1	9
บุรีรัมย์	1	1	1	0	2	1	0	1	7
ชัยภูมิ	1	1	1	0	0	1	1	0	5
สุรินทร์	2	0	0	1	1	2	0	0	6
รวม	5	4	4	1	3	5	3	2	27
รวมแหล่งน้ำ (แห่ง)	17					10			

3.4 การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ช่วงฤดู คือ ช่วงฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม – ตุลาคม 2555) และฤดูแล้ง (เดือนเมษายน – พฤษภาคม 2556) โดยมีรายละเอียดการเก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงฤดูกาล ดังแสดงในตารางที่ 3.3 รายละเอียดการเก็บตัวอย่างระบบประปาบาดาลดังแสดงในตารางที่ 3.4 และระบบประปาผิวดินดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.3 จำนวนพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัดในแต่ละฤดู

จังหวัด	จำนวนพื้นที่ตัวอย่าง		แหล่งน้ำบาดาล		แหล่งน้ำผิวดิน	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
นครราชสีมา	8	4	4	-	4	4
ชัยภูมิ	5	3	2	-	3	3
บุรีรัมย์	7	5	2	-	5	5
สุรินทร์	5	5	1	1	4	4
รวม	25	17	10	1	15	15

ตารางที่ 3.4 ที่ตั้งระบบประปาบาดาลภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด

ลำดับ	ที่ตั้งระบบประปา	รหัส	เก็บตัวอย่าง	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
จังหวัดนครราชสีมา				
1	หมู่ที่ 7 บ้านกลางดง ต.กลางดง อ.ปากช่อง	K1GL	✓	X
2	หมู่ที่ 1 บ้านหนองบัววง ต.ขุย อ.ลำทะเมนชัย	K4GN	✓	X
3	บ้านใหม่สามัคคี ต.หมูสี อ.ปากช่อง	K5GM	✓	X
4	บ้านท่ามะปรางค์ ต.หมูสี อ.ปากช่อง	K6GM	✓	X

ตารางที่ 3.4 ที่ตั้งระบบประปาบาดาลภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด (ต่อ)

ลำดับ	ที่ตั้งระบบประปา	รหัส	เก็บตัวอย่าง	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
จังหวัดชัยภูมิ				
5	หมู่ที่ 1 บ้านเดื่อ ต.บ้านเดื่อ อ.เกษตรสมบูรณ์	C15GL	✓	X
6	หมู่ที่ 6 บ้านโปร่งสังข์ ต.โคกกุง อ.แก้งคร้อ	C17GM	✓	X
จังหวัดบุรีรัมย์				
7	หมู่ที่ 4 บ้านโกรกแก้ว ต.โกรกแก้ว อ.โนนสุวรรณ	B26GN	✓	X
8	หมู่ที่ 6 บ้านหัวขัว ต.ศรีสว่าง อ.นาโพธิ์	B27GL	✓	X
จังหวัดสุรินทร์				
9	หมู่ที่ 2 บ้านรำเบอะ ต.เชื้อเพลิง อ.ปราสาท	S31GL	✓	X
10	หมู่ที่ 6 บ้านปราสาทเบง ต.กาบเชิง อ.กาบเชิง	S35GL	X	✓

หมายเหตุ: ✓ คือ จุดเก็บตัวอย่าง X คือ ไม่ได้เก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 3.5 ที่ตั้งระบบประปาผิวดินภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด

ลำดับ	ที่ตั้งระบบประปา	รหัส	เก็บตัวอย่าง	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
จังหวัดนครราชสีมา				
1	หมู่ที่ 5 วังวารี,บุวังหว้า ต.สีสุก อ.จักราช	K7SV	✓	✓
2	หมู่ที่ 5 บ้านไทรโยง ต.ดอนใหญ่ อ.คง	K9SL	✓	✓
3	หมู่ที่ 4 บ้านระงม ต.โคกสูง อ.เมือง	K10SL	✓	✓
4	หมู่ที่ 4 บ้านแชะ ต.แชะ อ.ครบุรี	K11SM	✓	X
5	หมู่ที่ 6 บ้านมาบเอื้อง ต.สุรนารี อ.เมือง	K36SM	X	✓
จังหวัดชัยภูมิ				
6	หมู่ที่ 9 บ้านห้วยแย้ ต.ห้วยแย้ อ.หนองบัวระเหว	C12SL	✓	✓
7	หมู่ที่ 5 บ้านชนแดน ต.ช่องสามหมอ อ.คอนสวรรค์	C16SV	✓	✓
8	หมู่ที่ 7 บ้านโสกรวก ต.หนองบัวโคก อ.จัตุรัส	C18SM	✓	✓
จังหวัดบุรีรัมย์				
9	หมู่ที่ 8 บ้านศรีทายาท ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	B20SL	✓	✓
10	หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งโพธิ์ ต.ชุมแสง อ.นางรอง	B21SV	✓	✓
11	หมู่ที่ 12 โนนตะคร้อ,บง ต.บ้านคู อ.นาโพธิ์	B23SN	✓	✓
12	หมู่ที่ 2 บ้านโคกสำโรง ต.ช่อผกา อ.ชำนิ	B24SN	✓	✓
13	หมู่ที่ 9 บ้านราษฎร์รักแดน ต.หนองแวง อ.ละหานทราย	B25SM	✓	✓
จังหวัดสุรินทร์				
14	หมู่ที่ 8 บ้านอำปึล ต.ตากูก อ.เขวาสินรินทร์	S28SV	✓	✓
15	หมู่ที่ 2 บ้านผือ ต.บ้านผือ อ.จอมพระ	S30SN	✓	✓
16	หมู่ที่ 4 บ้านตะคร้อ ต.แกใหญ่ อ.เมืองสุรินทร์	S32SV	✓	✓
17	หมู่ที่ 7 บ้านกะเลา ต.หมื่นสี อ.สำโรงทาบ	S34SS	✓	✓

หมายเหตุ: ✓ คือ จุดเก็บตัวอย่าง X คือ ไม่ได้เก็บตัวอย่าง

3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลของระบบประปาชุมชน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

ทำเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปของระบบประปาชุมชน ได้แก่ กำลังผลิต ที่ตั้ง แหล่งน้ำดิบ ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ กระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อนำมาวางแผนในการเก็บตัวอย่างภาคสนามต่อไป

3.5.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละระบบประปา

กำหนดจุดเก็บน้ำตัวอย่าง โดยในแต่ละตัวอย่างประชากร (ระบบประปาชุมชน) จะทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่

1) ตัวอย่างแหล่งน้ำดิบ ทั้งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ที่นำไปใช้ในการผลิตน้ำประปา

2) น้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำสะอาดของระบบประปา (สถานีสูบจ่าย) เก็บที่โรงประปา หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคเรียบร้อย และเตรียมส่งให้กับชุมชน

3) น้ำประปา จากท่อน้ำ หรือก๊อกน้ำ ณ จุดผู้ใช้ เช่น บ้านเรือน วัด หรือโรงเรียน เพื่อใช้ในการตรวจประเมินระบบท่อจ่ายน้ำของระบบประปา

3.5.3 ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบประปาชุมชนแห่งละ 2 ครั้ง สำหรับระบบประปาผิวดินและระบบประปาบาดาล แบ่งออกเป็นในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ

3.5.4 จำนวนตัวอย่างที่ทำการเก็บ

จำนวนตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูล โดยเลือกจากจำนวนตัวอย่างระบบประปาหมู่บ้านของทั้ง 4 จังหวัด เลือกจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 27 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนประปาหมู่บ้านทั้งหมด โดยในการเก็บจะแยกให้มีแหล่งน้ำดิบกระจายทั้งแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ดังนั้น จำนวนตัวอย่างน้ำ จะแบ่งออกเป็นช่วงฤดูฝน 25 ตัวอย่าง x 3 จุด = 75 ตัวอย่าง และช่วงฤดูแล้ง 17 ตัวอย่าง x 3 จุด = 51 ตัวอย่าง

3.5.5 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำใช้วิธีแบบจ้วง (Grab sampling) โดยจะทำการเก็บตัวอย่างแยกเพื่อการตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำบาดาล และคุณภาพน้ำประปาของกรมอนามัยและการประปานครหลวง โดยจะมีรายละเอียดในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.6 มีดังต่อไปนี้

1) การเก็บตัวอย่างน้ำและตรวจวิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่าง โดยมีพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และปริมาณคลอรีน

2) เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา มีรายละเอียดการเก็บตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

2.1) เก็บตัวอย่าง เพื่อตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างเป็ยขวดพลาสติก โดยการล้างขวดด้วยน้ำตัวอย่างที่จะเก็บ 2-3 ครั้ง ก่อนทำการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ ความขุ่น สี ค่าบีโอดี (BOD) ไนเตรท ไนไตรท์ เหล็ก แมงกานีส ความกระด้าง ปริมาณซัลเฟต คลอไรด์ ฟลูออไรด์ เป็นต้น

2.2) เก็บตัวอย่าง เพื่อทำตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางชีวภาพ โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างจะเป็นขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อก่อนนำมาเก็บตัวอย่าง และขณะเก็บตัวอย่างต้องล้างขวดเก็บตัวอย่างด้วยน้ำตัวอย่างที่จะเก็บ การเก็บตัวอย่างจะใช้เทคนิคการปลอดเชื้อ พารามิเตอร์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform) และปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform)

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด

ลำดับ	พารามิเตอร์	จุดเก็บน้ำ			
		แหล่งน้ำดิบ		สถานีสูบจ่าย	น้ำประปา
		น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน		
ทางกายภาพ-เคมี					
1	ความขุ่น	✓	✓	✓	✓
2	สี	✓	✓	✓	✓
3	บีโอดี	✓	✓	X	X
4	ไนไตรท์	✓	✓	✓	X
5	ไนเตรท	✓	✓	✓	X
6	เหล็ก	✓	✓	✓	✓
7	แมงกานีส	✓	✓	✓	✓
8	ความกระด้าง	✓	✓	X	X
9	ซัลเฟต	✓	✓	X	X
10	คลอไรด์	✓	✓	X	X
11	ฟลูออไรด์	X	✓	✓	✓
12	แอมโมเนีย-ไนโตเจน	✓	✓	✓	X
14	ทีเคเอ็น	✓	✓	✓	X
15	ของแข็งแขวนลอย (TSS)	✓	✓	✓	✓
16	ของแข็งละลายได้ (TDS)	✓	✓	✓	✓

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด (ต่อ)

ลำดับ	พารามิเตอร์	จุดเก็บน้ำ			
		แหล่งน้ำดิบ		สถานีสูบจ่าย	น้ำประปา
		น้ำบาดาล	น้ำผิวดิน		
ทางชีวภาพ					
17	total Coliform	✓	✓	✓	✓
18	fecal Coliform	✓	✓	✓	✓
พารามิเตอร์ที่ทำการเก็บ ณ จุดเก็บน้ำตัวอย่าง					
19	คลอรีนตกค้าง (Test kit)	X	X	✓	✓
20	DO	✓	✓	✓	✓
21	pH	✓	✓	✓	✓
22	อุณหภูมิ	✓	✓	✓	✓
23	Conductivity	✓	✓	✓	✓

3.6 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบ น้ำจากสถานีสูบจ่าย และน้ำประปา โดยใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 3.7

1) คุณภาพน้ำดิบ โดยพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด อ้างอิงตามพารามิเตอร์และวิธีการตรวจตามมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล อ้างอิงตามประกาศกระทรวงทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) ออกตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

2) คุณภาพน้ำประปา อ้างอิงตามประกาศของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2553 และตามมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง โดยวิธีการตรวจวิเคราะห์ พารามิเตอร์ต่าง ๆ อ้างอิง APHA, AWWA, and WEF. (2005).

ตารางที่ 3.7 วิธีการตรวจวิเคราะห์

ลำดับ	พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	อ้างอิง
ทางกายภาพ-เคมี			
1	ความขุ่น	Nephelometric Method	APHA et al. (2005)
2	สี	Spectrophotometric Method	
3	บีโอดี	5-day BOD Test Method	

ตารางที่ 3.7 วิธีการตรวจวิเคราะห์ (ต่อ)

ลำดับ	พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	อ้างอิง
4	ไนไตรท์	Spectrophotometric Method	APHA et al. (2005)
5	ไนเตรท	Spectrophotometric Method	
6	เหล็ก	Phenanthroline Method	
7	แมงกานีส	Persulfate Method	
8	ความกระด้าง	EDTA Titrimetric Method	
9	ซัลเฟต	Turbidimetric Method	
10	คลอไรด์	Argentometric Method	
11	ฟลูออไรด์	SPADNS Method	
12	แอมโมเนีย-ไนโตเจน	Titrimetric Method	
14	ทีเคเอ็น	Kjeldahl Method	
15	ของแข็งแขวนลอย (TSS)	Gravimetric Method	
16	ของแข็งละลายได้ (TDS)	Gravimetric Method	
ทางชีวภาพ			
17	Total Coliform	Membrane Filter Method	APHA et al. (2005)
18	Fecal Coliform	Membrane Filter Method	

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในกรณีต่าง ๆ ทั้งนี้ ใช้ปัจจัยที่มีความสำคัญและคาดว่าจะมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะของน้ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มข้อมูล ได้แก่ แหล่งน้ำดิบ ฤดูกาล ที่ตั้งของระบบประปา และขนาดของระบบประปา และแบ่งการวิเคราะห์ตามลักษณะของน้ำได้เป็น 3 ส่วน คือ น้ำดิบที่ใช้ผลิตน้ำประปา น้ำประปาที่ออกจากโรงประปา และน้ำประปาที่จุดใช้งานที่บ้านเรือนในชุมชน

3.8 การประมวลข้อมูลผลการศึกษา

นำผลการศึกษาที่ได้ไปประเมินรวมกับข้อมูลศักยภาพแหล่งน้ำ ข้อมูลด้านวิศวกรรมการประปา การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ และข้อมูลการถ่ายทอดสู่ชุมชน เพื่อนำปรับปรุงระบบประปาชุมชน เพื่อใช้เป็นต้นแบบของระบบหมู่บ้านที่อื่นๆ ต่อไป

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ผลการศึกษาวิจัยการประเมินคุณภาพน้ำของระบบประปาชุมชนภายในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ รวมทั้งสิ้นจำนวน 27 แห่ง โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ช่วงฤดู ได้แก่ ฤดูฝน (ก.ค. - ต.ค.) และฤดูแล้ง (เม.ย. - พ.ค.) ตามลักษณะแหล่งน้ำดิบ ได้แก่ แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล และแบ่งตามขนาดของระบบประปาชุมชน ได้แก่ ระบบประปาที่มีขนาดใหญ่มาก ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และไม่ระบุขนาด (ตามอัตราการผลิต) ผลการศึกษาวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติและการอภิปรายผลการศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพแหล่งน้ำดิบ

การตรวจวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพแหล่งน้ำดิบ แบ่งออกเป็นระบบประปาชุมชนที่มีแหล่งน้ำดิบ ได้แก่ แหล่งน้ำผิวดินจำนวน 16 แห่ง และแหล่งน้ำบาดาลจำนวน 8 แห่ง โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ผลการศึกษามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ, สี และความขุ่น ผลการศึกษาลักษณะน้ำดิบโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ก ค่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำผิวดินอยู่ในช่วง 27.22 - 31.20 °C ในช่วงฤดูฝน 29.70-37.70 °C ในช่วงฤดูแล้ง และแหล่งน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 26.20 - 33.60 °C ตัวอย่างทั้งหมดผ่านมาตรฐานแหล่งน้ำดิบเพื่อใช้ในการผลิตน้ำประปา ซึ่งกำหนดว่าอุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติไม่เกิน 3 °C

ผลการศึกษาค่าสีในแหล่งน้ำดิบ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 พบว่า แหล่งน้ำดิบทั้ง 2 ประเภท มีค่าสีได้ตามมาตรฐานแหล่งน้ำดิบเพื่อนำไปใช้ในการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง กำหนดค่าสีไม่เกิน 300 Pt-Co แหล่งน้ำผิวดินที่ทำการสำรวจในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าสีเฉลี่ย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 89.15 และ 114.91 Pt-Co ตามลำดับ ส่วนแหล่งน้ำบาดาลมีค่าสีเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 14.99 Pt-Co จะเห็นได้ว่าแหล่งน้ำดิบที่มาจากน้ำบาดาลมีค่าสีต่ำกว่าแหล่งน้ำผิวดินมาก สีในแหล่งน้ำส่วนใหญ่เกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชชนิดต่าง ๆ หรือเกิดตามลักษณะทางธรณีของแหล่งน้ำ ดังนั้นแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีลักษณะเปิด จึงมักมีปัญหาเรื่องสีมากกว่าแหล่งน้ำบาดาลที่อยู่ใต้ดิน และเมื่อเปรียบเทียบค่าสีของแหล่งน้ำผิวดินระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง จะเห็นได้ว่าในช่วงฤดูแล้งส่วนใหญ่มีค่าสีเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฤดูฝน ยกเว้นกรณีของจังหวัดนครราชสีมา และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 4 จังหวัดในพื้นที่การศึกษา จะเห็นได้ว่าจังหวัดนครราชสีมาจะมีค่าสีเฉลี่ยสูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ

ผลการศึกษาค่าความขุ่นของแหล่งน้ำดิบ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความขุ่นของแหล่งน้ำผิวดินสูงกว่าแหล่งน้ำบาดาล เนื่องจากน้ำแหล่งน้ำบาดาลเกิดการไหลซึมผ่านชั้นหิน ดินและชั้นทรายที่มีรูพรุนทำให้พวก particle และสารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำถูกกรองเมื่อผ่านชั้นหิน ดินและทราย มีผลทำให้น้ำบาดาล มีความขุ่นต่ำกว่า และมีลักษณะค่อนข้างใส

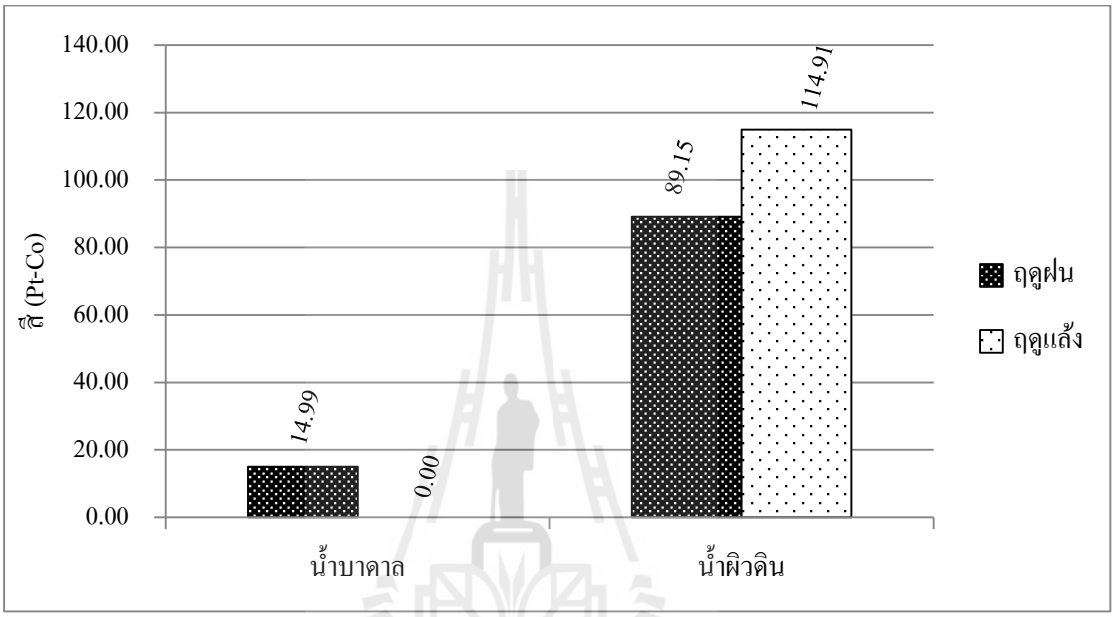
ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำดิบ

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
อุณหภูมิ (°C)	26.20-33.60	28.31	1.35	-	31.20	-	27.22-31.20	30.13	1.48	29.70-37.70	33.06	2.46	-
สี (Pt-Co)	0.00-48.29	14.99	18.59	-	0.00	-	7.86-324.43	89.15	78.02	3.57-411.19	114.91	3.18	300
ความขุ่น (NTU)	0.34-2.79	0.65	0.34	-	0.78	-	3.03-536.67	50.70	130.96	1.26-124.00	25.67	31.09	-

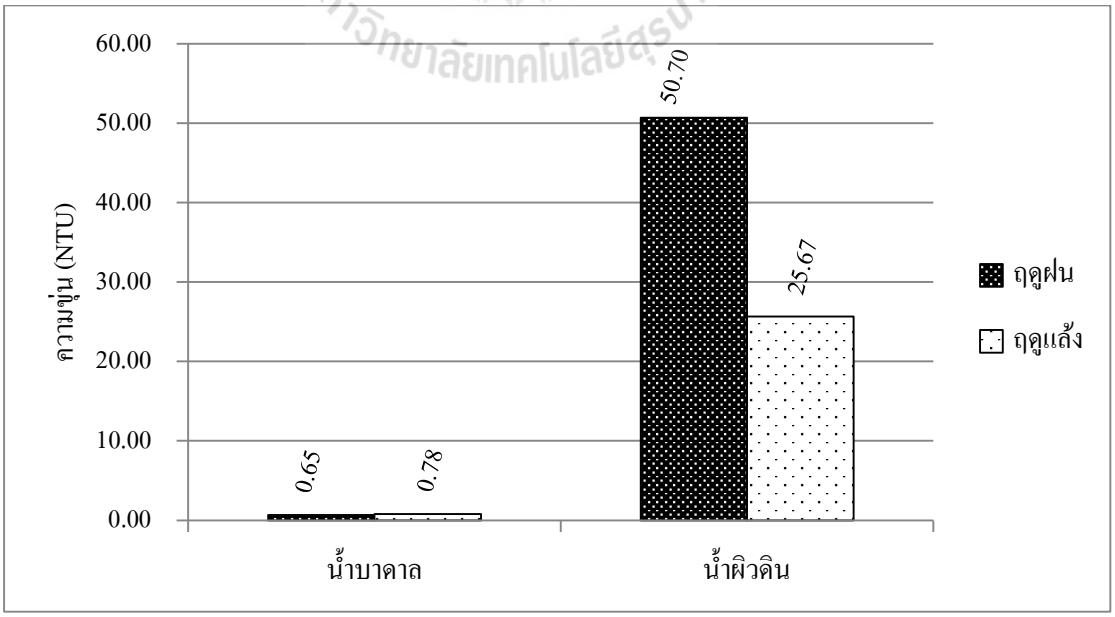
หมายเหตุ: จุดเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำดิบของน้ำบาดาลในช่วงฤดูแล้งเพียงจุดเดียว คือ S35GL จึงไม่ได้แสดงค่า Min-Max

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กว่าแหล่งน้ำผิวดินซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ลักษณะเปิด และเมื่อเปรียบเทียบค่าความขุ่นระหว่างช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า ในช่วงฤดูฝนจะมีค่าความขุ่นสูงกว่าช่วงฤดูแล้ง โดยในช่วงฤดูฝนค่าความขุ่นแหล่งน้ำผิวดินอยู่ในช่วง 3.03 – 536.67 NTU มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.70 NTU และแหล่งน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 0.34 – 2.79 NTU มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.65 NTU เนื่องจากในช่วงฤดูฝนมีปริมาณดินตะกอนที่เกิดจากการชะของน้ำฝนลงสู่แหล่งน้ำดิบ และตะกอนในแหล่งน้ำเกิดการฟุ้งกระจายได้ง่าย



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าสีระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าความขุ่นระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.1.2 ลักษณะน้ำทางเคมี

ลักษณะทางกายภาพที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ค่าของแข็ง ค่าบีโอดี (BOD) ไนไตรท์ ไนเตรท เหล็ก แมงกานีส ความกระด้าง ซัลเฟต คลอไรด์ และฟลูออไรด์ ผลการศึกษาลักษณะทางเคมีของน้ำดิบ แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข

4.1.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า

ลักษณะน้ำทางเคมีแหล่งน้ำผิวดินจำนวน 16 แห่ง ที่ทำการสำรวจในการศึกษาครั้งนี้ แสดงในตารางที่ 4.2 โดยทำการสำรวจ 2 ช่วงฤดู ได้แก่ ฤดูฝน และฤดูแล้ง พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.90 - 8.58 ในช่วงฤดูฝน และ 5.00 - 8.00 ในช่วงฤดูแล้ง ตัวอย่างทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2-4 เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการอุปโภค-บริโภค โดยผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 – 9.0 ส่วนแหล่งน้ำบาดาล ได้ทำการสำรวจในฤดูฝน 8 แห่ง และในฤดูแล้งเพียง 1 แห่ง พบว่ามีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 3.55 - 8.20 ในช่วงฤดูฝนและ 6.77 ในช่วงฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้อุปโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมเท่ากับ 7.0 - 8.5 ดังนั้น จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการสำรวจครั้งนี้มีค่าค่อนข้างต่ำ ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลสำหรับการบริโภค ผลการสำรวจค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงฤดูฝนของแหล่งน้ำผิวดินเท่ากับ 429.93 µs/cm และแหล่งน้ำบาดาลเท่ากับ 561.84 µs/cm ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ หมายถึงความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้า เป็นการบ่งบอกถึงความเข้มข้นหรือชนิดของอิออนที่ละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้น จากผลการสำรวจพบว่าในแหล่งน้ำบาดาลมีการนำไฟฟ้าสูงกว่าแหล่งน้ำผิวดิน เนื่องมาจากปริมาณสารหรือแร่ธาตุต่าง ๆ ตามลักษณะพื้นที่ของบ่อบาดาล

ผลการสำรวจค่าออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 3.09 - 9.60 มก./ล. ในช่วงฤดูฝน และอยู่ในช่วง 4.21 - 8.51 มก./ล. ในช่วงฤดูแล้ง แหล่งน้ำบาดาลมีค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.71 - 8.79 มก./ล. ส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2-4 เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการอุปโภค-บริโภค โดยผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กำหนดค่าออกซิเจนละลายน้ำมากกว่า 2 มก./ล. เมื่อเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายน้ำจะเห็นว่าแหล่งน้ำผิวดินจะมีค่าสูงกว่าแหล่งน้ำบาดาล เนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนจากบรรยากาศละลายลงสู่แหล่งน้ำมากกว่า ส่วนในบ่อน้ำบาดาลจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำมากกว่าก๊าซออกซิเจน

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำดิบ

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
pH	3.55-8.20	6.46	1.84	-	6.77	-	5.90-8.58	7.49	0.81	5.00-8.00	6.42	0.73	6.5-9.2
DO (mg/L)	1.71-8.79	5.44	2.24	-	5.53	-	3.09-9.60	6.36	2.01	4.21-8.51	5.77	1.38	-
Conductivity (µs/cm)	0.60–1,060	561.84	385.09	-	1,190	-	32.80-4,100	429.93	1005.17	37-1,650	383.38	438.57	-
TS (mg/L)	72-799	461.50	195.56	-	631	-	28-2,595	364.91	635.38	43-2,934	496.50	800.45	1,500
TSS (mg/L)	2.00-75.00	19.75	24.98	-	17	-	7.00-351	48	83.28	3-2,860	203.25	708.71	-
TDS (mg/L)	70.00-724.00	441.75	176.12	-	614	-	18.00–2,548	316.91	626.69	38-1,830	293.25	471.61	-
BOD (mg/L)	1.00-6.50	3.64	1.92	-	2.75	-	1.45-8.10	3.57	1.64	1.0-9.9	3.18	2.08	6
ไนไตรท์ (mg/L)	0	0	0	-	0	-	0.00-0.03	0.01	0.01	0.001-0.032	0.01	0.01	-
ไนเตรท (mg/L)	0.07-24.76	0.34	4.12	-	1.60	-	0.01-24.76	3.11	5.87	0.353-14.343	3.40	3.37	10
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/L)	0.00-0.21	0.04	0.08	-	0	-	0.00-0.70	0.21	0.25	0-1.764	0.21	0.46	-
TKN (mg/L)	0.00-2.24	0.74	0.97	-	0	-	0.00-6.92	1.17	1.77	0-2.772	0.68	0.85	-
ความกระด้างทั้งหมด (mg/L as $CaCO_3$)	52.50-445	287.06	156.88	-	185	-	47.50-500	129.97	112.42	77.5-397.5	151. 72	91.16	500

หมายเหตุ: จุดเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำดิบของน้ำบาดาลในช่วงฤดูแล้งเพียงจุดเดียว คือ S35GL จึงไม่ได้แสดงค่า Min-Max

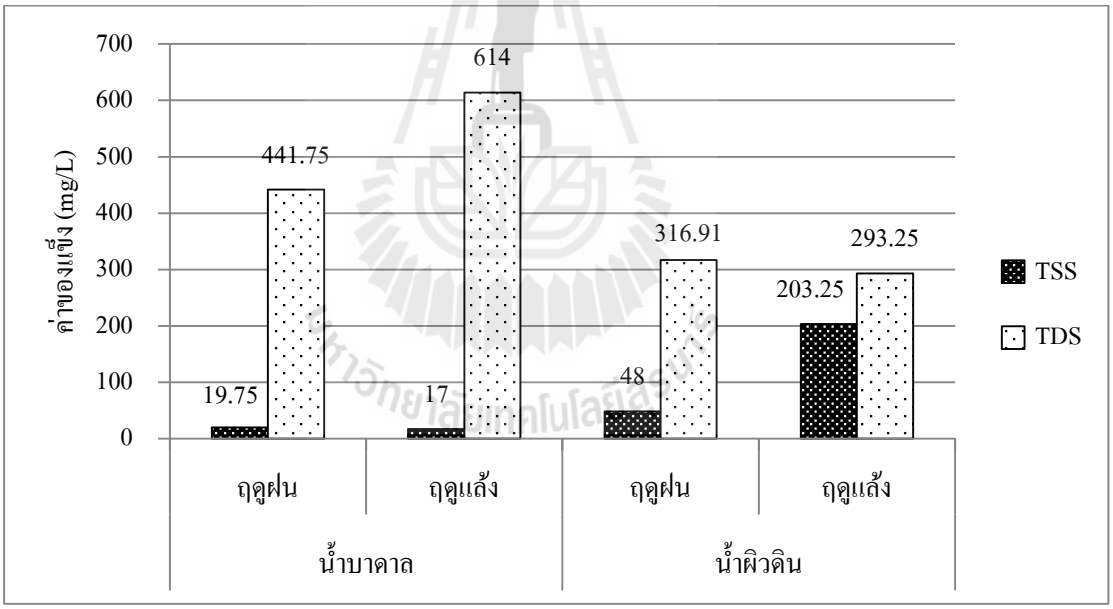
ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำดิบ (ต่อ)

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
ความกระด้างแคลเซียม (mg/L as $CaCO_3$)	35.00-375.00	234.69	151.57	-	120	-	7.50-285.00	57.58	67.86	15-250	68.13	69.36	-
ความกระด้างแมกนีเซียม (mg/L as $CaCO_3$)	1.00-97.50	52.38	35.78	-	65	-	5.00-215.00	72.39	51.82	47.5-147.5	83.59	25.15	-
เหล็ก (mg/L)	0.00-0.25	0.04	0.08	-	0.56	-	0.00-2.30	0.58	0.58	0-2.07	0.49	0.56	50
แมงกานีส (mg/L)	0	0	0	-	0.29	-	0.00-0.71	0.14	0.23	0-1.03	0.17	0.30	5
ซัลเฟต (mg/L)	0.00-67.34	13.79	26.35	-	0	-	0.00-144.39	14.40	36.10	0-227.37	28.74	75.67	-
คลอไรด์ (mg/L)	10.67-80.32	35.69	24.63	-	114.23	-	7.95-476.45	79.47	133.14	13.11-544.92	97.69	160.84	-
ฟลูออไรด์ (mg/L)	-	-	-	-	0.74	-	0.28-0.79	0.52	0.13	0.43-1.11	0.76	0.19	1. 5

หมายเหตุ: จุดเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำดิบของน้ำบาดาลในช่วงฤดูแล้งเพียงจุดเดียว คือ S35GL จึงไม่ได้แสดงค่า Min-Max

4.1.2.2 ค่าของแข็ง

การสำรวจครั้งนี้ ทำการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งในรูปของแข็งทั้งหมด (TS) ของแข็งละลายน้ำ (TDS) และของแข็งแขวนลอย (TSS) (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3) ผลการศึกษาพบว่า แหล่งน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ 364.91 และ 496.50 มก./ล. ตามลำดับ โดยของแข็งส่วนใหญ่ร้อยละ 87 อยู่ในรูปละลายน้ำ ขณะที่แหล่งน้ำบาดาลพบว่ามีค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ 461.50 และ 631.00 มก./ล. ตามลำดับ ของแข็งส่วนใหญ่ร้อยละ 96 อยู่ในรูปละลายน้ำมากกว่าของแข็งแขวนลอย เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของทั้งสองแหล่งน้ำ พบว่าในช่วงฤดูแล้งมีค่าของแข็งสูงกว่า เนื่องมาจากในช่วงฤดูแล้งจะมีการระเหยของน้ำมาก จึงมีผลทำให้ปริมาตรน้ำลดลงความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในน้ำจึงมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝน ตัวอย่างแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการสำรวจในช่วงฤดูฝนมีค่าของแข็งละลายน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 2 แห่งจากทั้งหมด 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 25 ส่วนช่วงฤดูแล้งสำรวจเพียงแห่งเดียวและมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์ (614 มก./ล.) ตามมาตรฐานแหล่งน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 ออกตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520 กำหนดค่าของแข็งละลายน้ำที่ 600 มก./ล.

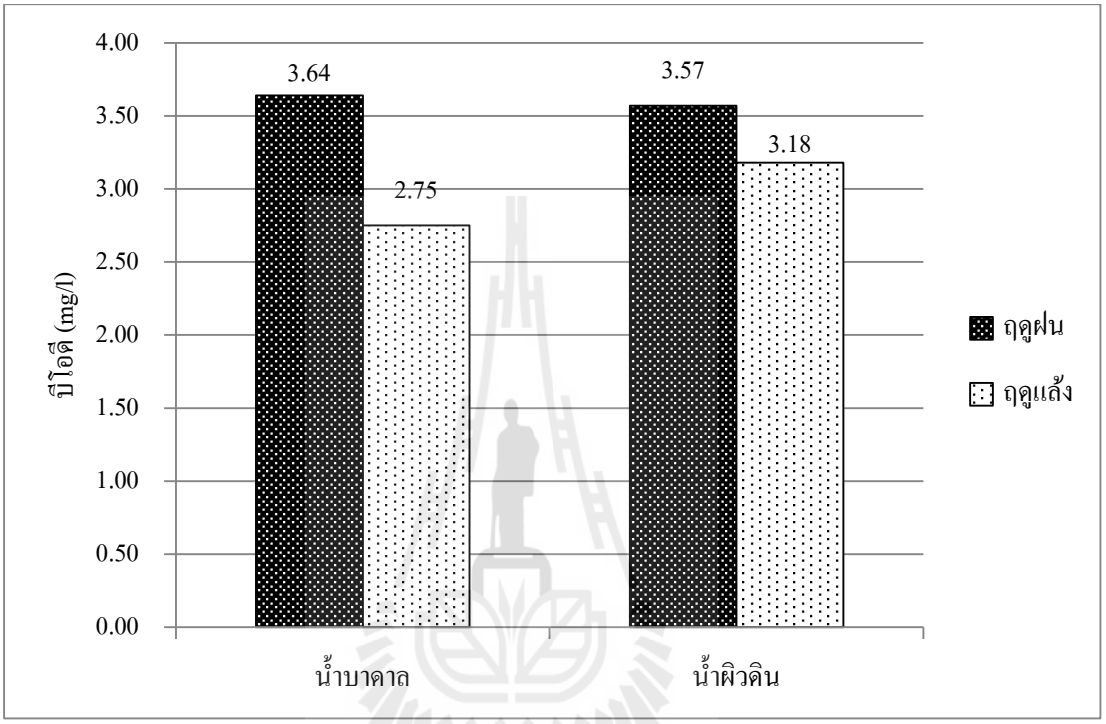


รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าของแข็งในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.1.2.3 ค่าบีโอดี

จากผลการสำรวจค่าบีโอดีในแหล่งน้ำผิวดิน ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.2 พบว่า มีค่าเฉลี่ยบีโอดีเท่ากับ 3.57 มก./ล. ในช่วงฤดูฝน และ 3.18 มก./ล. ในช่วงฤดูแล้ง และแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยบีโอดี เท่ากับ 3.64 มก./ล. ในช่วงฤดูฝน และ 2.75 มก./ล. ในช่วงฤดูแล้ง แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละแหล่งน้ำ พบว่าแหล่งน้ำผิวดินจำนวน 16 แห่ง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานค่าบีโอดีเพียงแห่งเดียว คิดเป็นร้อยละ 6.25 ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนแหล่งน้ำบาดาลจำนวน 8 แห่ง

ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียงแห่งเดียว คิดเป็นร้อยละ 12.50 ในช่วงฤดูฝน เกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำดิบขององค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ที่ 6 มก./ล. จากกราฟรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าบีโอดีในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันมาก โดยช่วงฤดูแล้งของแหล่งน้ำดิบทั้ง 2 ประเภทมีความเข้มข้นน้อยกว่าฤดูฝนเล็กน้อยทั้ง 2 แหล่งน้ำดิบ

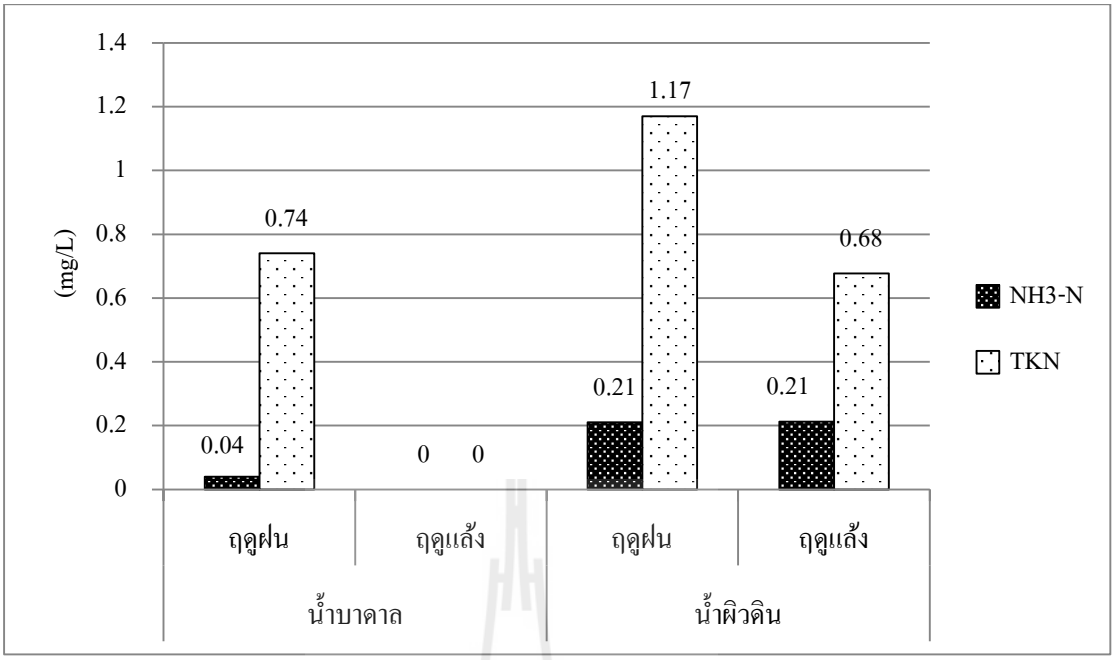


รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าบีโอดีในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.1.2.4 ทีเคเอ็น แอมโมเนีย ไนไตรท์ และ ไนเตรท

ผลการสำรวจค่าความเข้มข้นไนเตรทในแหล่งน้ำดิบ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.2 พบว่าแหล่งน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทเท่ากับ 3.11 มก./ล. ในช่วงฤดูฝน และ 3.40 มก./ล. ช่วงฤดูแล้ง ส่วนแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเท่ากับ 0.34 มก./ล. ในช่วงฤดูฝน และ 1.60 มก./ล. ในช่วงฤดูแล้ง ตัวอย่างแหล่งน้ำทั้งหมดที่ทำการสำรวจผ่านเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก กำหนดไว้ที่ 45 มก./ล.

ผลการสำรวจค่าความเข้มข้นแอมโมเนียในแหล่งน้ำดิบ พบว่าแหล่งน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแอมโมเนียเท่ากับ 0.21 มก./ล. ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเท่ากับ 0.04 มก./ล. ในช่วงฤดูฝน และตรวจไม่พบในช่วงฤดูแล้ง ตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินที่ไม่ผ่านมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 12.5 และ 18.75 ในช่วงฤดูฝนและแล้ง ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างแหล่งน้ำบาดาลทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก กำหนดความเข้มข้นแอมโมเนียไว้ที่ 0.5 มก./ล.



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าไนโตรเจนในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่ารูปของไนโตรเจนในแหล่งน้ำ ส่วนใหญ่พบในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน และค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ พบในช่วงฤดูฝนสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง และมีค่าความเข้มข้นของไนไตรท์ในปริมาณที่น้อยมากทั้งในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล

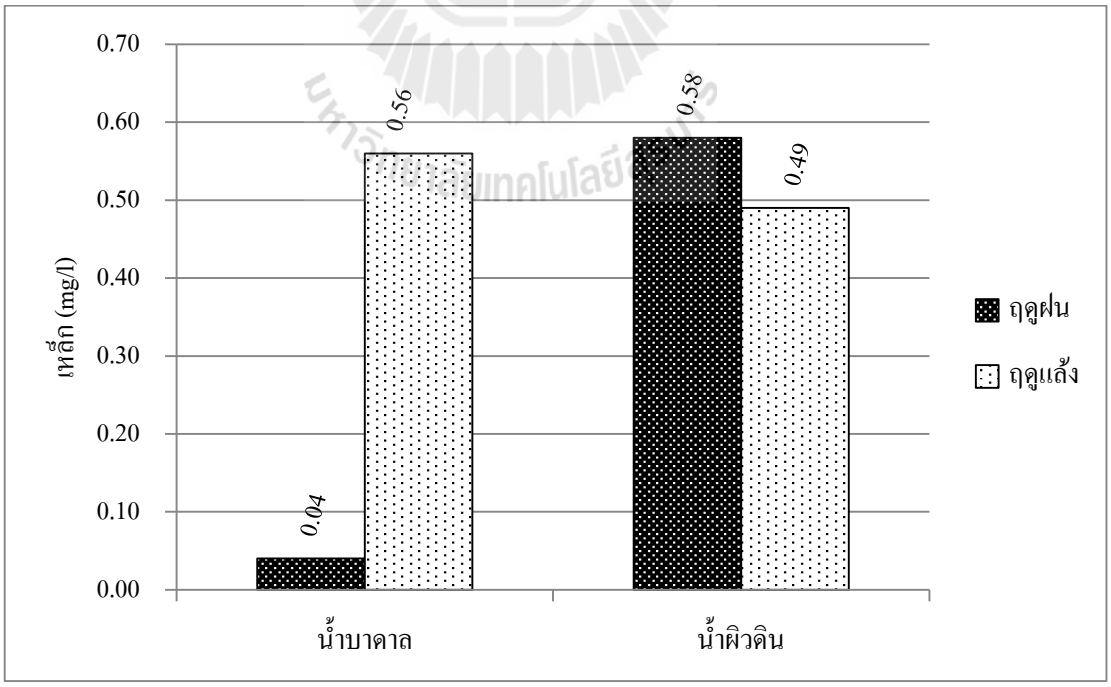
4.1.2.5 ความกระด้าง

ผลการสำรวจค่าความกระด้างของแหล่งน้ำดิบ แสดงข้อมูลในตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าความกระด้างเฉลี่ยของแหล่งน้ำผิวดินเท่ากับ 129.97 และ 151.71 มก./ล. as $CaCO_3$ ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ ส่วนแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 287.07 และ 185.00 มก./ล. as $CaCO_3$ ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า แหล่งน้ำบาดาลจะมีค่าความกระด้างสูงกว่าแหล่งน้ำผิวดินมาก โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของความกระด้างแคลเซียมมากกว่าแมกนีเซียม และมีค่าสูงในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง และจากการสำรวจครั้งนี้ตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก กำหนดค่าความกระด้างไว้ที่ 500 มก./ล. as $CaCO_3$ ส่วนแหล่งน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 62.5 ตามมาตรฐานแหล่งน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 ออกตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520 กำหนดค่าความกระด้างทั้งหมดที่ 300 มก./ล. as $CaCO_3$ ซึ่งจัดว่าเป็นน้ำที่มีความกระด้างมาก ความกระด้างส่วนใหญ่ในน้ำมาจากชั้นของดินและหินที่น้ำนั้นไหลผ่าน โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำฝน หรือจากในดินซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของแบคทีเรีย คาร์บอนไดออกไซด์จะรวมกับน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ภายใต้สภาวะที่มี pH ต่ำ จะสามารถทำให้พวกหินปูน เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนตจะถูกละลายออกมาได้ดี ปัญหาน้ำกระด้างเป็นปัญหาที่มักพบในน้ำบาดาลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

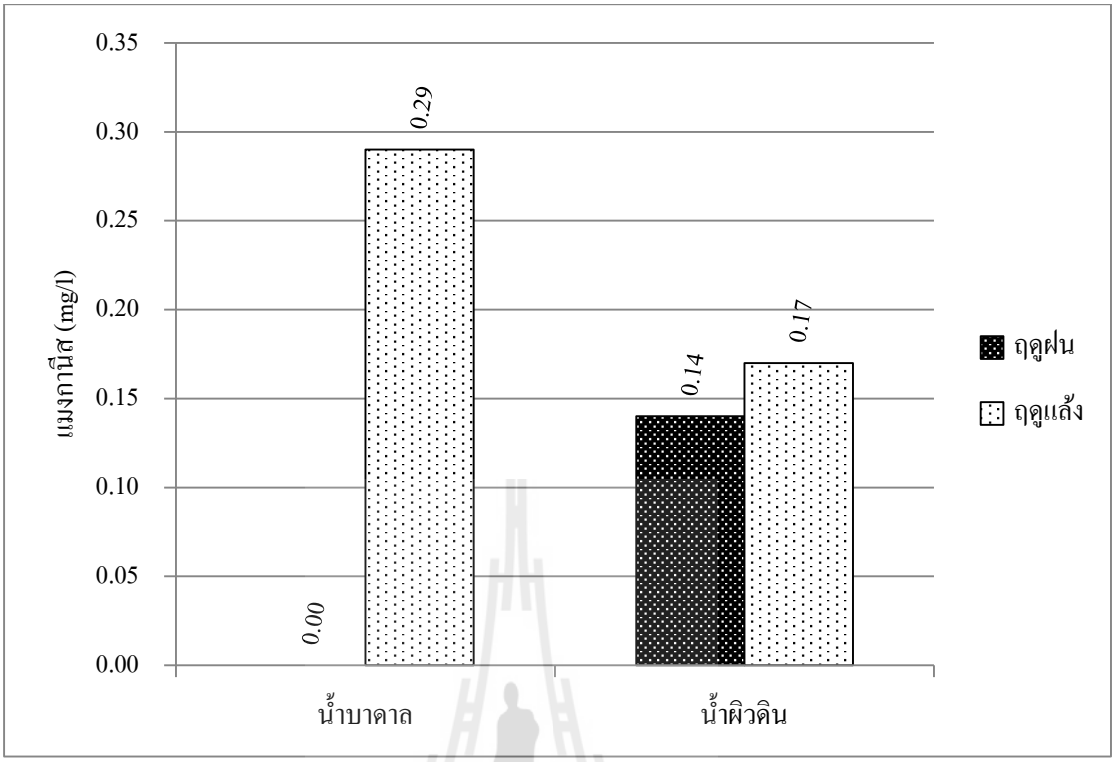
4.1.2.6 สารอื่น ๆ

1) เหล็ก และแมงกานีส

ผลการสำรวจคุณภาพน้ำดิบในแหล่งน้ำผิวดินพบว่า มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเหล็กในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 0.58 และ 0.49 มก./ล. ตามลำดับ ตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก ที่กำหนดค่าความเข้มข้นเหล็กที่ 50 มก./ล. และผลสำรวจค่าความเข้มข้นแมงกานีสเท่ากับ 0.14 และ 0.17 มก./ล. ตามลำดับ ตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก ที่กำหนดค่าความเข้มข้นแมงกานีสที่ 5 มก./ล. ผลการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเหล็กในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 0.04 และ 0.56 มก./ล. ตามลำดับ จำนวนตัวอย่างแหล่งน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในช่วงฤดูแล้งซึ่งมีเพียง 1 ตัวอย่าง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แหล่งน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม กำหนดค่าความเข้มข้นเหล็กที่ 0.5 mg/L ส่วนผลการสำรวจค่าความเข้มข้นแมงกานีสในช่วงฤดูแล้ง เท่ากับ 0.29 มก./ล. และตรวจไม่พบเลยในช่วงฤดูฝน ตัวอย่างน้ำบาดาลทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน กำหนดค่าความเข้มข้นแมงกานีสที่ 0.3 มก./ล. จากข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสตามลำดับ ระหว่างช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของแหล่งน้ำบาดาล พบว่าในฤดูแล้งมีความเข้มข้นสูงมากกว่าในช่วงฤดูฝนมาก ส่วนในแหล่งน้ำผิวดินจะมีค่าไม่แตกต่างกันมากทั้ง 2 ช่วงฤดูกาล มีค่าความเข้มข้นเหล็กและแมงกานีสมีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจน ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณเหล็กในแมงกานีสในน้ำในการสำรวจมีปริมาณไม่เกินมาตรฐาน



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าเหล็กในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าแมงกานีสในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

2) ซัลเฟต

ผลการสำรวจปริมาณซัลเฟตในแหล่งน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 14.40 และ 28.74 มก./ล. ตามลำดับ และแหล่งน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 13.79 มก./ล. และไม่พบเลยในช่วงฤดูแล้ง จากการสำรวจพบว่า แหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานในช่วงฤดูฝน มีเพียงแหล่งน้ำผิวดิน 2 แห่ง ในช่วงฤดูแล้งที่มีค่าซัลเฟตอยู่ในช่วง 200 - 250 มก./ล. ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุด สำหรับมาตรฐานของแหล่งน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก และค่าซัลเฟตในแหล่งน้ำบาดาลพบว่ามีปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำผิวดิน และพบว่าปริมาณซัลเฟตในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าในช่วงฤดูฝน

3) คลอไรด์

ผลการสำรวจปริมาณคลอไรด์ในแหล่งน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 79.47 และ 97.69 มก./ล. ตามลำดับ และแหล่งน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 24.63 และ 114.23 มก./ล. ตามลำดับ จากการสำรวจพบว่าแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มีเพียงแหล่งน้ำผิวดินในช่วงฤดูแล้ง 3 แห่งและช่วงฤดูฝน 1 แห่ง ที่มีค่าคลอไรด์อยู่ในช่วง 250 - 600 มก./ล. ตามเกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดสำหรับมาตรฐานของแหล่งน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก ส่วนแหล่งน้ำบาดาลพบว่ามีปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำผิวดิน และพบในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าในช่วงฤดูฝน

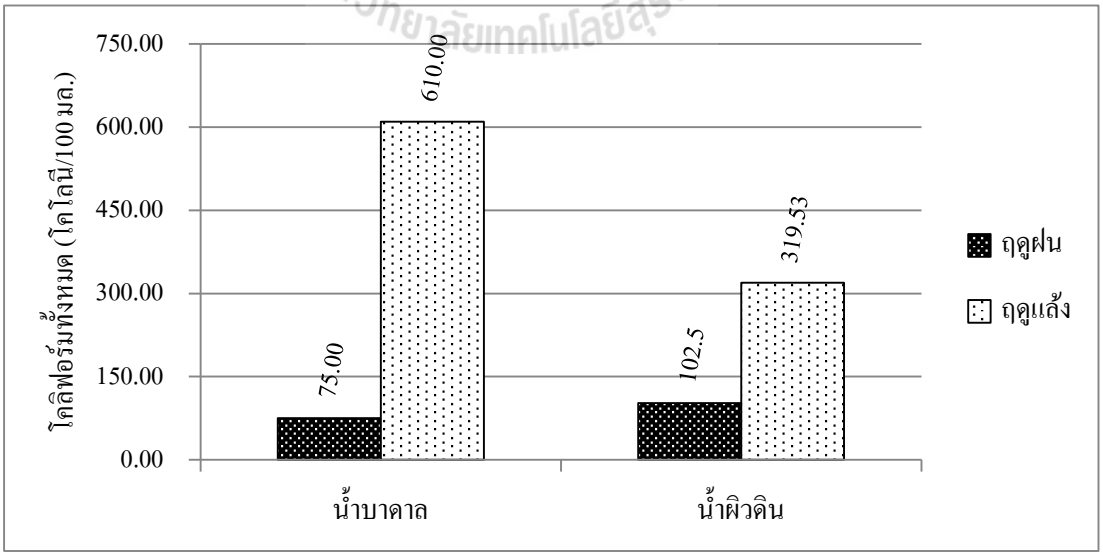
4) ฟลูออไรด์

ผลการสำรวจปริมาณฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 0.52 และ 0.76 มก./ล. ตามลำดับ และแหล่งน้ำบาดาลทำการตรวจเฉพาะในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.74 มก./ล. ตามลำดับ จากการสำรวจพบว่าแหล่งน้ำผิวดินในช่วงฤดูแล้งร้อยละ 50 มีค่าอยู่ในช่วง 0.7 - 1.0 มก./ล. ซึ่งเป็นเกณฑ์ค่าสูงสุดที่อนุโลม สำหรับแหล่งน้ำดิบตามมาตรฐานการประปานครหลวง และพบว่ามีแหล่งน้ำผิวดินไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มีค่าเกิน 1.0 มก./ล.) ร้อยละ 18.75 และพบในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าในช่วงฤดูฝน

4.1.3 ลักษณะน้ำทางชีวภาพ

4.1.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

ผลสำรวจลักษณะน้ำทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า แหล่งน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมด ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 102.50 และ 319.53 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าฤดูฝน (รูปที่ 4.8) ตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินที่ทำการสำรวจทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 75 ในช่วงฤดูฝน และร้อยละ 87.5 ในช่วงฤดูแล้ง มาตรฐานแหล่งน้ำดิบของการประปานครหลวง กำหนดค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้อยกว่า 2.2 โคโลนี/100 มล. ส่วนแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมด ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ 75 และ 610 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก ตัวอย่างแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการสำรวจทั้งหมด ไม่มีตัวอย่างใดผ่านเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภคเลย โดยแหล่งน้ำบาดาลมีค่าปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่าแหล่งน้ำผิวดินโดยทั่วไปแล้ว แหล่งน้ำผิวดินจะมีค่าสูงกว่าแหล่งน้ำบาดาล เนื่องจากมีโอกาสในการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า สำหรับกรณีนี้แสดงว่ามีการปนเปื้อนเชื้อโรคในแหล่งน้ำบาดาลของหมู่บ้าน ทำให้มีค่าสูงกว่า ซึ่งหากระบบการผลิตน้ำสะอาดของชุมชน ไม่สามารถกำจัดเชื้อโรคนี้จะส่งผลทำให้คนในชุมชนเป็นโรคทางเดินอาหารเนื่องจากน้ำเป็นสื่อ



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าโคลิฟอร์มทั้งหมดในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำดิบ

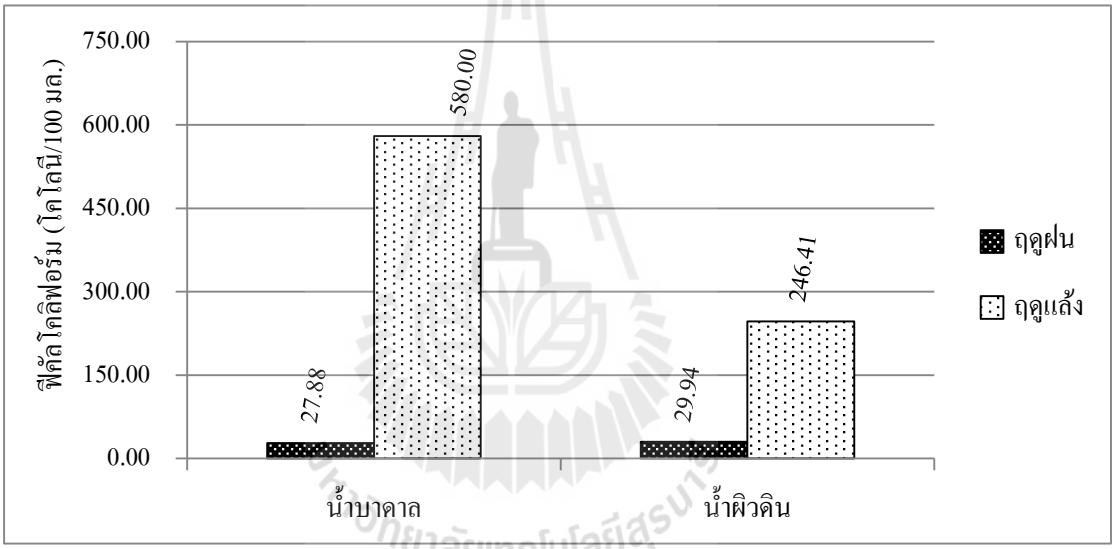
พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/100 มล.)	5-337.50	75.00	81.43	-	610	-	0-387.50	102.50	135.03	0-837.50	319.53	268.63	-
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/100 มล.)	0-103.00	27.88	36.22	-	580	-	0-155.00	29.94	44.12	0-785.00	246.41	247.99	-

หมายเหตุ: จุดเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำดิบของน้ำบาดาลในช่วงฤดูแล้งเพียงจุดเดียว คือ S35GL จึงไม่ได้แสดงค่า Min-Max

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.3.2 ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)

ผลสำรวจลักษณะน้ำทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า แหล่งน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยฟีคัลโคลิฟอร์มในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 29.4 และ 246.41 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าฤดูฝน (รูปที่ 4.9) ตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินที่ทำการสำรวจทั้งหมด ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 68.75 ในช่วงฤดูฝน และร้อยละ 100 ในช่วงฤดูแล้ง มาตรฐานแหล่งน้ำดิบของการประปานครหลวงและมาตรฐานแหล่งน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภคต้องตรวจไม่พบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ส่วนแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมดในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 27.88 และ 580 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก ตัวอย่างแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการสำรวจทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 75 ในช่วงฤดูฝน และตัวอย่างในฤดูไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน โดยแหล่งน้ำบาดาลจะมีค่าฟีคัลโคลิฟอร์มสูงกว่าในแหล่งน้ำผิวดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะน้ำดิบ

4.1.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาบาดาล ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_i = \mu_j$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_i \neq \mu_j$

โดย μ_i และ μ_j คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำดิบของระบบประปาน้ำผิวดินและบาดาล ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.4 โดยระบบประปาน้ำผิวดินประกอบด้วยค่าจากฤดูฝนและฤดูแล้ง อย่างละ 16 ตัวอย่าง รวมเป็น 32 ตัวอย่าง ส่วนระบบประปาบาดาลประกอบด้วยค่าจากฤดูฝน 8 ตัวอย่าง และฤดูแล้ง 1 ตัวอย่าง รวมเป็น 9 ตัวอย่าง ทั้งนี้ ไม่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยฟลูออไรด์เนื่องจากไม่มีการวิเคราะห์สำหรับน้ำใต้ดิน ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ย 6 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ สี ไนไตรท์ เหล็ก แมงกานีส และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ส่วนน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ย 2 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความกระด้างทั้งหมด และความกระด้างแคลเซียม ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันบางส่วนได้ถูกคัดเลือกมานำเสนอเพิ่มเติมโดยใช้ Box Plot ดังรูปที่ 4.10 โดยเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ของน้ำบาดาลมีช่วงค่าแคบกว่าน้ำผิวดิน แสดงถึงคุณลักษณะค่อนข้างใกล้เคียงกันในพื้นที่ต่าง ๆ ยกเว้นกรณีค่าความกระด้างทั้งสองชนิด ส่วนน้ำผิวดินพบว่ามีบางตัวอย่างที่ค่าที่สูงโดดออกจากค่าส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นลักษณะของค่าที่อยู่นอกกลุ่ม (Outlier)

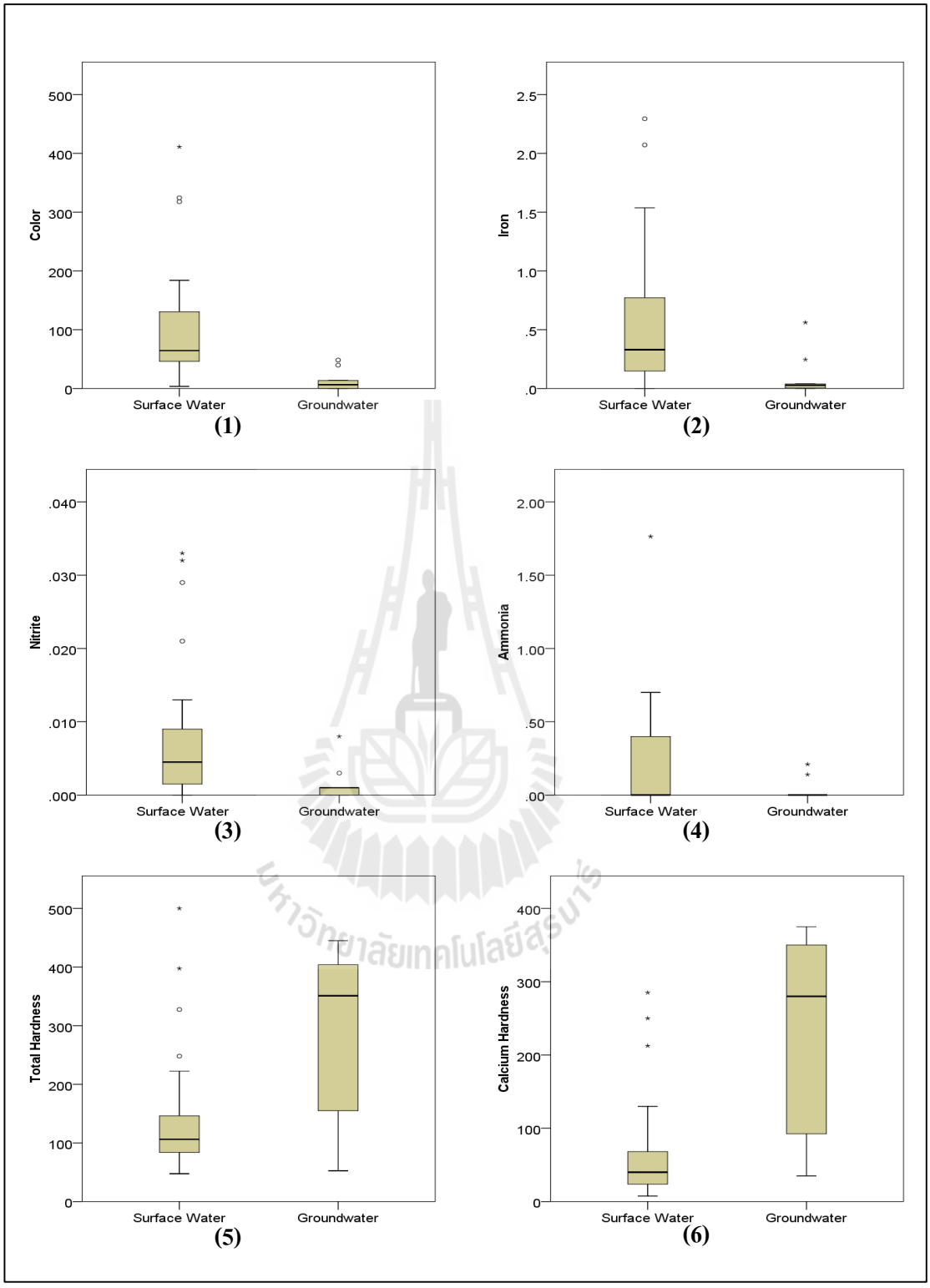
การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์อีกวิธีหนึ่งทำโดยใช้กราฟแท่งแสดงสัดส่วนร้อยละ (100% Stack Bar Chart) เพื่อสังเกตความแตกต่างระหว่างกลุ่มเพิ่มเติมจากผลการทดสอบสมมุติฐานดังที่กล่าวไปข้างต้น การสร้างกราฟนี้ทำโดยคำนวณว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มคิดเป็นร้อยละเท่าใดของผลรวมค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่ม ตัวอย่างเช่น ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเท่ากับ 38.19 และ 0.66 มก./ล. ตามลำดับ ผลรวมค่าเฉลี่ยความขุ่นของทั้งสองกลุ่มเท่ากับ 38.85 มก./ล. ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของน้ำผิวดินจึงคิดเป็นร้อยละ 98 ของผลรวมค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่ม และค่าเฉลี่ยของน้ำใต้ดินมีค่าเพียงร้อยละ 2 ของผลรวมค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่ม กรณีนี้จึงเห็นได้ชัดว่าความขุ่นของน้ำผิวดินมีค่าสูงกว่า เมื่อทำการคำนวณในลักษณะนี้สำหรับทุกพารามิเตอร์แล้วนำมาสร้างกราฟแท่งจะได้ดังรูปที่ 4.11 ซึ่งช่วยให้สังเกตได้ว่าน้ำผิวดินมีพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า อาทิ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ส่วนน้ำใต้ดินมีพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า อาทิ ของแข็งละลายทั้งหมด และความนำไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีการสอดคล้องกับธรรมชาติของแหล่งน้ำทั้งสองประเภท คือแหล่งน้ำผิวดินมีความขุ่น สี อุณหภูมิ และของแข็งแขวนลอยสูงกว่า โดยสีมักเป็นสีตามธรรมชาติที่เกิดจากใบไม้ สาหร่าย หรือสารอินทรีย์ในน้ำ และอาจมีค่าไนโตรเจนและแบคทีเรียจากของเสียของสิ่งมีชีวิต ส่วนน้ำใต้ดินมักมีความใส แต่มีแร่ธาตุละลายอยู่มาก โดยแสดงปริมาณให้เห็นในรูปของค่าของแข็งละลายทั้งหมดและความกระด้าง

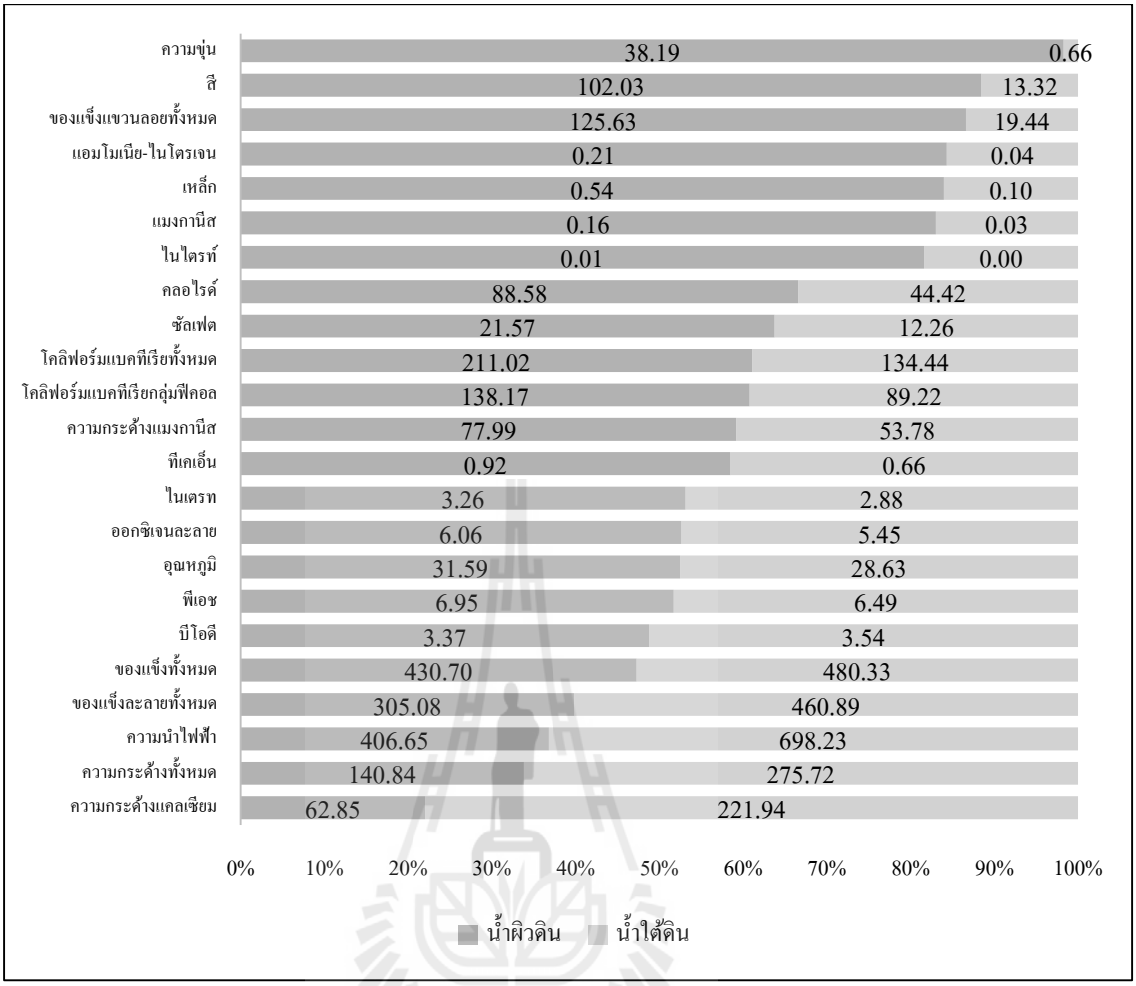
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน

พารามิเตอร์	หน่วย	ระบบประปาน้ำผิวดิน			ระบบประปาน้ำใต้ดิน			ผลต่างค่าเฉลี่ย	ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	32	6.06	1.72	9	5.45	2.09	0.61	0.377	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	32	31.59	2.49	9	28.63	1.59	2.97	0.002	แตกต่าง*
พีเอช	-	32	6.95	0.94	9	6.49	1.73	0.46	0.459	ไม่แตกต่าง
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	32	406.65	763.23	9	698.23	344.91	-291.58	0.275	ไม่แตกต่าง
สี	หน่วย Pt-Co	32	102.03	94.73	9	13.32	18.09	88.71	0.000	แตกต่าง*
ความขุ่น	NTU	32	38.19	94.49	9	0.66	0.32	37.52	0.245	ไม่แตกต่าง
บีโอดี	มก./ล.	32	3.37	1.85	9	3.54	1.82	-0.17	0.807	ไม่แตกต่าง
ไนไตรท์	มก./ล.	32	0.01	0.01	9	0.00	0.00	0.01	0.003	แตกต่าง*
ไนเตรท	มก./ล.	32	3.26	4.71	9	2.88	3.88	0.38	0.825	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	32	0.54	0.56	9	0.10	0.19	0.43	0.001	แตกต่าง*
แมงกานีส	มก./ล.	32	0.16	0.27	9	0.03	0.10	0.13	0.036	แตกต่าง*
ความกระด้างทั้งหมด	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	32	140.84	101.28	9	275.72	150.64	-134.88	0.030	แตกต่าง*
ความกระด้างแคลเซียม	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	32	62.85	67.71	9	221.94	146.84	-159.09	0.012	แตกต่าง*
ความกระด้างแมงกานีส	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	32	77.99	40.47	9	53.78	33.74	24.21	0.109	ไม่แตกต่าง
ซัลเฟต	มก./ล.	32	21.57	58.77	9	12.26	25.07	9.31	0.648	ไม่แตกต่าง
คลอไรด์	มก./ล. ในรูป Cl	32	88.58	145.54	9	44.42	34.87	44.16	0.126	ไม่แตกต่าง
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ล.	32	0.21	0.37	9	0.04	0.08	0.17	0.020	แตกต่าง*
ทีเคเอ็น	มก./ล.	32	0.92	1.39	9	0.66	0.94	0.27	0.591	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	32	430.70	714.03	9	480.33	191.46	-49.63	0.839	ไม่แตกต่าง
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	32	125.63	502.60	9	19.44	23.38	106.18	0.534	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	32	305.08	545.71	9	460.89	174.46	-155.81	0.407	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	32	211.02	236.42	9	134.44	193.92	76.57	0.380	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคอล	โคโลนี/100 มล.	32	138.17	206.86	9	89.22	187.14	48.95	0.526	ไม่แตกต่าง

หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.10 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน (1) สี (2) เหล็ก (3) ไนไตรท์ (4) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (5) ความกระด้างทั้งหมด และ (6) ความกระด้างแคลเซียม



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบจับคู่ (Paired t-Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_d = 0$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_d \neq 0$

โดย μ_d คือค่าเฉลี่ยของผลต่างของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำดิบในฤดูฝนและฤดูแล้งของแต่ละระบบประปา

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.5 โดยตัวอย่างที่ใช้เป็นของระบบประปาน้ำผิวดินซึ่งมีการเก็บตัวอย่างใน 2 ฤดู จำนวน 15 แห่ง แต่ละแห่งมีการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน 1 ตัวอย่าง และฤดูแล้ง 1 ตัวอย่าง ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าน้ำดิบในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 1 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ พีเอช ส่วนน้ำดิบในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 4 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ ฟลูออไรด์ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันบางส่วนได้ถูกคัดเลือกมานำเสนอเพิ่มเติมโดยใช้ Box Plot ดังรูปที่ 4.12 โดยเห็นได้ว่าแม้ค่าเฉลี่ยจะต่างกันแต่พีเอชและอุณหภูมิก็มีการกระจายของข้อมูลใกล้เคียงกันทั้งสองฤดู ส่วนแบคทีเรียมีการแจงแจงใกล้เคียงแบบ Log-normal และในฤดูแล้งมีการกระจายของข้อมูลมากกว่าในฤดูฝน

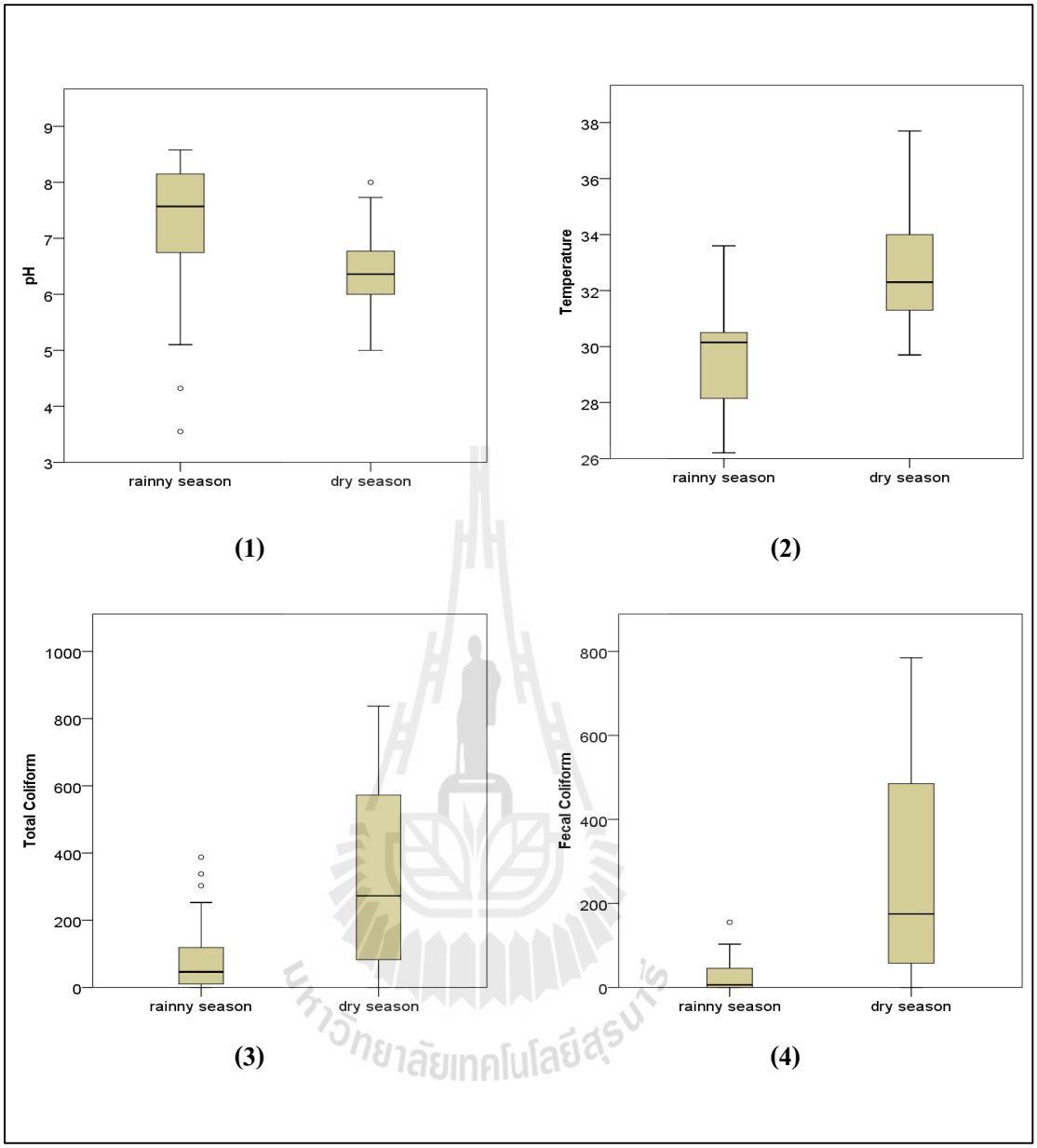
นอกจากนี้ รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์โดยใช้กราฟแท่งแสดงสัดส่วนร้อยละเพื่อสังเกตความแตกต่างระหว่างกลุ่มเพิ่มเติมจากผลการทดสอบสมมุติฐานดังที่กล่าวไปข้างต้น พบค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันเพิ่มเติมที่น่าสังเกต ได้แก่ ทีเคเอ็น บีโอดี ซัลเฟต และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ซึ่งข้อสังเกตที่สำคัญจากการเปรียบเทียบน่าจะอยู่ที่คุณภาพน้ำดิบในฤดูแล้งที่แสดงถึงการปนเปื้อนจากของเสียมากกว่า อาทิ แบคทีเรีย ซัลเฟต และของแข็งแขวนลอยในน้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแหล่งน้ำในฤดูแล้งมีสภาพปริมาณน้ำน้อยหรือไม่มีการไหลถ่ายเทจึงสะสมความสกปรกมากกว่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

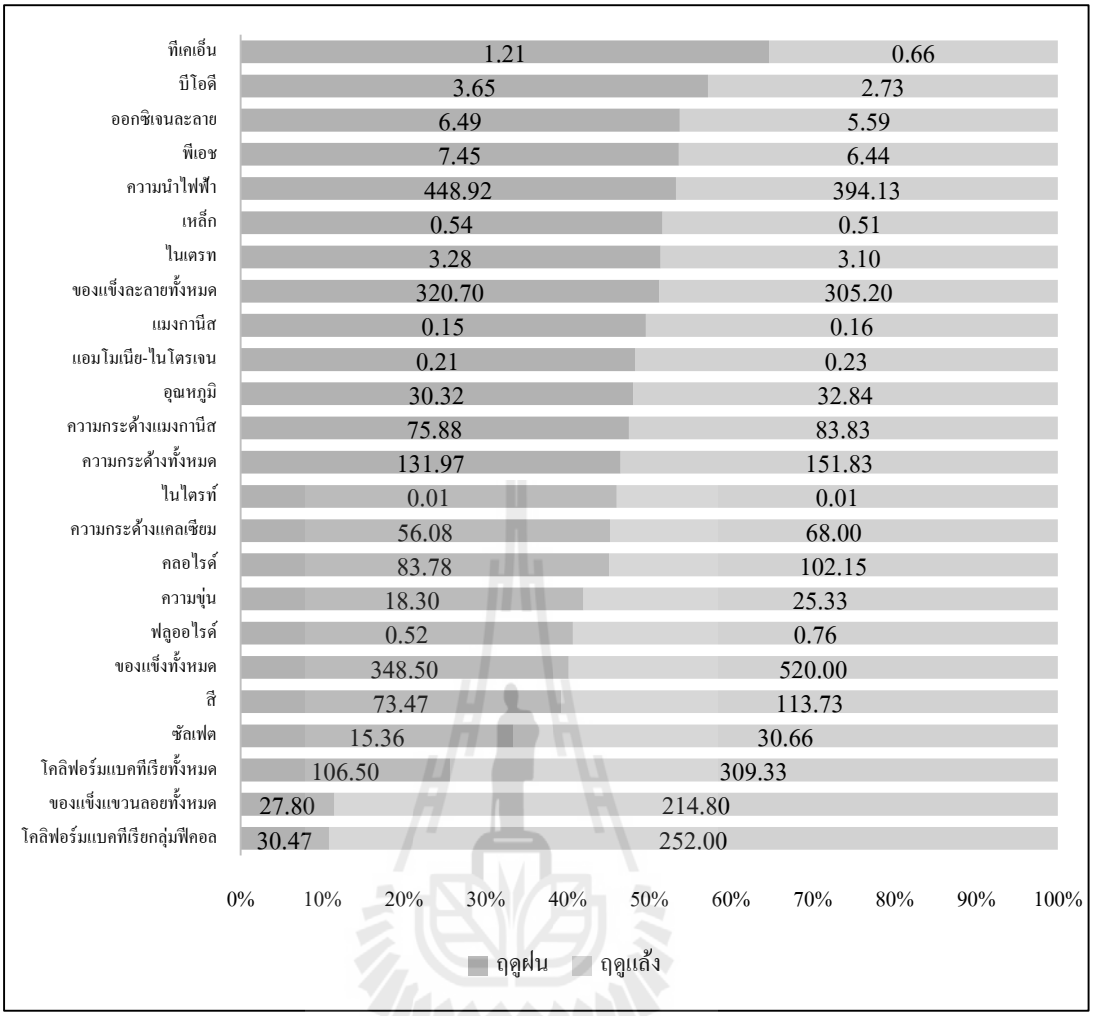
ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่างน้ำดิบในฤดูฝนกับน้ำดิบในฤดูแล้ง

พารามิเตอร์	หน่วย	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ผลต่างค่าเฉลี่ย	ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	15	6.49	2.00	15	5.59	1.22	0.904	0.119	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	15	30.32	1.30	15	32.84	2.38	-2.51667	0.001	แตกต่าง*
พีเอช	-	15	7.45	0.82	15	6.44	0.75	1.00333	0.005	แตกต่าง*
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	15	448.92	1037.47	15	394.13	451.77	54.787	0.847	ไม่แตกต่าง
สี	หน่วย Pt-Co	15	73.47	48.01	15	113.73	113.77	-40.26027	0.148	ไม่แตกต่าง
ความขุ่น	NTU	15	18.30	19.58	15	25.33	32.15	-7.029667	0.390	ไม่แตกต่าง
บีโอดี	มก./ล.	15	3.65	1.66	15	2.73	1.08	0.919	0.091	ไม่แตกต่าง
ไนไตรท์	มก./ล.	15	0.01	0.01	15	0.01	0.01	-0.001067	0.718	ไม่แตกต่าง
ไนเตรท	มก./ล.	15	3.28	6.04	15	3.10	3.26	0.17733	0.927	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	15	0.54	0.58	15	0.51	0.58	0.034	0.869	ไม่แตกต่าง
แมงกานีส	มก./ล.	15	0.15	0.24	15	0.16	0.31	-0.00267	0.975	ไม่แตกต่าง
ความกระด้างทั้งหมด	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	15	131.97	116.07	15	151.83	94.36	-19.867	0.182	ไม่แตกต่าง
ความกระด้างแคลเซียม	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	15	56.08	69.97	15	68.00	71.80	-11.917	0.267	ไม่แตกต่าง
ความกระด้างแมงกานีส	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	15	75.88	51.65	15	83.83	26.01	-7.95	0.467	ไม่แตกต่าง
ซัลเฟต	มก./ล.	15	15.36	37.15	15	30.66	77.92	-15.29973	0.286	ไม่แตกต่าง
คลอไรด์	มก./ล. ในรูป Cl	15	83.78	136.65	15	102.15	165.46	-18.368	0.304	ไม่แตกต่าง
ฟลูออไรด์	มก./ล.	15	0.52	0.14	15	0.76	0.20	-0.24	0.000	แตกต่าง*
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ล.	15	0.21	0.26	15	0.23	0.47	-0.01547	0.913	ไม่แตกต่าง
ทีเคเอ็น	มก./ล.	15	1.21	1.83	15	0.66	0.88	0.55107	0.379	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	15	348.50	654.16	15	520.00	822.81	-171.5	0.375	ไม่แตกต่าง
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	15	27.80	20.89	15	214.80	732.03	-187	0.337	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	15	320.70	648.50	15	305.20	485.65	15.5	0.776	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	15	106.50	138.79	15	309.33	274.83	-202.833	0.021	แตกต่าง*
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล	โคโลนี/100 มล.	15	30.47	45.61	15	252.00	255.65	-221.533	0.006	แตกต่าง*

หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.12 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง
(1) พีเอช (2) อุณหภูมิ (3) โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และ (4) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง

4.1.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างจังหวัด

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบระหว่างจังหวัดที่ศึกษาทั้ง 4 จังหวัด ทำการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร มากกว่า 2 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_N = \mu_C = \mu_B = \mu_S$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ โดย $i \neq j$

โดย μ_N , μ_C , μ_B และ μ_S คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.6 โดยเป็นการวิเคราะห์ของระบบประปาน้ำผิวดินเท่านั้น เนื่องจากระบบประปาบาดาลมีจำนวนตัวอย่างต่อจังหวัดไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ จำนวนตัวอย่างซึ่งรวมทั้ง 2 ฤดู ของระบบประปาน้ำผิวดิน จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัด

บุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เท่ากับ 8, 6, 10, และ 8 ตัวอย่าง ตามลำดับ ผลการทดสอบทางสถิติพบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 คู่จังหวัด จำนวน 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความกระด้างทั้งหมด ความกระด้างแคลเซียม คลอไรด์ ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด ส่วนพารามิเตอร์อื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างระหว่างจังหวัดที่ศึกษาทั้ง 4 จังหวัด

เมื่อนำทั้ง 5 พารามิเตอร์ดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงซ้อนเพื่อหาคู่ของจังหวัดที่มีความแตกต่างกัน โดยใช้การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Multiple Comparison) และเลือกใช้วิธีเปรียบเทียบแบบ Least-Significant Different (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้คู่จังหวัดที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และสรุปประเด็นสำคัญบางส่วนได้ดังต่อไปนี้

- ความกระด้างทั้งหมดและความกระด้างแคลเซียมในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาสูงกว่าจังหวัดบุรีรัมย์
- ความกระด้างทั้งหมดและความกระด้างแคลเซียมในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดชัยภูมิสูงกว่าอีก 2 จังหวัด คือ บุรีรัมย์และสุรินทร์
- คลอไรด์ในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมามีค่าสูงกว่าอีก 2 จังหวัด ได้แก่ บุรีรัมย์และชัยภูมิ
- ของแข็งในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดชัยภูมิมีค่าสูงกว่าทุกจังหวัด

ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันบางส่วนได้ถูกคัดเลือกมานำเสนอเพิ่มเติมโดยใช้ Box Plot ดังรูปที่ 4.14 โดยเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ของจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์มีการกระจายของข้อมูลน้อยและขนาดการกระจายใกล้เคียงกัน ในขณะที่ข้อมูลของจังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิมีช่วงค่ากว้างกว่า โดยจังหวัดชัยภูมิมีความแปรปรวนของค่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งละลายทั้งหมดสูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ มาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา

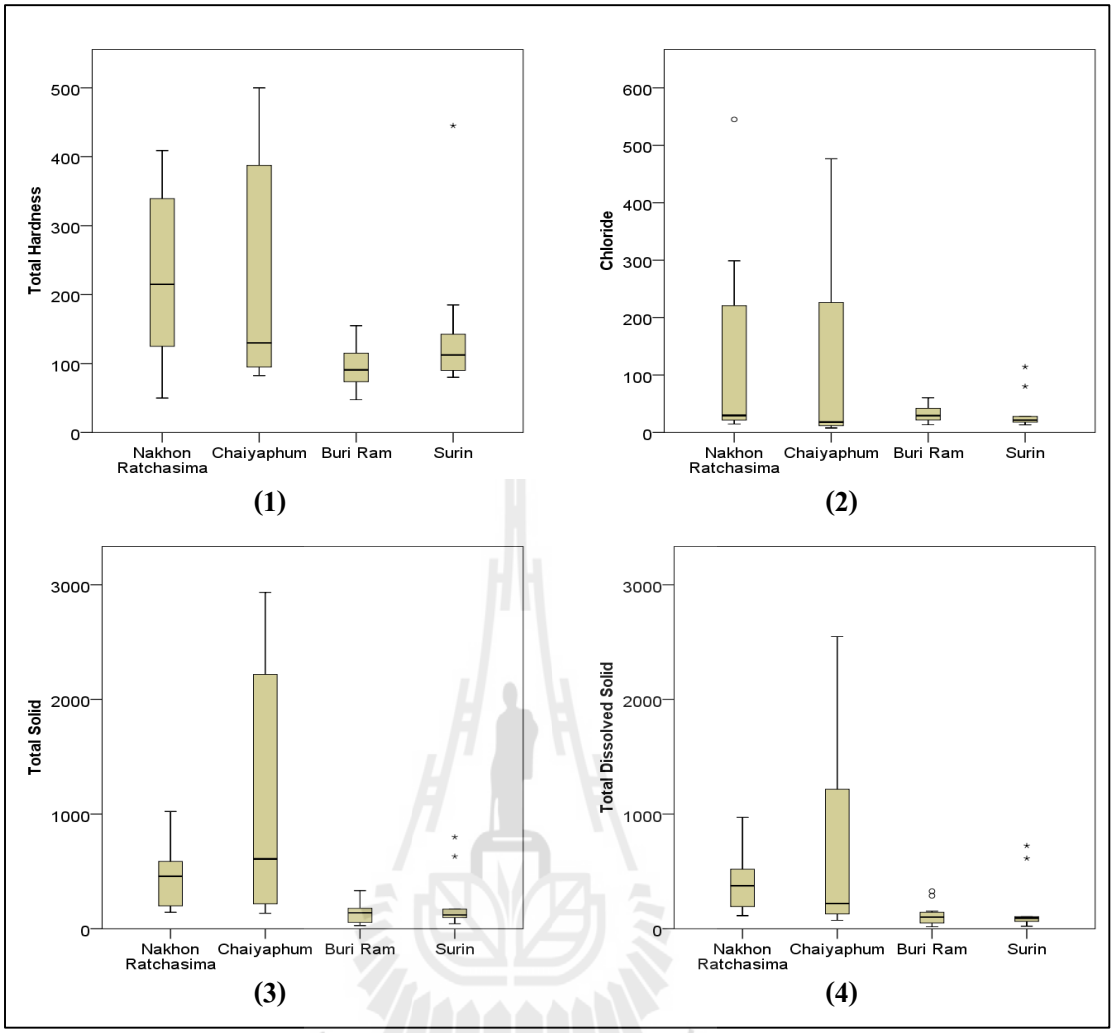
พารามิเตอร์	หน่วย	นครราชสีมา		ชัยภูมิ		บุรีรัมย์		สุรินทร์		ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	5.41	1.66	6.02	1.63	5.68	1.51	7.22	1.81	0.151	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	30.66	3.08	31.65	1.94	32.17	2.32	31.76	2.59	0.654	ไม่แตกต่าง
พีเอช	-	7.07	0.97	6.54	0.87	6.78	1.02	7.37	0.82	0.369	ไม่แตกต่าง
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	626.88	545.08	853.83	1592.67	202.52	245.89	106.20	58.99	0.198	ไม่แตกต่าง
สี	หน่วย Pt-Co	114.74	95.15	55.08	24.65	137.09	126.56	80.71	72.85	0.347	ไม่แตกต่าง
ความขุ่น	NTU	79.80	184.84	21.28	23.60	31.23	38.16	17.95	18.50	0.559	ไม่แตกต่าง
บีโอดี	มก./ล.	4.56	2.39	3.06	1.20	3.28	1.90	2.55	1.13	0.163	ไม่แตกต่าง
ไนไตรท์	มก./ล.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.203	ไม่แตกต่าง
ไนเตรท	มก./ล.	2.74	2.40	2.20	0.77	4.32	7.26	3.25	4.62	0.839	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	0.27	0.38	0.63	0.85	0.83	0.58	0.36	0.22	0.131	ไม่แตกต่าง
แมงกานีส	มก./ล.	0.11	0.17	0.18	0.28	0.28	0.38	0.03	0.09	0.254	ไม่แตกต่าง
ความกระด้างทั้งหมด	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	184.13	87.15	216.67	183.42	88.15	26.33	106.56	23.14	0.029	แตกต่าง*
ความกระด้างแคลเซียม	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	99.53	54.02	116.25	117.89	26.50	12.97	31.56	16.03	0.007	แตกต่าง*
ความกระด้างแมงกานีส	มก./ล. ในรูป $CaCO_3$	84.59	48.08	100.42	66.89	61.65	22.50	75.00	14.88	0.302	ไม่แตกต่าง
ซัลเฟต	มก./ล.	0.16	0.47	61.96	99.51	27.03	67.74	5.85	8.74	0.210	ไม่แตกต่าง
คลอไรด์	มก./ล. ในรูป Cl	178.59	183.50	161.36	222.95	27.88	10.37	19.85	5.22	0.035	แตกต่าง*
ฟลูออไรด์	มก./ล.	0.65	0.10	0.67	0.24	0.61	0.24	0.64	0.24	0.945	ไม่แตกต่าง
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ล.	0.10	0.23	0.18	0.28	0.15	0.21	0.43	0.60	0.288	ไม่แตกต่าง
ทีเคเอ็น	มก./ล.	1.52	2.31	0.93	1.26	0.62	0.96	0.70	0.61	0.565	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	490.38	321.50	1323.17	1291.52	103.00	59.45	111.31	41.61	0.001	แตกต่าง*
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	65.13	116.30	501.17	1155.69	20.60	17.48	35.75	26.89	0.251	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	425.25	315.07	822.00	1083.97	82.40	46.05	75.56	31.35	0.023	แตกต่าง*
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	179.69	291.56	106.25	158.70	287.00	194.00	225.94	277.71	0.517	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล	โคโลนี/100 มล.	109.25	230.10	73.33	126.37	171.10	192.42	174.56	264.46	0.760	ไม่แตกต่าง

หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของคุณลักษณะน้ำดิบ ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา

พารามิเตอร์	จังหวัด I	จังหวัด J	ค่าเฉลี่ยจังหวัด I-J	ค่า P-value
ความกระด้างทั้งหมด (มก./ล. ในรูป $CaCO_3$)	นครราชสีมา	บุรีรัมย์	95.98	0.034
	ชัยภูมิ	บุรีรัมย์	128.52	0.011
	ชัยภูมิ	สุรินทร์	110.10	0.033
ความกระด้างแคลเซียม (มก./ล. ในรูป $CaCO_3$)	นครราชสีมา	บุรีรัมย์	73.03	0.013
	นครราชสีมา	สุรินทร์	67.97	0.026
	ชัยภูมิ	บุรีรัมย์	89.75	0.005
	ชัยภูมิ	สุรินทร์	84.69	0.011
คลอไรด์ (มก./ล. ในรูป Cl)	นครราชสีมา	บุรีรัมย์	150.71	0.023
	นครราชสีมา	สุรินทร์	158.74	0.023
ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)	ชัยภูมิ	นครราชสีมา	832.79	0.012
	ชัยภูมิ	บุรีรัมย์	1220.17	0.000
	ชัยภูมิ	สุรินทร์	1211.85	0.001
ของแข็งละลายทั้งหมด (มก./ล.)	ชัยภูมิ	บุรีรัมย์	739.60	0.006
	ชัยภูมิ	สุรินทร์	746.44	0.008

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.14 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำดิบ ระหว่าง 4 จังหวัด
(1) ความกระด้างทั้งหมด (2) คลอไรด์ (3) ของแข็งทั้งหมด และ (4) ของแข็งละลายทั้งหมด

4.1.5 สรุปผลคุณภาพแหล่งน้ำดิบ

1. แหล่งน้ำผิวดินที่ทำการศึกษาจำนวน 16 แห่ง พบว่า มีค่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานค่อนข้างสูง ได้แก่ แอมโมเนีย ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม ส่วนแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการศึกษาจำนวน 8 แห่งในช่วงฤดูฝนและ 1 แห่งในช่วงฤดูแล้ง พบว่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ ค่าความกระด้าง ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม

2. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินและและแหล่งน้ำบาดาล พบว่าแหล่งน้ำผิวดินมีพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ส่วนน้ำบาดาลมีพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ได้แก่ ของแข็งละลายน้ำและค่าการนำไฟฟ้า และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 4 พารามิเตอร์สูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ฤดูฝนมีเพียง 1 พารามิเตอร์

3. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 4 จังหวัด พบว่า ความกระด้างทั้งหมดและความกระด้างแคลเซียมในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาสูงกว่าจังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดชัยภูมิสูงกว่าอีก 2 จังหวัด คือ บุรีรัมย์และสุรินทร์ ค่าคลอไรด์ในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมามีค่าสูงกว่าอีก 2 จังหวัด ได้แก่ บุรีรัมย์และชัยภูมิ และค่าของแข็งในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดชัยภูมิมีค่าสูงกว่าทุกจังหวัด

4.2 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่าย

ผลการสำรวจคุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน จำนวน 16 แห่ง และระบบประปาน้ำบาดาล จำนวน 1 แห่ง โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายระบบประปา ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ผลการศึกษามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

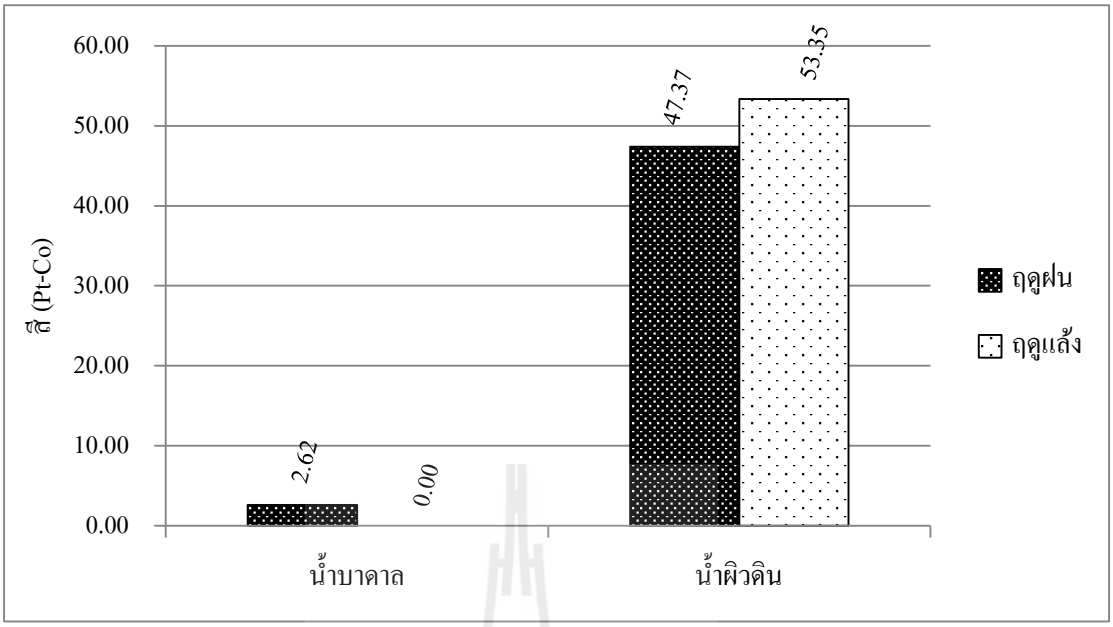
ลักษณะทางกายภาพที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ, สี และความขุ่น ผลการศึกษาโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ง ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งเท่ากับ 29.30 และ 31.78 ^{o}C ตามลำดับ และจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาน้ำบาดาลช่วงฤดูฝนเท่ากับ 28.80 ^{o}C ค่าเฉลี่ยสีของน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 47.37 และ 53.35 Pt-Co ตามลำดับ และจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝน เท่ากับ 2.62 Pt-Co จากรูปที่ 4.15 น้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาผิวดินจะมีค่าสีสูงกว่าจากระบบประปาน้ำบาดาลมาก และมีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง จากผลการสำรวจพบว่ามีตัวอย่างน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาผิวดินที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 75 ในช่วงฤดูฝน และ 56.25 ในช่วงฤดูแล้ง ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงกำหนดค่าสีอยู่ที่ 5 และอนุโลมให้สูงสุดที่ 15 หน่วยสี ส่วนตัวอย่างน้ำประปาจากระบบประปาน้ำบาดาลพบว่ามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งเท่ากับ 40.33 และ 23.78 NTU ตามลำดับ และจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 0.54 NTU จากรูปที่ 4.16 น้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาผิวดินจะมีค่าเฉลี่ยความขุ่นสูงกว่าจากระบบประปาน้ำบาดาลมาก โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนจะมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง จากผลการสำรวจพบว่ามีตัวอย่างน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาผิวดินที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 12.5 ในช่วงฤดูฝน และ 6.25 ในช่วงฤดูแล้ง ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง กำหนดค่าความขุ่นอยู่ที่ 5 และอนุโลมให้สูงสุดที่ 20 หน่วยความขุ่น จากข้อมูลพบว่าในช่วงฤดูแล้ง มีเพียง 1 ตัวอย่าง ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน พบว่ามีค่าความขุ่นเท่ากับ 518.67 NTU นอกนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากในระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างน้ำของระบบประปาแห่งนั้นมีปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำดิบมีเหลือน้อยมาก เมื่อสูบมาทำน้ำประปาทำให้น้ำดิบซึ่งมีความขุ่นสูง เมื่อผ่านระบบการผลิตประปาจึงทำให้มีปัญหาค่าความขุ่นสูงตามไปด้วย ส่วนในน้ำบาดาลมีค่าความขุ่นค่อนข้างต่ำมาก เนื่องจากคุณภาพน้ำดิบของน้ำบาดาลมีความขุ่นค่อนข้างต่ำมาก เมื่อนำมาผลิตน้ำประปาจึงไม่เกิดปัญหาเรื่องค่าความขุ่น

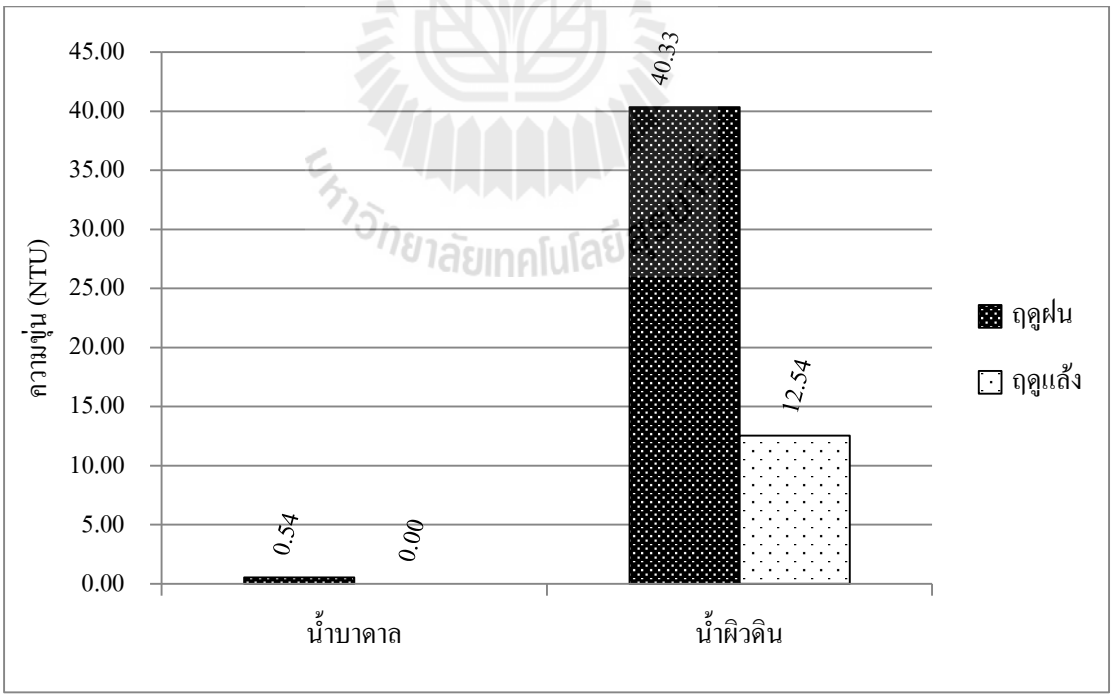
ตารางที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของน้ำจากสถานีสูบจ่าย

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
อุณหภูมิ (°C)	-	28.80	-	-	-	-	26.49 - 33.30	29.30	1.43	29.60-34.90	31.78	1.80	-
สี (Pt-Co)	-	2.62	-	-	-	-	2.62 - 175.95	47.37	44.02	0-298.33	53.35	85.93	15
ความขุ่น (NTU)	-	0.54	-	-	-	-	2.01 - 518.67	40.33	132.43	0.79-92.87	12.54	23.78	20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบค่าสีของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าความขุ่นของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.2.2 ลักษณะน้ำทางเคมี

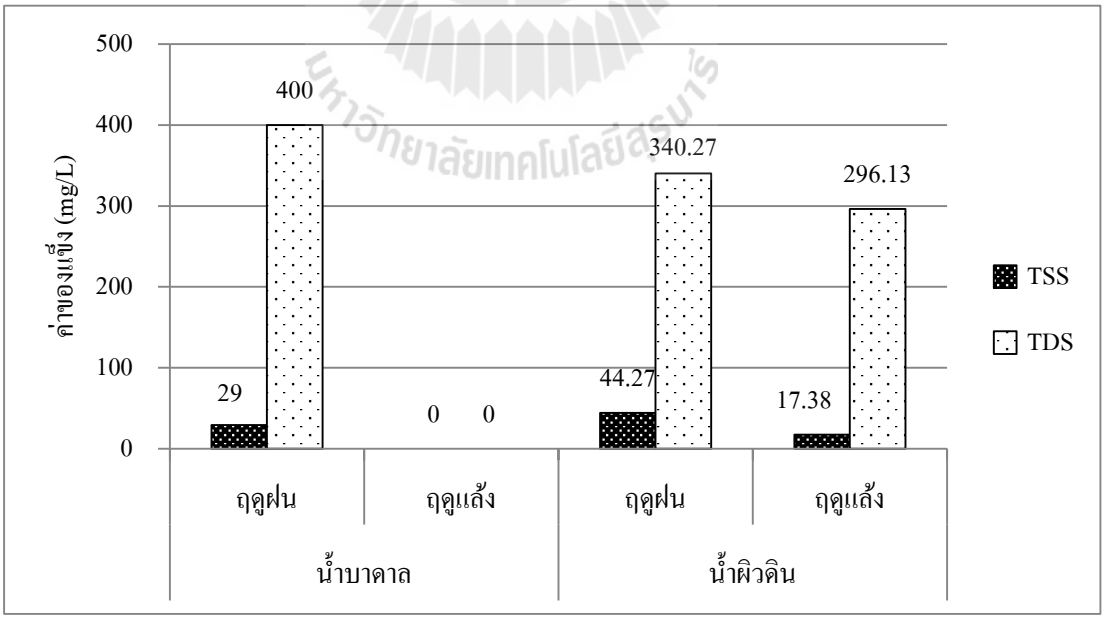
ลักษณะน้ำทางเคมีที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ลักษณะน้ำทางเคมีที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าของแข็ง TKN ammonia ไนไตรท์ และ ไนเตรท และสารอื่น ๆ รวมทั้งค่าคลอรีน ผลการศึกษาโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก จ ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 4.9

4.2.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า

จากผลการสำรวจจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำประปาจากระบบประปาทั้ง 2 แบบ มีค่าไม่แตกต่างกันมากและมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าการนำไฟฟ้าพบว่าน้ำประปาจากระบบน้ำบาดาลมีค่าสูงกว่าน้ำประปาจากระบบประปาน้ำผิวดินประมาณ 2 เท่า

4.2.2.2 ค่าของแข็ง

จากผลการสำรวจพบว่า มีค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำของน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง เท่ากับ 340.27 และ 296.12 มก./ล. ตามลำดับ และจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาน้ำบาดาลช่วงฤดูฝน เท่ากับ 400 มก./ล. จากรูปที่ 4.17 น้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาน้ำบาดาลจะมีค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำสูงกว่าจากระบบประปาน้ำผิวดิน และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 กำหนดค่าของแข็งละลายน้ำ เท่ากับ 600 มก./ล. พบว่ามีตัวอย่างน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายระบบประปาผิวดินที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 12.5 ทั้งในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง



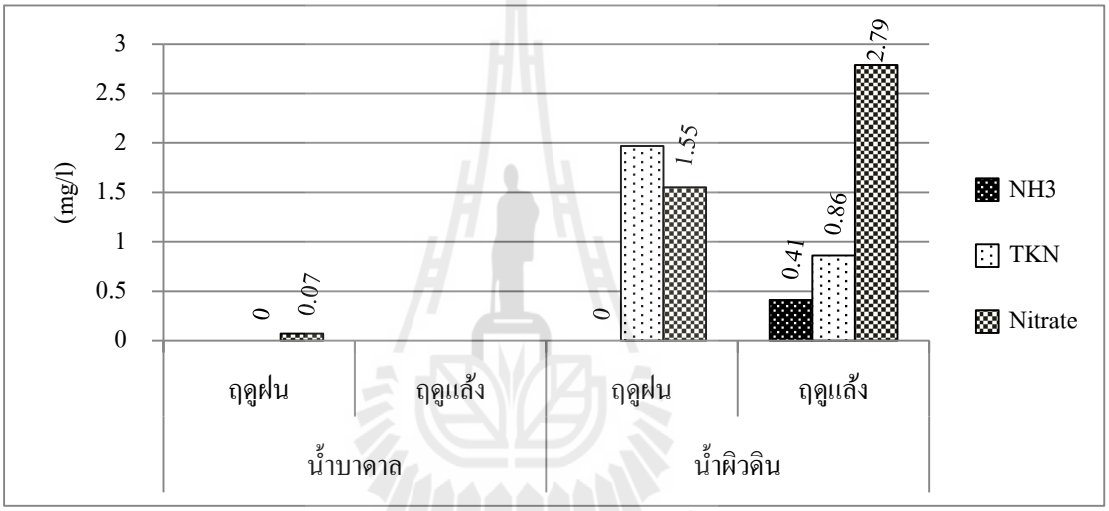
รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบค่าของแข็งของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

ตารางที่ 4.9 ลักษณะทางเคมีของของน้ำจากสถานีสูบจ่าย

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
pH	-	6.74	-	-	-	-	5.35-8..22	7.40	0.86	5.00-7.75	6.29	0.68	6.5-9.2
DO (mg/L)	-	8.90	-	-	-	-	3.20-8.72	6.00	1.75	3.85-7.35	5.07	0.92	-
Conductivity (µs/cm)	-	1,030	-	-	-	-	63.40-3,200	434.43	807.06	75.00-1,850	397.63	470.23	-
TS (mg/L)	-	429	-	-	-	-	65-2,624	384.53	663.76	55-1,826	313.50	473.13	1,500
TSS (mg/L)	-	29	-	-	-	-	3.00-395.00	44.27	98.11	2-94	17.37	22.58	-
TDS (mg/L)	-	400	-	-	-	-	42.00–2,564	340.27	653.77	52-1,810	296.12	472.16	-
ไนไตรท์ (mg/L)	-	0	-	-	-	-	0.00-0.04	0.01	0.01	0-0.03	0.01	0.01	-
ไนเตรท (mg/L)	-	0.07	-	-	-	-	0.21-2.90	1.55	0.87	0.13-10.34	2.79	2.49	45
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/L)	-	0	-	-	-	-	0.00-0.28	0.11	0.13	0-2.77	0.41	0.78	-
TKN (mg/L)	-	0	-	-	-	-	0.00-9.68	1.97	2.50	0-4.03	0.86	1.25	-
เหล็ก (mg/L)	-	0.06	-	-	-	-	0.00-1.07	0.36	0.30	0.07-1.52	0.42	0.42	1.0
แมงกานีส (mg/L)	-	0	-	-	-	-	0.00-0.76	0.10	0.24	0-0.77	0.18	0.26	0.5
ฟลูออไรด์ (mg/L)	-	0.54	-	-	-	-	0.28 - 0.89	0.55	0.16	0.45-1.10	0.81	0.16	1.0
คลอรีนตกค้าง (mg/L)	-	-	-	-	-	-	ไม่มีการเติม - <0.50	-	-	0.00-0.20	-	-	-

4.2.2.3 ทีเคเอ็น แอมโมเนีย ไนไตรท์ และ ไนเตรท

ผลการสำรวจค่าความเข้มข้นไนเตรทในแหล่งน้ำดิบ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.9 พบว่าแหล่งน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทเท่ากับ 1.55 มก./ล. ในช่วงฤดูฝน และ 2.79 มก./ล. ในช่วงฤดูแล้ง ส่วนแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเท่ากับ 0.07 มก./ล. ในช่วงฤดูฝน ตัวอย่างแหล่งน้ำทั้งหมดที่ทำการสำรวจผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวง กำหนดไว้ที่ 45 มก./ล. จากรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่ารูปของไนโตรเจนในน้ำประปาส่วนใหญ่พบในรูปของไนเตรท ไนโตรเจน และค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ พบในช่วงฤดูฝนสูงกว่าในฤดูแล้ง และมีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในระบบประปาของน้ำผิวดินมากกว่าระบบประปาของน้ำบาดาล



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าไนโตรเจนของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.2.2.4 สารอื่น ๆ

1) เหล็ก และ แมงกานีส

ผลการสำรวจคุณภาพน้ำประปาจากจุดสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดิน พบว่า มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเหล็กในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 0.36 และ 0.42 มก./ล. ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำประปาที่จุดสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดินช่วงฤดูฝน และช่วงฤดูแล้ง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวง ร้อยละ 6.25 และ 12.5 ตามลำดับที่กำหนดค่าความเข้มข้นเหล็กที่ 0.5 มก./ล. (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 1.0 มก./ล.) และค่าความเข้มข้นเหล็กฤดูฝนของระบบประปาน้ำบาดาล เท่ากับ 0.06 มก./ล. ผลสำรวจคุณภาพน้ำประปาจากจุดสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดิน มีค่าความเข้มข้นแมงกานีส ช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง เท่ากับ 0.10 และ 0.18 มก./ล.

ตามลำดับ และมีตัวอย่างน้ำประปาที่จุดสูบจ่ายของระบบประปาผิวดินช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ร้อยละ 12.5 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวง ที่กำหนดค่าความเข้มข้นแมงกานีสที่ 0.3 มก./ล. (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 0.5 มก./ล.) ระหว่างช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งของระบบประปาแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าในฤดูแล้งมีความเข้มข้นสูงมากกว่าในช่วงฤดูฝนมาก

2) ฟลูออไรด์

ผลการสำรวจปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาผิวดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 0.55 และ 0.81 มก./ล. ตามลำดับ และระบบประปาน้ำบาดาลทำการตรวจเฉพาะในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.54 มก./ล. จากการสำรวจพบว่า น้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูแล้งร้อยละ 12.5 มีค่าเกิน 1.0 มก./ล. กำหนดค่าความเข้มข้นฟลูออไรด์ ที่ 0.7 มก./ล. (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 1.0 มก./ล.) สำหรับแหล่งน้ำประปาตามเกณฑ์มาตรฐานการประปานครหลวง และพบว่าในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าในช่วงฤดูฝน

4.2.2.5 คลอรีนตกค้าง

ผลการสำรวจค่าคลอรีนตกค้างในน้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน เปรียบเทียบกับระบบประปาน้ำบาดาล พบว่า ระบบประปาน้ำบาดาล ไม่มีขั้นตอนการเติมคลอรีน ณ จุดสูบจ่าย ดังนั้น จึงไม่มีการตรวจค่าคลอรีนตกค้างของน้ำประปาสำหรับระบบประปาน้ำบาดาล ส่วนค่าคลอรีนตกค้างในน้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดิน ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ พบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.20 มก./ล. ในฤดูฝน และ อยู่ในช่วง 0.0-0.20 มก./ล. ในช่วงฤดูแล้ง จะเห็นได้ว่าค่าคลอรีนตกค้างของน้ำประปามีค่าค่อนข้างต่ำ ณ จุดสูบจ่ายที่ระบบประปา ตามเกณฑ์ควรอยู่ในช่วง 0.50 มก./ล.

4.2.3 ลักษณะทางชีวภาพ

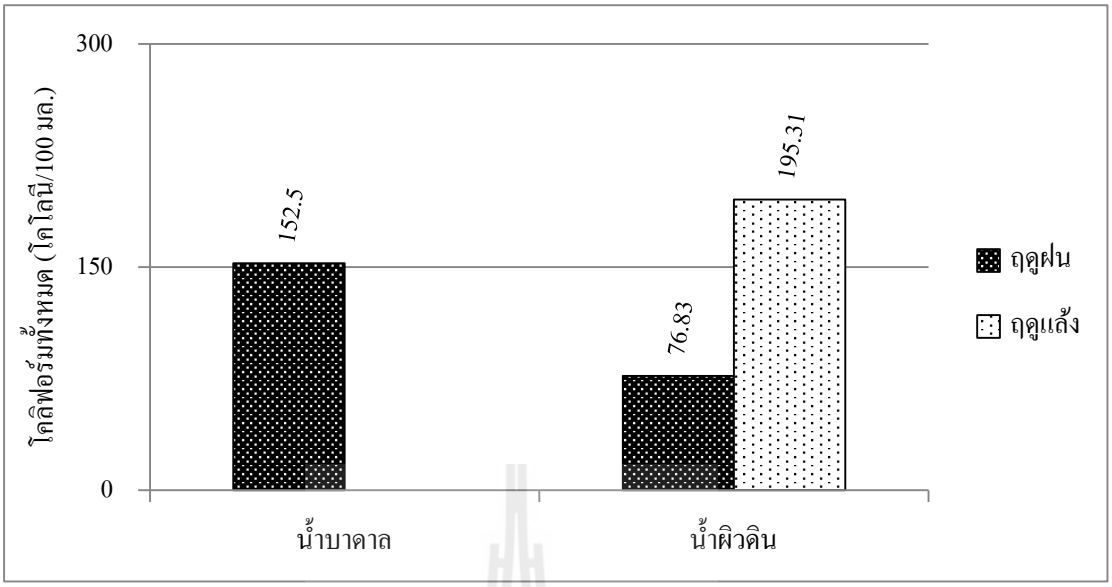
4.2.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

ผลสำรวจลักษณะน้ำทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าน้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน มีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมด ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 76.83 และ 195.31 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าฤดูฝน (รูปที่ 4.19) ตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินที่ทำการสำรวจทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50.0 ในช่วงฤดูฝน และร้อยละ 81.25 ในช่วงฤดูแล้ง มาตรฐานแหล่งน้ำดิบของการประปานครหลวง กำหนดค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้อยกว่า 2.2 โคโลนี/100 มล. ส่วนน้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมด ในช่วงฤดูฝน เท่ากับ 152 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่ผ่านมาตรฐานและมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภคมาก สอดคล้องกับข้อมูลคลอรีนตกค้างซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากขั้นตอนในการผลิตน้ำประปาของระบบประปาน้ำบาดาลไม่มีขั้นตอนการเติมคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค

ตารางที่ 4.10 ลักษณะทางชีวภาพของน้ำจากสถานีสูบจ่าย

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/100 มล.)	-	152	-	-	-	-	0-300.00	76.83	121.25	0-672.50	195.31	220.29	<2.2
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/100 มล.)	-	55	-	-	-	-	0-154.00	27.80	46.81	0-647.50	158.75	209.27	ไม่มี

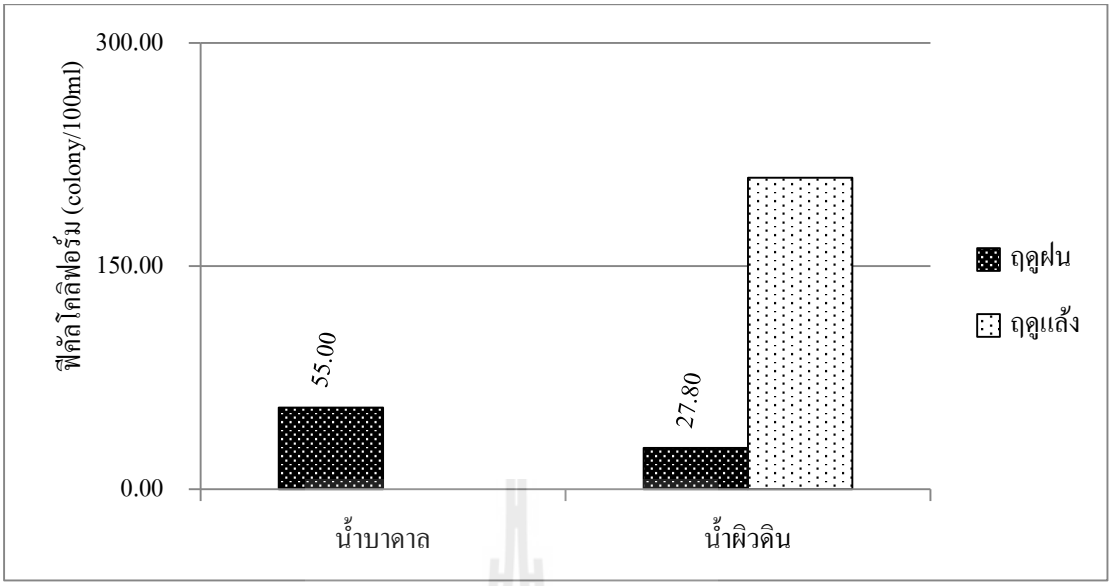
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบค่าโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.2.3.2 ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)

ผลสำรวจลักษณะน้ำทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่า น้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน มีค่าเฉลี่ยฟีคัลโคลิฟอร์มในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ 27.80 และ 158.75 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าฤดูฝน (รูปที่ 4.20) ตัวอย่างน้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาน้ำผิวดินที่ทำการสำรวจทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 43.75 ในช่วงฤดูฝน และร้อยละ 75.0 ในช่วงฤดูแล้ง มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวงและมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภคต้องตรวจไม่พบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ส่วนน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมดในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 55.0 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก ผลจากการสำรวจพบน้ำประปาจากระบบประปาน้ำผิวดินจะมีค่าฟีคัลโคลิฟอร์มสูงกว่าของระบบประปาน้ำบาดาล



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำจากสถานีสูบจ่ายระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา

4.2.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างช่วงฤดูฝนกับฤดูแล้ง ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบจับคู่ (Paired t-Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_d = 0$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_d \neq 0$

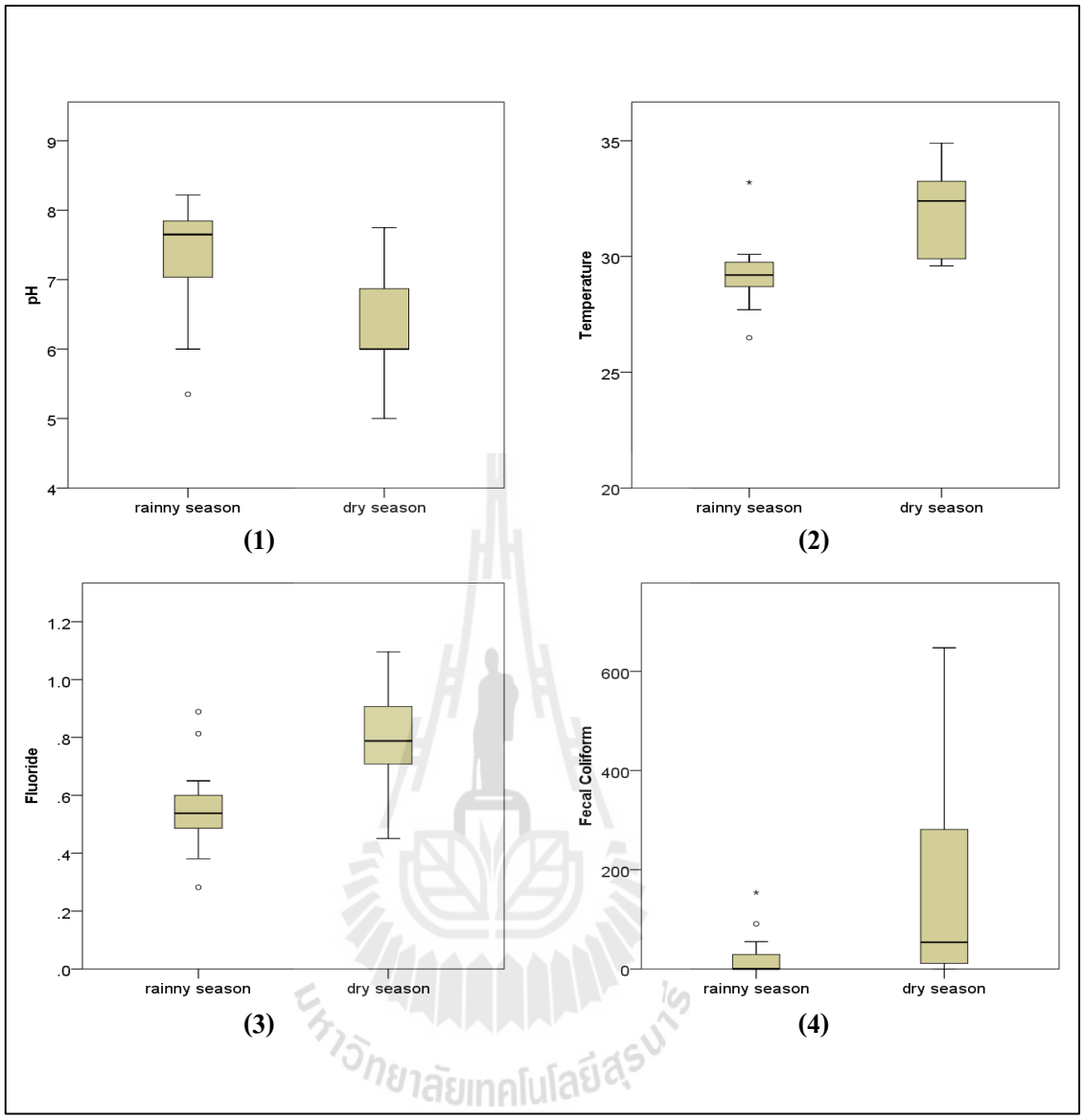
โดย μ_d คือค่าเฉลี่ยของผลต่างของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาในฤดูฝนและฤดูแล้งของแต่ละระบบประปา

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.11 โดยตัวอย่างที่ใช้เป็นของระบบประปาน้ำผิวดินซึ่งมีการเก็บตัวอย่างใน 2 ฤดู จำนวน 13 แห่ง แต่ละแห่งมีการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน 1 ตัวอย่าง และฤดูแล้ง 1 ตัวอย่าง ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 1 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ พีเอช ส่วนฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ ฟลูออไรด์ และโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งผลดังกล่าวใกล้เคียงกับผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบ และแสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ที่มีค่าสูงในน้ำดิบอาจส่งผลสืบเนื่องมาถึงค่าในน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาหลังการผลิต โดยเฉพาะโคลิฟอร์มแบคทีเรียในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันทั้ง 4 ตัวได้นำเสนอเพิ่มเติมโดยใช้ Box Plot ดังรูปที่ 4.21 โดยเห็นได้ว่าการกระจายของข้อมูลไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง

พารามิเตอร์	หน่วย	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ผลต่างค่าเฉลี่ย	ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	13	5.93	1.70	13	5.13	1.01	0.80	0.190	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	13	29.43	1.47	13	31.36	1.75	-1.93	0.016	แตกต่าง*
พีเอช	-	13	7.31	0.90	13	6.22	0.70	1.10	0.000	แตกต่าง*
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	13	482.10	861.06	13	451.46	507.99	30.64	0.905	ไม่แตกต่าง
สี	หน่วย Pt-Co	13	38.51	27.98	13	39.87	61.42	-1.36	0.924	ไม่แตกต่าง
ความขุ่น	NTU	13	6.44	5.59	13	7.58	11.38	-1.14	0.676	ไม่แตกต่าง
ไนไตรท์	มก./ล.	13	0.01	0.01	13	0.01	0.01	0.00	0.830	ไม่แตกต่าง
ไนเตรท	มก./ล.	13	1.47	0.90	13	2.70	2.61	-1.24	0.104	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	13	0.32	0.24	13	0.35	0.40	-0.03	0.774	ไม่แตกต่าง
แมงกานีส	มก./ล.	13	0.11	0.26	13	0.16	0.28	-0.04	0.715	ไม่แตกต่าง
ฟลูออไรด์	มก./ล.	13	0.55	0.17	13	0.79	0.15	-0.24	0.000	แตกต่าง*
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ล.	13	0.10	0.13	13	0.47	0.86	-0.37	0.129	ไม่แตกต่าง
ทีเคเอ็น	มก./ล.	13	1.53	1.33	13	0.75	1.31	0.78	0.250	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	13	394.77	709.89	13	355.31	518.61	39.46	0.557	ไม่แตกต่าง
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	13	19.85	15.52	13	12.38	10.17	7.46	0.183	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	13	374.92	698.99	13	342.92	515.42	32.00	0.614	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	13	68.65	120.02	13	179.62	195.57	-110.96	0.076	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล	โคโลนี/100 มล.	13	24.15	46.79	13	138.85	179.24	-114.69	0.040	แตกต่าง*

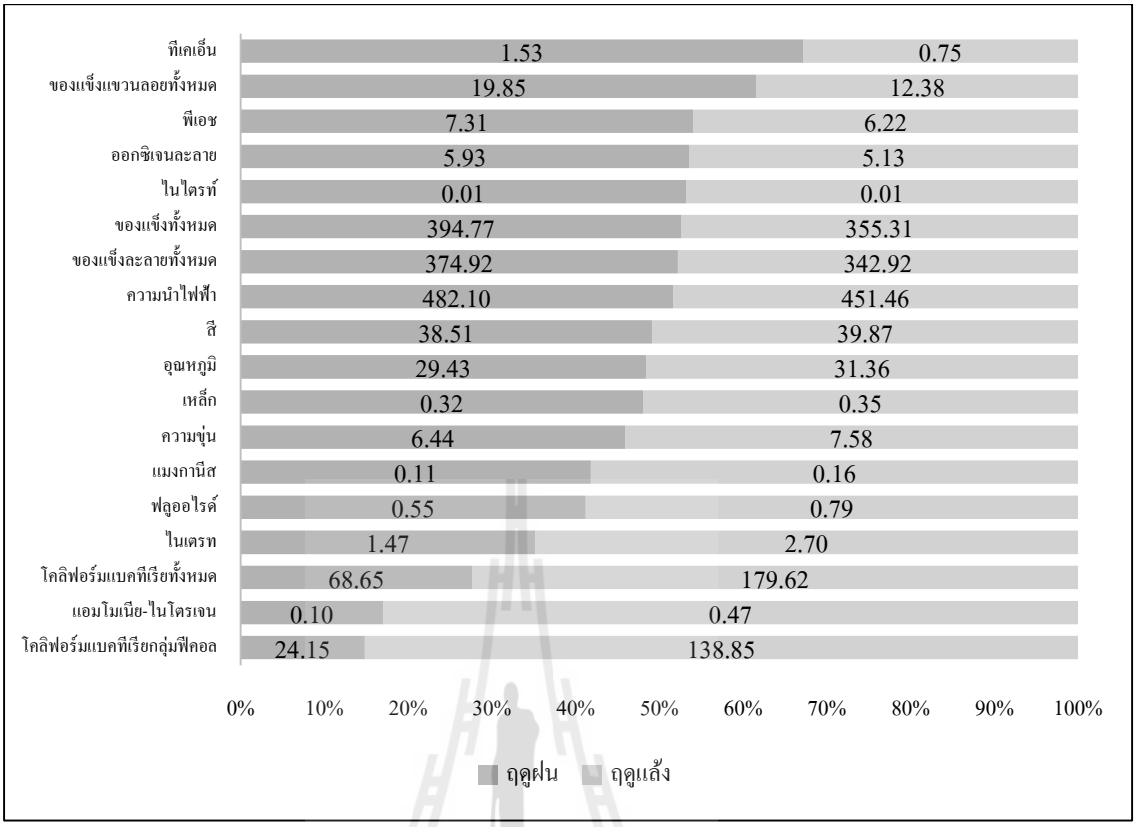
หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.21 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่ออกจากโรงประปาระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง (1) พีเอช (2) อุณหภูมิ (3) ฟลูออไรด์ และ (4) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

มากนักระหว่าง 2 ฤดู ยกเว้นโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม ในฤดูแล้งมีการกระจายของข้อมูลมากกว่าในฤดูฝน และรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบเบ้ขวา หรือแบบ Log-normal

ส่วนรูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์โดยใช้กราฟแท่งแสดงสัดส่วนร้อยละเพื่อสังเกตความแตกต่างระหว่างกลุ่มเพิ่มเติมจากผลการทดสอบสมมุติฐานดังที่กล่าวไปข้างต้น พบค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันเพิ่มเติมที่น่าสังเกต ได้แก่ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและไนเตรท ซึ่งแตกต่างจากผลการเปรียบเทียบในกรณีน้ำดิบและยังไม่มีข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับที่มาของผลดังกล่าว



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง

4.2.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างจังหวัด

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างจังหวัดที่ศึกษาทั้ง 4 จังหวัด ทำการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร มากกว่า 2 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_N = \mu_C = \mu_B = \mu_S$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ โดย $i \neq j$

โดย μ_N , μ_C , μ_B และ μ_S คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาในจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.12 โดยเป็นการวิเคราะห์ของระบบประปาน้ำผิวดินเท่านั้น เนื่องจากระบบประปาน้ำใต้ดินมีจำนวนตัวอย่างต่อจังหวัดไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ จำนวนตัวอย่างซึ่งรวมทั้ง 2 ฤดู ของระบบประปาน้ำผิวดิน จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เท่ากับ 8, 6, 10, และ 7 ตัวอย่าง ตามลำดับ ผลการทดสอบทางสถิติพบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 คู่จังหวัด จำนวน 2 พารามิเตอร์ ได้แก่

ตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา

พารามิเตอร์	หน่วย	นครราชสีมา		ชัยภูมิ		บุรีรัมย์		สุรินทร์		ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	4.68	0.68	5.20	1.50	5.62	1.24	6.68	1.88	0.055	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	30.15	2.49	31.30	2.20	30.14	1.42	31.01	2.33	0.623	ไม่แตกต่าง
พีเอช	-	7.03	0.92	6.51	0.81	6.54	1.16	7.06	0.53	0.512	ไม่แตกต่าง
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	696.26	583.19	729.50	1213.00	208.59	221.45	249.34	346.33	0.237	ไม่แตกต่าง
สี	หน่วย Pt-Co	57.49	53.60	23.73	23.04	55.00	68.05	54.35	108.58	0.803	ไม่แตกต่าง
ความขุ่น	NTU	71.52	180.75	4.78	4.44	9.87	12.68	14.87	34.41	0.473	ไม่แตกต่าง
ไนไตรท์	มก./ล.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.206	ไม่แตกต่าง
ไนเตรท	มก./ล.	2.27	1.13	1.49	1.17	2.21	3.00	2.33	1.85	0.878	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	0.33	0.37	0.30	0.18	0.51	0.42	0.35	0.44	0.643	ไม่แตกต่าง
แมงกานีส	มก./ล.	0.16	0.28	0.24	0.36	0.10	0.23	0.10	0.17	0.727	ไม่แตกต่าง
ฟลูออไรด์	มก./ล.	0.71	0.09	0.67	0.29	0.63	0.22	0.74	0.21	0.746	ไม่แตกต่าง
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ล.	0.21	0.39	0.15	0.26	0.18	0.48	0.51	1.02	0.653	ไม่แตกต่าง
ทีเคเอ็น	มก./ล.	2.42	3.20	0.93	1.06	0.97	1.44	1.24	1.44	0.421	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	508.75	328.62	834.50	1106.51	98.30	30.69	152.86	127.81	0.038	แตกต่าง*
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	62.00	134.74	21.17	22.28	15.10	10.47	26.57	31.98	0.549	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	446.75	344.65	813.33	1090.59	83.20	25.79	126.29	123.48	0.041	แตกต่าง*
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	96.88	219.99	71.67	134.49	185.50	152.13	160.71	233.65	0.612	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล	โคโลนี/100 มล.	77.94	181.01	49.17	98.00	110.90	148.12	127.64	231.72	0.838	ไม่แตกต่าง

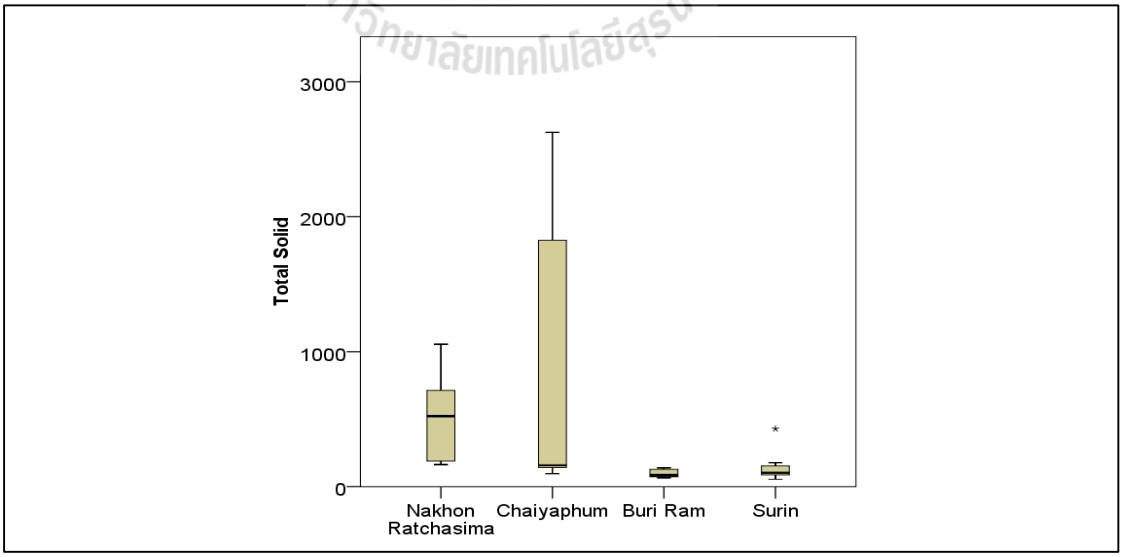
หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด ส่วนพารามิเตอร์อื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างระหว่างจังหวัดที่ศึกษาทั้ง 4 จังหวัด

เมื่อนำทั้ง 2 พารามิเตอร์ดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงซ้อนเพื่อหาคู่ของจังหวัดที่มีความแตกต่างกัน โดยใช้การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Multiple Comparison) และเลือกใช้วิธีเปรียบเทียบแบบ Least-Significant Different (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้คู่จังหวัดที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และสรุปได้ว่า จังหวัดชัยภูมิ มีค่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาสูงกว่าอีก 2 จังหวัด คือ บุรีรัมย์และสุรินทร์ ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของทั้งค่าของแข็งทั้งหมดในรูปแบบ Box Plot นำเสนอดังรูปที่ 4.23 โดยเห็นได้ว่าข้อมูลของจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์มีการกระจายของข้อมูลน้อย และมีค่าต่ำกว่าจังหวัดชัยภูมิอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา

พารามิเตอร์	จังหวัด I	จังหวัด J	ค่าเฉลี่ยจังหวัด I-J	ค่า P-value
ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)	ชัยภูมิ	บุรีรัมย์	736.20	0.009
	ชัยภูมิ	สุรินทร์	681.64	0.023
ของแข็งละลายทั้งหมด (มก./ล.)	ชัยภูมิ	บุรีรัมย์	730.13	0.009
	ชัยภูมิ	สุรินทร์	687.05	0.021



รูปที่ 4.23 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์ของแข็งทั้งหมดในน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่าง 4 จังหวัด

4.2.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของระบบประปา

ระบบประปาที่ได้เก็บข้อมูลในการศึกษานี้ประกอบแบ่งได้เป็น 4 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่มาก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจำนวนตัวอย่างของบางกลุ่มขนาดมีจำกัด และจากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าบางพารามิเตอร์ของระบบประปาขนาดใหญ่มากมีความแตกต่างจากขนาดอื่น ๆ จึงรวมกลุ่มระบบประปาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เข้าด้วยกันเพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระบบประปาขนาดใหญ่มาก และทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_i = \mu_j$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_i \neq \mu_j$

โดย μ_i และ μ_j คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ของระบบประปาขนาดใหญ่มากและขนาดอื่น ๆ ตามลำดับ

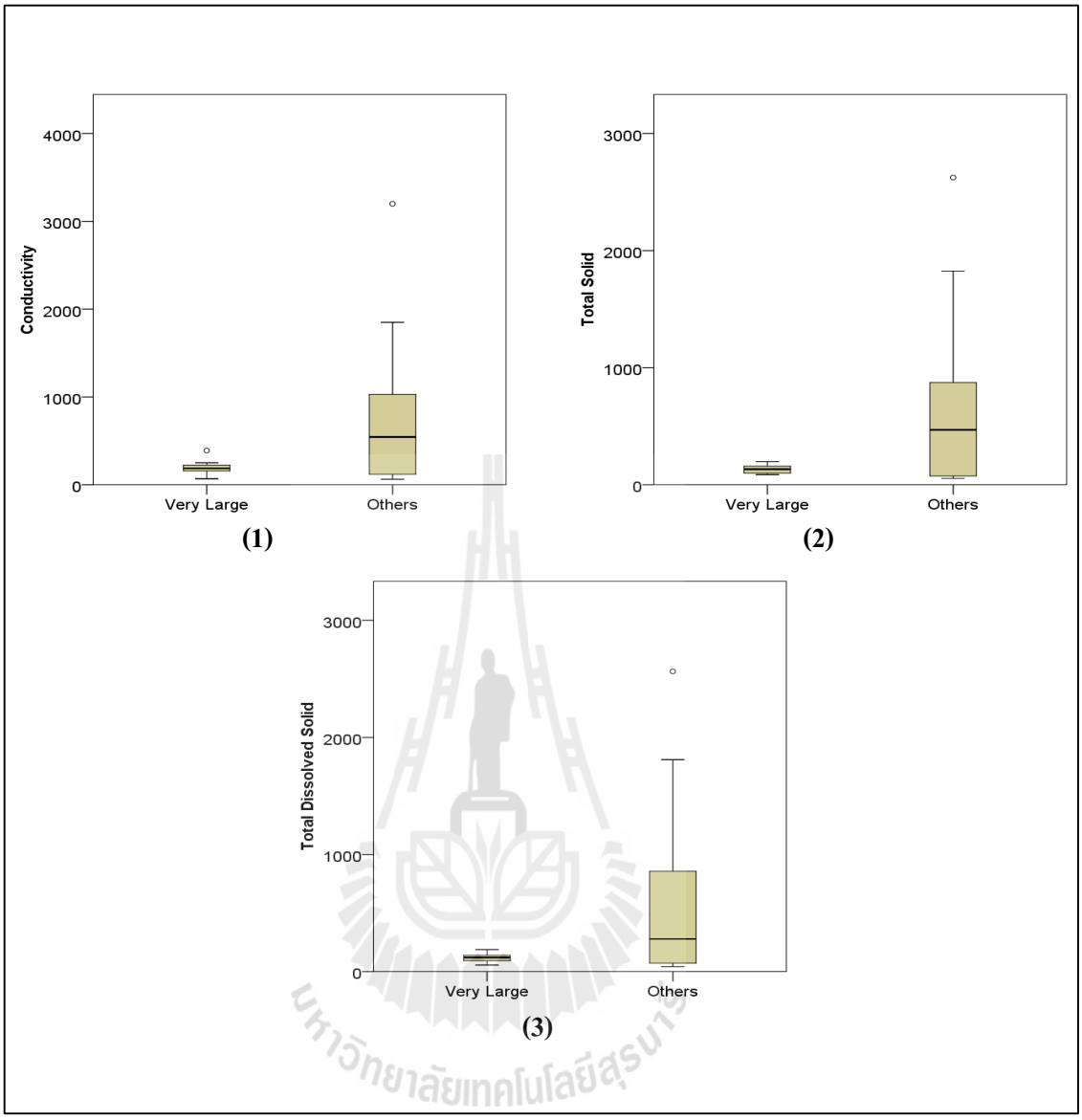
ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.14 โดยระบบประปาขนาดใหญ่มากมีจำนวน 12 ตัวอย่าง ส่วนระบบประปาขนาดอื่น ๆ ประกอบด้วยตัวอย่างจากระบบประปาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ รวมเป็น 14 ตัวอย่าง ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาขนาดใหญ่มากมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์ต่ำกว่าโรงประปาขนาดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 ตัวได้นำเสนอเพิ่มเติมโดยใช้ Box Plot ดังรูปที่ 4.24 โดยเห็นได้ว่าข้อมูลของโรงประปาขนาดอื่น ๆ มีการกระจายของข้อมูลมากกว่าและมีลักษณะเบ้ขวา ส่วนข้อมูลโรงประปาขนาดใหญ่มากมีความแปรปรวนต่ำกว่า

นอกจากนี้ รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์โดยใช้กราฟแท่งแสดงสัดส่วนร้อยละเพื่อสังเกตความแตกต่างระหว่างกลุ่มเพิ่มเติมจากผลการทดสอบสมมุติฐานดังที่กล่าวไปข้างต้น พบค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ระบบประปาขนาดใหญ่มากมีค่าต่ำกว่า อาทิ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งผลดังกล่าวชี้ว่าระบบประปาที่มีขนาดใหญ่น่าจะมีการดำเนินงานในด้านการผลิตที่ดีกว่าระบบประปาขนาดอื่น ๆ เช่น มีการเติมสารเคมีอย่างเหมาะสมทำให้สารที่ตกค้างในน้ำมีน้อยกว่า และมีประสิทธิภาพของหน่วยการตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรคที่ดีกว่า

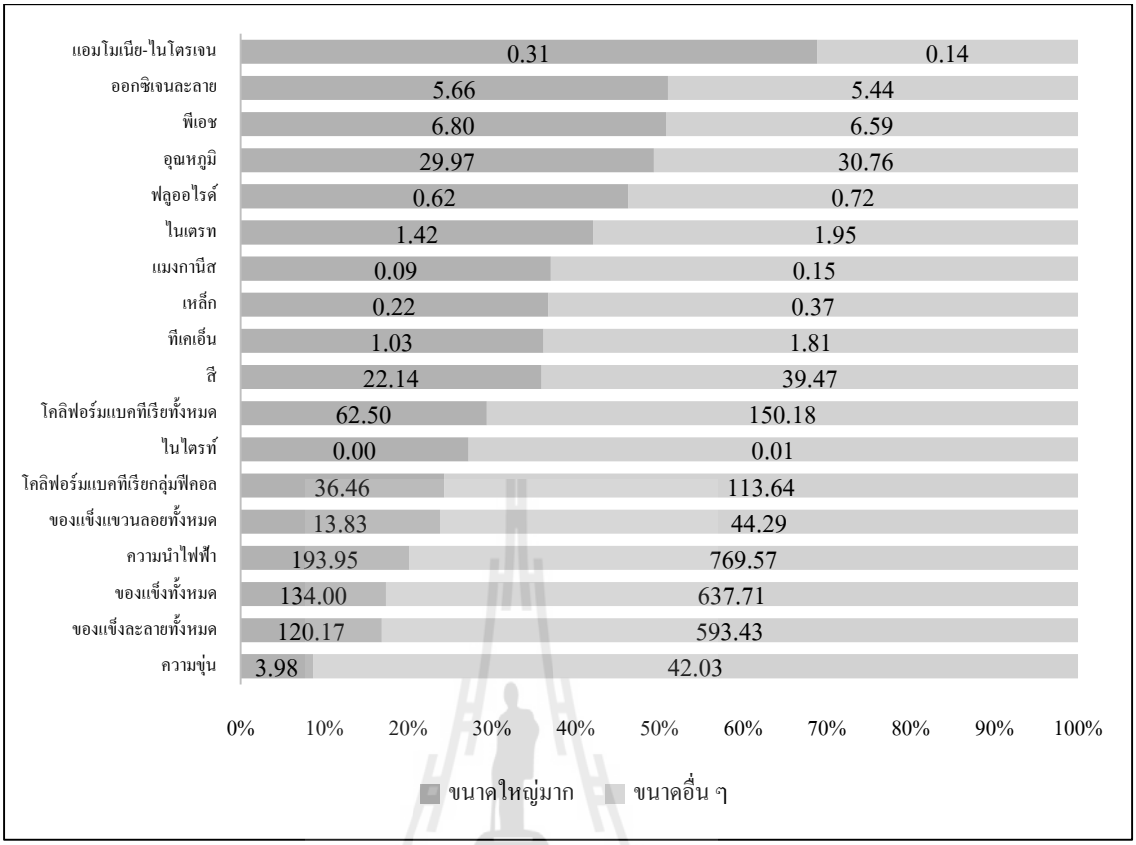
ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ

พารามิเตอร์	หน่วย	ระบบประปาขนาดใหญ่มาก			ระบบประปาขนาดอื่น ๆ			ผลต่างค่าเฉลี่ย	ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	12	5.66	1.49	14	5.44	1.50	0.23	0.705	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	12	29.97	1.82	14	30.76	2.21	-0.79	0.335	ไม่แตกต่าง
พีเอช	-	12	6.80	0.82	14	6.59	1.01	0.21	0.571	ไม่แตกต่าง
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	12	193.95	80.29	14	769.57	873.44	-575.62	0.029	แตกต่าง*
สี	หน่วย Pt-Co	12	22.14	24.19	14	39.47	44.07	-17.33	0.237	ไม่แตกต่าง
ความขุ่น	NTU	12	3.98	4.89	14	42.03	137.23	-38.05	0.348	ไม่แตกต่าง
ไนไตรท์	มก./ล.	12	0.00	0.00	14	0.01	0.01	-0.01	0.092	ไม่แตกต่าง
ไนเตรท	มก./ล.	12	1.42	0.97	14	1.95	1.26	-0.53	0.243	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	12	0.22	0.15	14	0.37	0.30	-0.16	0.109	ไม่แตกต่าง
แมงกานีส	มก./ล.	12	0.09	0.19	14	0.15	0.28	-0.06	0.516	ไม่แตกต่าง
ฟลูออไรด์	มก./ล.	12	0.62	0.17	14	0.72	0.23	-0.10	0.224	ไม่แตกต่าง
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ล.	12	0.31	0.80	14	0.14	0.30	0.17	0.473	ไม่แตกต่าง
ทีเคเอ็น	มก./ล.	12	1.03	1.19	14	1.81	2.66	-0.79	0.355	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	12	134.00	36.75	14	637.71	759.09	-503.71	0.028	แตกต่าง*
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	12	13.83	10.81	14	44.29	102.12	-30.45	0.316	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	12	120.17	39.07	14	593.43	757.77	-473.26	0.036	แตกต่าง*
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	12	62.50	101.20	14	150.18	228.95	-87.68	0.232	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล	โคโลนี/100 มล.	12	36.46	72.66	14	113.64	205.46	-77.19	0.207	ไม่แตกต่าง

หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.24 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่ออกจากโรงประปาระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ (1) ความนำไฟฟ้า (2) ของแข็งทั้งหมด และ (3) ของแข็งละลายทั้งหมด



รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่ออกจากโรงประปา
ระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ

4.2.5 สรุปผลคุณภาพน้ำประปา ณ สถานีสูบจ่าย

1. ระบบประปาผิวดินที่ทำการศึกษาจำนวน 16 แห่ง พบว่า พารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าร้อยละ 30 ได้แก่ ค่าสี ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม และพารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำ ฟลูออไรด์ เหล็กและแมงกานีส ส่วนแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการศึกษาจำนวน 8 แห่งในช่วงฤดูฝนและ 1 แห่งในช่วงฤดูแล้ง พบว่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากว่าร้อยละ 30 ได้แก่ ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม และระบบประปาทั้ง 2 ประเภทมีค่าคลอรีนตกค้างน้อยกว่า 0.20 มก./ล.

2. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์สูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ ฟลูออไรด์ และฟีคัลโคลิฟอร์ม ขณะที่ฤดูฝนมีเพียง 1 พารามิเตอร์ ได้แก่ พีเอช

3. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 4 จังหวัด พบว่า จังหวัดชัยภูมิ มีค่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาสูงกว่าอีก 2 จังหวัด

คือ บุรีรัมย์และสุรินทร์ และลักษณะการแจกแจงของทั้งค่าของแข็งทั้งหมดในรูปแบบ Box Plot พบว่าข้อมูลของจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์มีการกระจายของข้อมูลน้อย และมีค่าต่ำกว่าจังหวัดชัยภูมิอย่างชัดเจน

4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่างขนาดของระบบประปา พบว่าน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาขนาดใหญ่มากมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์ต่ำกว่าโรงประปาขนาดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด และค่าพารามิเตอร์ที่ระบบประปาขนาดใหญ่มากมีค่าต่ำกว่า ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เนื่องมาจากระบบประปาที่มีขนาดใหญ่จะมีการดำเนินงานในด้านการผลิตที่ดีกว่าระบบประปาขนาดอื่น ๆ

4.3 ผลการศึกษาลักษณะคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน

ผลการสำรวจคุณภาพน้ำประปาของระบบประปาผิวดิน จำนวน 16 แห่ง และระบบประปาน้ำบาดาล จำนวน 9 แห่ง โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ผลการศึกษามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.3.1 ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ, สี และความขุ่น ผลการศึกษาโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ช ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง เท่ากับ 28.84 และ 30.91 ^{o}C ตามลำดับ และน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 28.00 ^{o}C ค่าเฉลี่ยสีของน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ 34.70 และ 36.68 Pt-Co ตามลำดับ และจากที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำบาดาลช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ 10.65 และ 0.26 Pt-Co ตามลำดับ จากรูปที่ 4.26 น้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนระบบประปาผิวดินจะมีค่าสีสูงกว่าจากระบบประปาน้ำบาดาลมาก จากผลการสำรวจพบว่ามีตัวอย่างน้ำประปา ณ จุดใช้งานใน

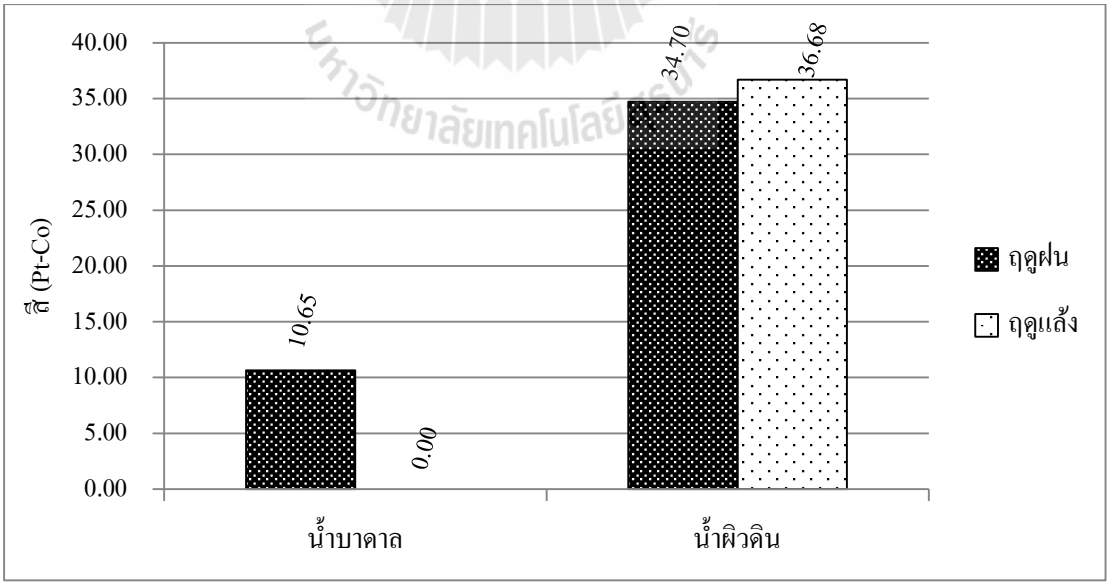
ตารางที่ 4.15 ลักษณะทางกายภาพของน้ำประปา

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
อุณหภูมิ (°C)	27.00 – 29.40	28.00	0.73	-	30.30	-	26.94 – 32.20	28.84	1.27	28.30-34.00	30.91	1.79	-
สี (Pt-Co)	0.00 – 38.29	10.65	14.52	-	0	-	2.62 – 91.67	34.70	31.50	0-151.67	36.68	47.02	15
ความขุ่น (NTU)	0.33 – 2.37	0.54	0.28	-	0.26	-	1.07 – 396.33	29.78	97.89	0.28-28.50	6.66	9.11	20

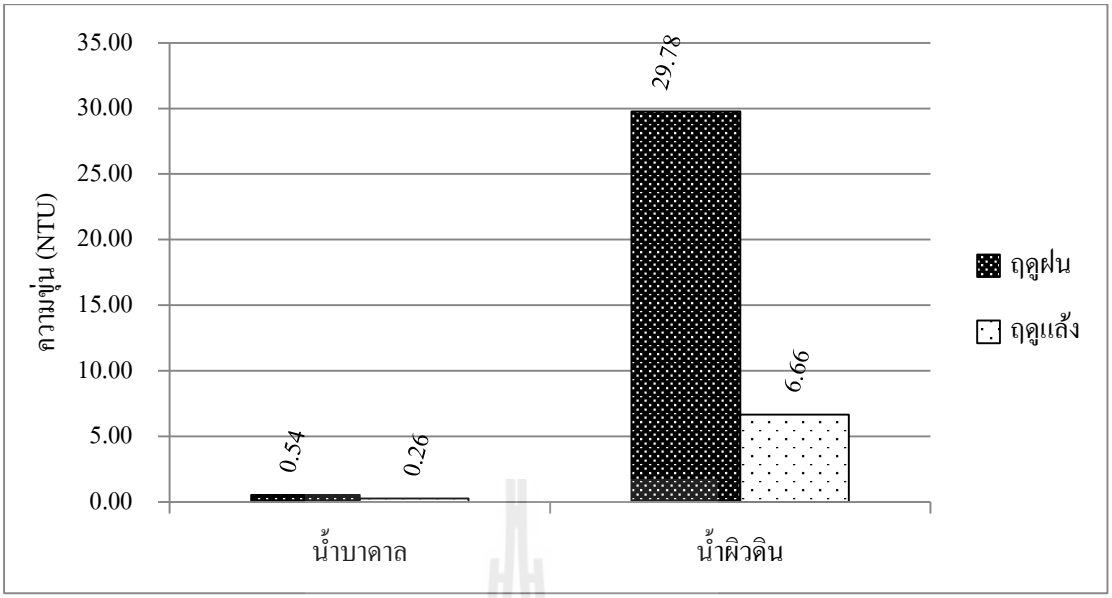
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ครัวเรือนระบบประปาผิวดินที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 56.25 ช่วงฤดูฝน และ 43.75 ช่วงฤดูแล้ง ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง กำหนดค่าสี อยู่ที่ 5 และอนุโลมให้สูงสุดที่ 15 หน่วยสี ส่วนตัวอย่างน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำบาดาลพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในช่วงฤดู ฝนร้อยละ 44.0 และ น้ำประปา 1 ตัวอย่างในช่วงฤดูแล้งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน กำหนดค่าสี อยู่ที่ 5 เกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำบาดาลที่ใช้ในการอุปโภคตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12

ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง เท่ากับ 29.78 และ 6.66 NTU ตามลำดับ และน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนระบบประปาน้ำบาดาลช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ 0.54 และ 0.26 NTU ตามลำดับ จากรูปที่ 4.27 น้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนระบบประปาผิวดินจะมีค่าเฉลี่ยความขุ่นสูงกว่าจากระบบประปาน้ำบาดาลมาก โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนจะมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง จากผลการสำรวจพบว่ามีตัวอย่างน้ำประปาจากที่จุดใช้งานในครัวเรือนระบบประปาผิวดินที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 6.25 ช่วงฤดูฝน และ 12.5 ช่วงฤดูแล้ง ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง กำหนดค่าความขุ่น อยู่ที่ 5 และอนุโลมให้สูงสุดที่ 20 หน่วยความขุ่น สอดคล้องกับข้อมูลค่าความขุ่นของแหล่งน้ำ ดังนั้นเมื่อนำน้ำดิบดังกล่าวมาผ่านระบบการผลิตประปาจึงทำให้มีปัญหาค่าความขุ่นสูงตามไปด้วย ส่วนในน้ำบาดาลมีค่าความขุ่นค่อนข้างต่ำมาก เนื่องจากคุณภาพน้ำดิบของน้ำบาดาลมีความขุ่นค่อนข้างต่ำมาก เมื่อนำมาผลิตน้ำประปาจึงไม่เกิดปัญหาเรื่องค่าความขุ่น



รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบค่าสีของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล
ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง



รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบค่าความขุ่นของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.3.2 ลักษณะน้ำทางเคมี

ลักษณะน้ำทางเคมีที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าของแข็ง TKN ammonia ไนไตรท์และ ไนเตรท และสารอื่น ๆ รวมทั้งค่าคลอรีนตกค้าง ผลการศึกษาโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ซ ผลการศึกษาลักษณะน้ำทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 4.16

4.3.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า

จากผลการสำรวจจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าออกซิเจนละลายน้ำ ของน้ำประปาจากระบบประปาทั้ง 2 แบบ มีค่าไม่แตกต่างกันมาก ส่วนค่าการนำไฟฟ้า พบว่าน้ำประปาจากระบบน้ำบาดาลมีค่าสูงกว่าน้ำประปาจากระบบประปาน้ำผิวดิน โดยเฉพาะในฤดูแล้ง

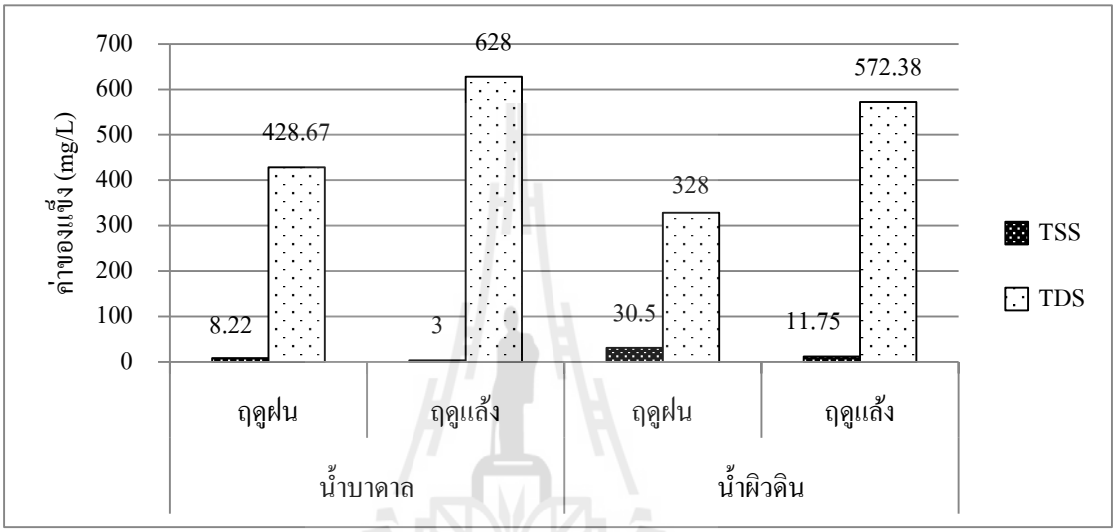
4.3.2.2 ค่าของแข็ง

จากผลการสำรวจพบว่า มีค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดของน้ำประปาจากที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง เท่ากับ 358.50 และ 584.13 มก./ล. ตามลำดับ และจากที่จุดใช้งานในครัวเรือนระบบประปาน้ำบาดาลช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เท่ากับ 436.89 และ 631.0 มก./ล. ตามลำดับ จากรูปที่ 4.28 น้ำประปาจากที่จุดใช้งานในครัวเรือนระบบประปาน้ำบาดาลจะมีค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำสูงกว่าจากระบบประปาน้ำผิวดิน โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝนสอดคล้องกับผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพแหล่งน้ำดิบ และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวง (กำหนดค่าของแข็งทั้งหมด 500 มก./ล. โดยเกณฑ์อนุโลมสูงสุด เท่ากับ 1,500 มก./ล.) และคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ตาม

ตารางที่ 4.16 ลักษณะทางเคมีของน้ำประปา

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
pH	6.70-8.07	7.56	0.44	-	6.83	-	5.86-9.12	7.55	0.84	4.82-7.00	6.00	0.67	6.5-9.2
DO (mg/L)	3.58-9.07	6.37	1.91	-	6.15	-	3.65-8.56	6.51	1.72	3.50-6.51	5.06	0.89	-
Conductivity (µs/cm)	117.40–1,516	730.33	401.37	-	1,230	-	53.90–4,140	591.78	1,057.67	76.00-2,560	503.19	710.43	-
TS (mg/L)	75-1,057	436.89	260.54	-	631	-	24-2,592	358.50	636.16	25-3,213	584.13	886.60	1,500
TSS (mg/L)	2.00-23.00	8.22	6.08	-	3	-	4.00-254	30.50	60.75	1-51	11.75	14.29	-
TDS (mg/L)	64.00-1,048	428.67	260.48	-	628	-	14.00 - 2,556	328	632.93	24-3,176	572.38	879.86	-
เหล็ก (mg/L)	0.00-0.58	0.06	0.09	-	0.08	-	0-0.95	0.29	0.27	0-0.55	0.19	0.16	1.0
แมงกานีส (mg/L)	0.00-0.48	0.05	0.16	-	0	-	0-0.63	0.10	0.20	0-0.19	0.04	0.07	0.5
ฟลูออไรด์ (mg/L)	0.41-1.00	0.58	0.19	-	0.715	-	0.34-0.91	0.55	0.17	0.54-1.05	0.75	0.12	1.0
คลอรีนตกค้าง (mg/L)	-	-	-	-	0	-	ไม่มีการเติม - <0.20	-	-	0.00-< 0.20	-	-	-

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 กำหนดค่าของแข็งละลายน้ำ เท่ากับ 600 มก./ล. พบว่ามีตัวอย่างน้ำประปาจากที่จุดใช้งานในครัวเรือนระบบประปาผิวดินที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 6.25 และ 12.5 ในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งตามลำดับ และตัวอย่างน้ำประปาจากที่จุดใช้งานในครัวเรือนระบบประปาน้ำบาดาลที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 11.11 ในช่วงฤดูฝน และน้ำประปา 1 ตัวอย่างที่ทำการเก็บในช่วงฤดูแล้งมีค่าเกินมาตรฐาน



รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบค่าของแข็งของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.3.2.3 สารอื่น ๆ

1) เหล็ก และ แมงกานีส

ผลการสำรวจคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินพบว่า มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเหล็กในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 0.29 และ 0.19 มก./ล. ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินช่วงฤดูฝน และช่วงฤดูแล้ง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวง ที่กำหนดค่าความเข้มข้นเหล็กที่ 0.5 มก./ล. (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 1.0 มก./ล.) แต่มีตัวอย่างน้ำประปา ร้อยละ 18.75 และ 6.25 มีค่าความเข้มข้นเหล็กอยู่ในช่วง 0.5-1.0 มก./ล. และค่าความเข้มข้นเหล็กฤดูฝนของน้ำประปา ณ จุดใช้งานของระบบประปาน้ำบาดาล เท่ากับ 0.06 และ 0.08 มก./ล.ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ ตัวอย่างน้ำประปา ณ จุดใช้จ่ายในครัวเรือนของระบบประปาน้ำบาดาลทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนผลสำรวจคุณภาพน้ำประปาจากจุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดิน มีค่าความเข้มข้นแมงกานีส ช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง เท่ากับ 0.10 และ 0.04 มก./ล. ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำประปาจากระบบประปาน้ำผิวดินผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดในช่วงฤดูแล้ง และไม่ผ่านเกณฑ์

มาตรฐานของการประปานครหลวงในช่วงฤดูฝนร้อยละ 6.25 ที่กำหนดค่าความเข้มข้นแมงกานีสที่ 0.3 มก./ล. (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 0.5 มก./ล.) และค่าความเข้มข้นของแมงกานีสของระบบประปาน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝน เท่ากับ 0.05 มก./ล. และไม่พบเลยในช่วงฤดูแล้ง

2) ฟลูออไรด์

ผลการสำรวจปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 0.55 และ 0.75 มก./ล. ตามลำดับ และระบบประปาน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.58 และ 0.72 มก./ล. ตามลำดับ จากการสำรวจพบว่า น้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินในช่วงฤดูแล้งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของการประปานครหลวง ร้อยละ 6.25 กำหนดค่าความเข้มข้นฟลูออไรด์ ที่ 0.7 มก./ล. (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่ 1.0 มก./ล.) และตัวอย่างน้ำประปาในฤดูฝนและฤดูแล้งที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.7-1.0 มก./ล. ร้อยละ 18.75 และ 58.82 ตามลำดับ และน้ำประปาจากระบบประปาน้ำบาดาลในช่วงฤดูฝน ร้อยละ 22.22 และ 1 ตัวอย่างของน้ำประปาในช่วงฤดูแล้งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้อุปโภคของกระทรวงอุตสาหกรรม

4.3.2.4 คลอรีนตกค้าง

ผลการสำรวจค่าคลอรีนตกค้างในน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปา พบว่าระบบประปาน้ำบาดาลไม่มีขั้นตอนการเติมคลอรีน ณ จุดสูบจ่าย ดังนั้น จึงไม่มีการตรวจค่าคลอรีนตกค้างของน้ำประปา ส่วนค่าคลอรีนตกค้างในน้ำประปา ณ จุดใช้งานของระบบประปาน้ำผิวดิน ช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ พบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.20 มก./ล. ในฤดูฝน และ อยู่ในช่วง 0.0-0.20 มก./ล. จะเห็นได้ว่าค่าคลอรีนตกค้างของน้ำประปาค่อนข้างต่ำ เช่นเดียวกับที่ตรวจพบ ณ จุดใช้งานในครัวเรือน ที่ระบบประปา ตามเกณฑ์ค่าคลอรีนตกค้างควรอยู่ในช่วง 0.50 มก./ล.

4.3.3 ลักษณะทางชีวภาพ

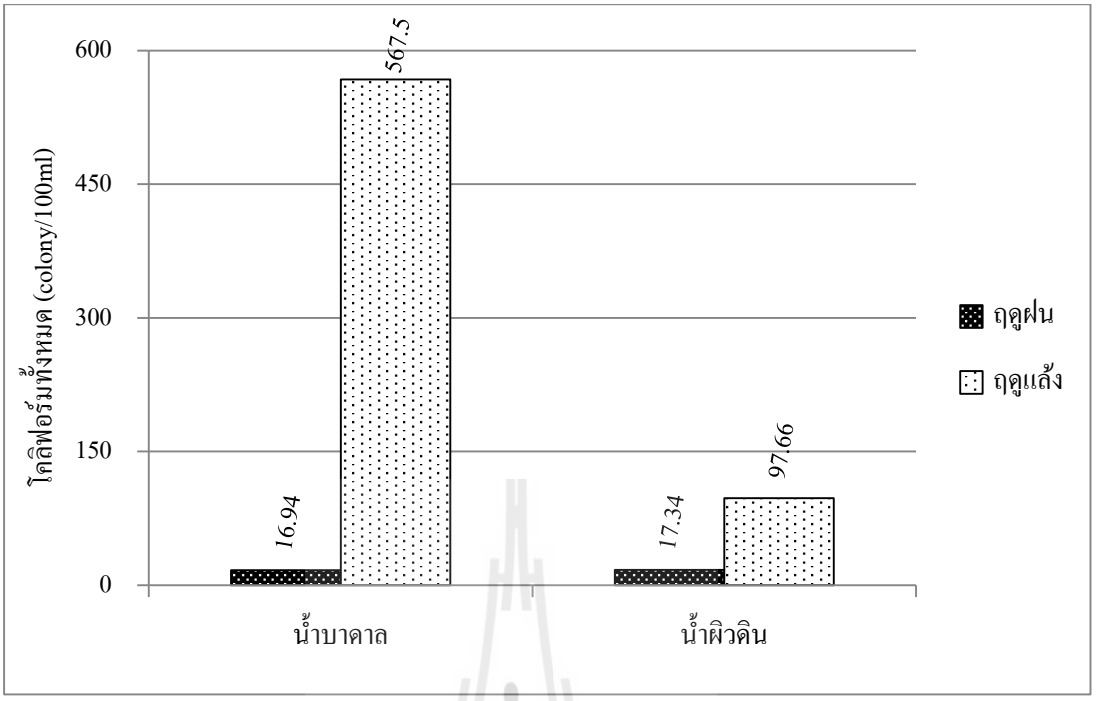
4.3.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

ผลสำรวจลักษณะน้ำทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าน้ำประปา ณ จุดสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน มีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมด ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 17.34 และ 97.66 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าฤดูฝน (รูปที่ 4.29) และพบของระบบประปาน้ำบาดาลสูงกว่าระบบประปาน้ำผิวดิน ตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินที่ทำการสำรวจทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50.0 ในช่วงฤดูฝนและร้อยละ 75.0 ในช่วงฤดูแล้ง มาตรฐานแหล่งน้ำดิบของการประปานครหลวง กำหนดค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้อยกว่า 2.2 โคโลนี/100 มล. ส่วนแหล่งน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมด ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 16.94 และ 567.50 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ น้ำประปาจากระบบประปาน้ำบาดาลไม่ผ่านมาตรฐาน ร้อยละ 77.78 ในช่วงฤดูฝน ส่วนน้ำประปา 1 ตัวอย่างที่เก็บในช่วงฤดูแล้งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภค สอดคล้องกับข้อมูลคลอรีนตกค้างมีค่าค่อนข้างต่ำ และขั้นตอนในการผลิตน้ำประปาของระบบประปาน้ำบาดาลไม่มีขั้นตอนการเติมคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค

ตารางที่ 4.17 ลักษณะทางชีวภาพของน้ำประปา

พารามิเตอร์	น้ำบาดาล						น้ำผิวดิน						Std.
	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			
	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	
โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/100 มล.)	0-95.00	16.94	27.80	-	567.50	-	0 -92.50	17.34	33.82	0-595	97.66	154.02	<2.2
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/100 มล.)	0-81.00	2.89	4.78	-	545	-	0-62.00	10.31	24.26	0-485	56.09	121.61	ไม่มี

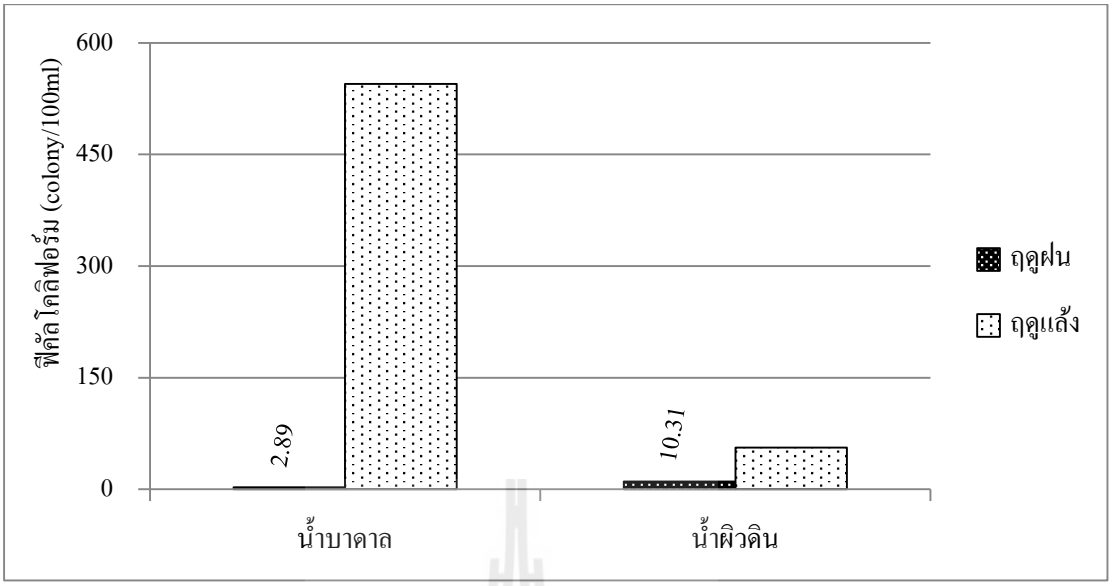
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบค่าโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.3.3.2 ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)

ผลสำรวจลักษณะน้ำทางชีวภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่า น้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน มีค่าเฉลี่ยฟีคัลโคลิฟอร์มในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 10.31 และ56.09 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าฤดูฝน (รูปที่ 4.30) ตัวอย่างน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินที่ทำการสำรวจทั้งหมด ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50.0 ในช่วงฤดูฝน และร้อยละ 75.0 ในช่วงฤดูแล้ง มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวงและมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภคต้องตรวจไม่พบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ส่วนน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมดในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 2.89 และ 545 โคโลนี/100 มล. ตามลำดับ และตัวอย่างน้ำประปาที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในช่วงฤดูฝน ร้อยละ 77.78 และ 1 ตัวอย่างที่เก็บในช่วงฤดูแล้งก็ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้ในการอุปโภคของกระทรวงอุตสาหกรรมการประปานครหลวงและมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อใช้ในการอุปโภคต้องตรวจไม่พบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยน้ำประปาจากระบบประปาน้ำบาดาลจะมีค่าฟีคัลโคลิฟอร์มสูงกว่าของระบบประปาน้ำผิวดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มของน้ำประปาระหว่างแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.3.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน

4.3.4.1 การเปรียบเทียบระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาบาดาล ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_i = \mu_j$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_i \neq \mu_j$

โดย μ_i และ μ_j คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ของระบบประปาน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.18 โดยระบบประปาน้ำผิวดินประกอบด้วยค่าจากฤดูฝนและฤดูแล้ง อย่างละ 16 ตัวอย่าง รวมเป็น 32 ตัวอย่าง ส่วนระบบประปาน้ำใต้ดินประกอบด้วยค่าจากฤดูฝน 9 ตัวอย่าง และฤดูแล้ง 1 ตัวอย่าง รวมเป็น 10 ตัวอย่าง ผลการทดสอบทางสถิติพบว่ากรณีระบบประปาน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ สี และเหล็ก ส่วนกรณีระบบประปาบาดาลมีค่าเฉลี่ย 1 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ พีเอช ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของทั้ง 4 พารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันได้นำเสนอเพิ่มเติมโดยใช้ Box Plot ดังรูปที่ 4.31 โดยเห็นได้ว่าค่าพีเอชและอุณหภูมิของทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงใกล้เคียง แบบปกติ ส่วนสีและเหล็กมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา และโดยรวมระบบประปาน้ำ

ตารางที่ 4.18 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน

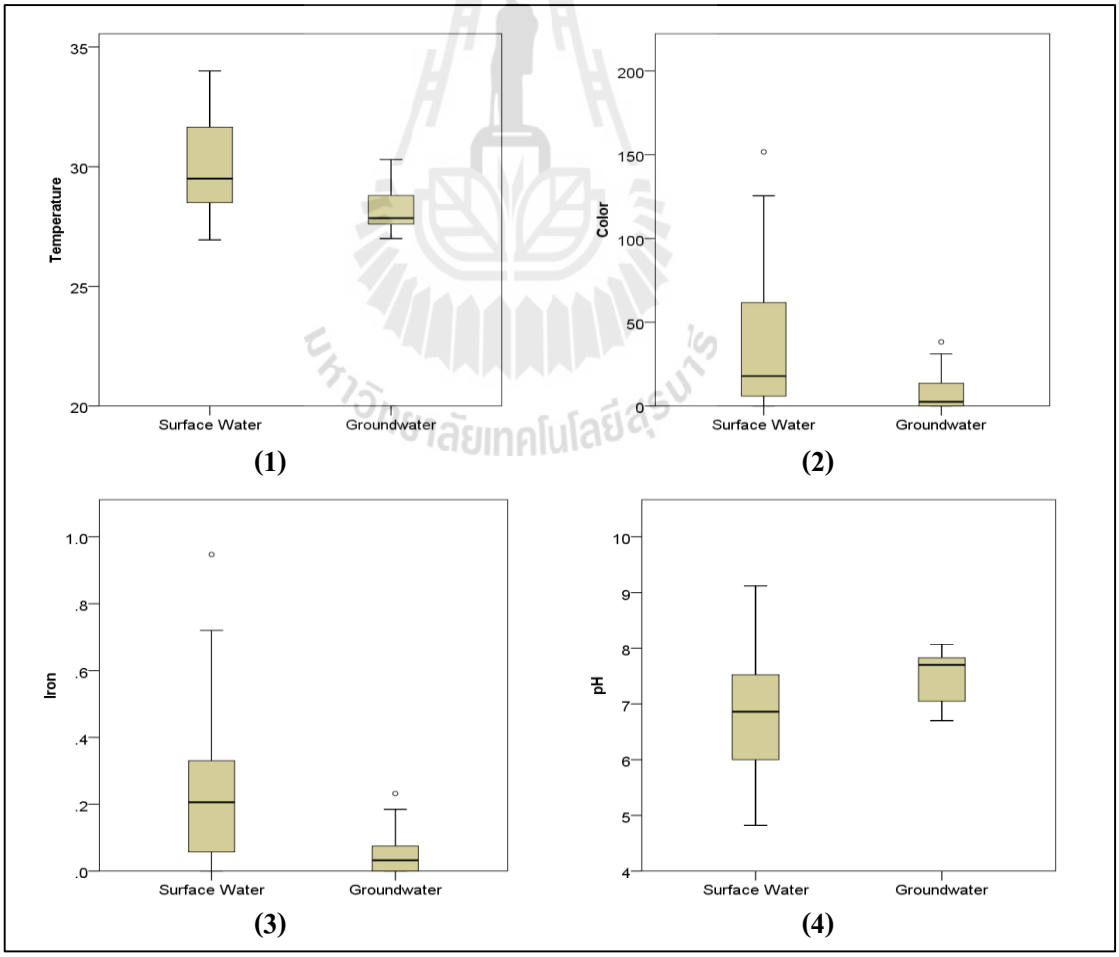
พารามิเตอร์	หน่วย	ระบบประปาน้ำผิวดิน			ระบบประปาน้ำใต้ดิน			ผลต่างค่าเฉลี่ย	ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	32	5.78	1.53	10	6.35	1.80	-0.57	0.334	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	32	29.87	1.86	10	28.23	1.00	1.64	0.011	แตกต่าง*
พีเอช	-	32	6.78	1.09	10	7.49	0.47	-0.71	0.006	แตกต่าง*
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	32	547.48	887.43	10	780.30	410.08	-232.82	0.429	ไม่แตกต่าง
สี	หน่วย Pt-Co	32	35.69	39.39	10	9.59	14.09	26.10	0.003	แตกต่าง*
ความขุ่น	NTU	32	18.22	69.39	10	0.51	0.28	17.71	0.428	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	32	0.24	0.22	10	0.06	0.08	0.18	0.000	แตกต่าง*
แมงกานีส	มก./ล.	32	0.07	0.15	10	0.05	0.15	0.02	0.702	ไม่แตกต่าง
ฟลูออไรด์	มก./ล.	32	0.65	0.18	10	0.60	0.18	0.05	0.415	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	32	471.31	767.67	10	456.30	253.20	15.01	0.952	ไม่แตกต่าง
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	32	21.13	44.45	10	7.70	5.96	13.43	0.351	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	32	450.19	764.09	10	448.60	253.54	1.59	0.995	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	32	57.50	117.03	10	72.00	176.06	-14.50	0.764	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล	โคโลนี/100 มล.	32	33.20	89.34	10	57.10	171.49	-23.90	0.563	ไม่แตกต่าง

หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

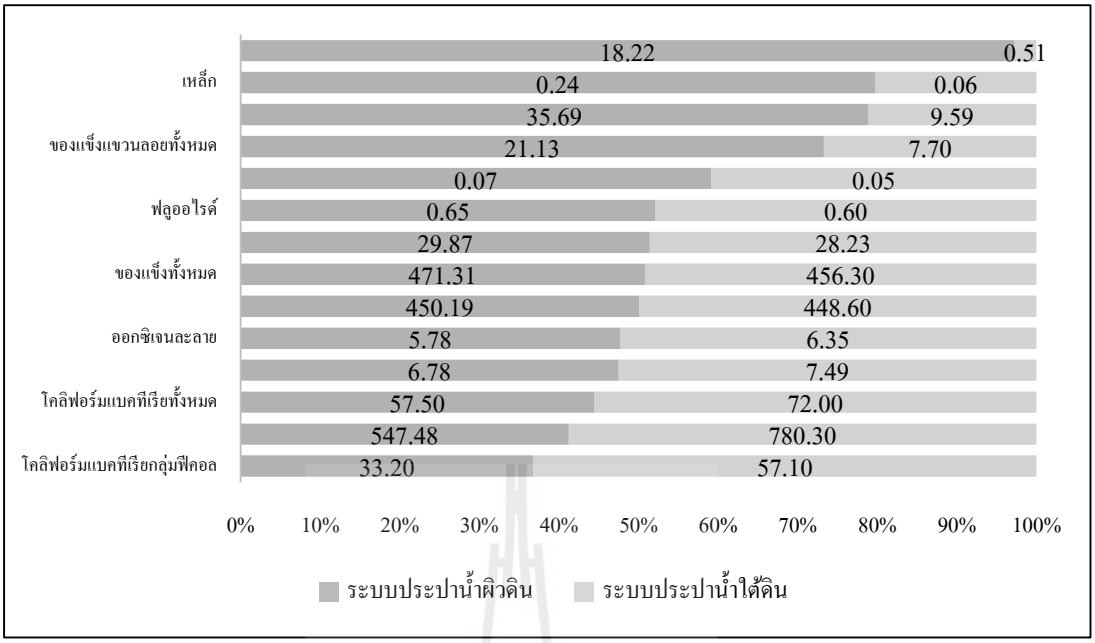
ผิวดินมีการกระจายของข้อมูลมากกว่าระบบประปาบาดาล

นอกจากนี้ รูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์โดยใช้กราฟแท่งแสดงสัดส่วนร้อยละเพื่อสังเกตความแตกต่างระหว่างกลุ่มเพิ่มเติมจากผลการทดสอบสมมุติฐานดังที่กล่าวไปข้างต้น โดยเป็นที่น่าสังเกตว่าน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินมีพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า อาทิ ความขุ่นและของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ส่วนน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำใต้ดินมีพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า อาทิ แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลและแบคทีเรียทั้งหมด

จากผลข้างต้น เมื่อพิจารณาประกอบกับผลการเปรียบเทียบน้ำดิบซึ่งพบว่าน้ำผิวดินมีพารามิเตอร์ที่มีค่าสูงกว่าน้ำใต้ดิน อาทิ อุณหภูมิ สี และเหล็ก จึงอาจอธิบายได้ว่าเป็นผลทำให้น้ำประปาที่ผลิตจากระบบประปาน้ำผิวดินมีค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวสูงกว่าระบบประปาบาดาล อย่างไรก็ตาม น้ำประปาที่ใช้งานในบ้านเรือนก็ยังอาจมีคุณภาพแตกต่างจากที่น้ำประปาที่ผลิตจากโรงประปาได้เนื่องจากปัจจัยของระบบท่อจ่ายน้ำประปา อาทิ การแตกรั่วของท่อ คุณภาพวัสดุในระบบท่อ เป็นต้น



รูปที่ 4.31 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน (1) อุณหภูมิ (2) สี (3) เหล็ก และ (4) พีเอช



รูปที่ 4.32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาน้ำผิวดินกับระบบประปาน้ำใต้ดิน

4.3.4.2 การเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบจับคู่ (Paired t-Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_d = 0$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_d \neq 0$

โดย μ_d คือค่าเฉลี่ยของผลต่างของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ในฤดูฝนและฤดูแล้งของแต่ละระบบประปา

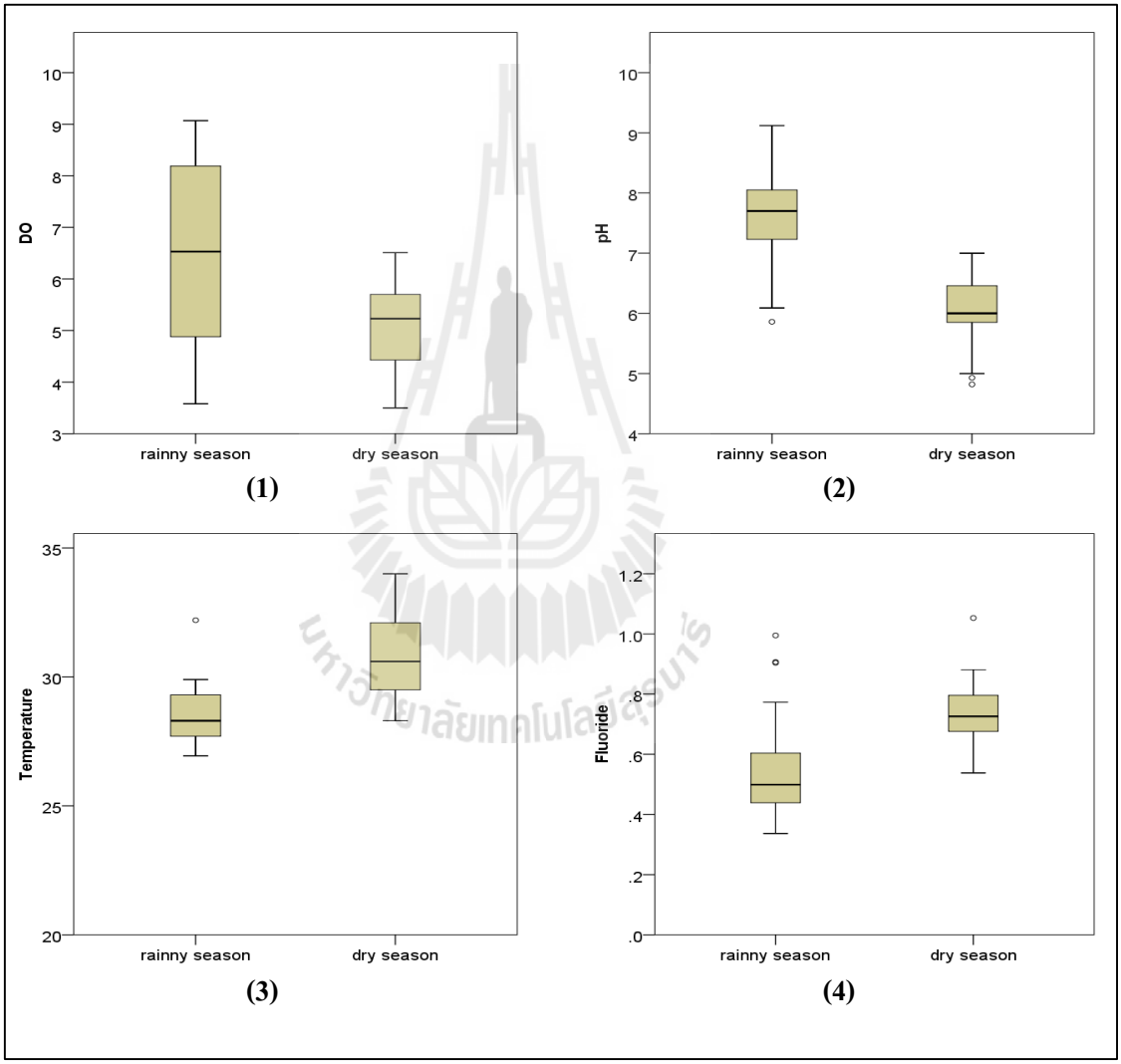
ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.19 โดยตัวอย่างที่ใช้เป็นของระบบประปาน้ำผิวดินซึ่งมีการเก็บตัวอย่างใน 2 ฤดู จำนวน 15 แห่ง แต่ละแห่งมีการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน 1 ตัวอย่าง และฤดูแล้ง 1 ตัวอย่าง ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 2 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ออกซิเจนละลายและพีเอช ส่วนฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 2 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิและฟลูออไรด์ ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของทั้ง 4 พารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันได้นำเสนอเพิ่มเติมโดยใช้ Box Plot ดังรูปที่ 4.33 โดยเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติและขนาดการกระจายใกล้เคียงกัน ยกเว้นกรณีออกซิเจนละลายพบว่าในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าและมีช่วงค่ากว้างกว่าในฤดูแล้ง

ตารางที่ 4.19 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง

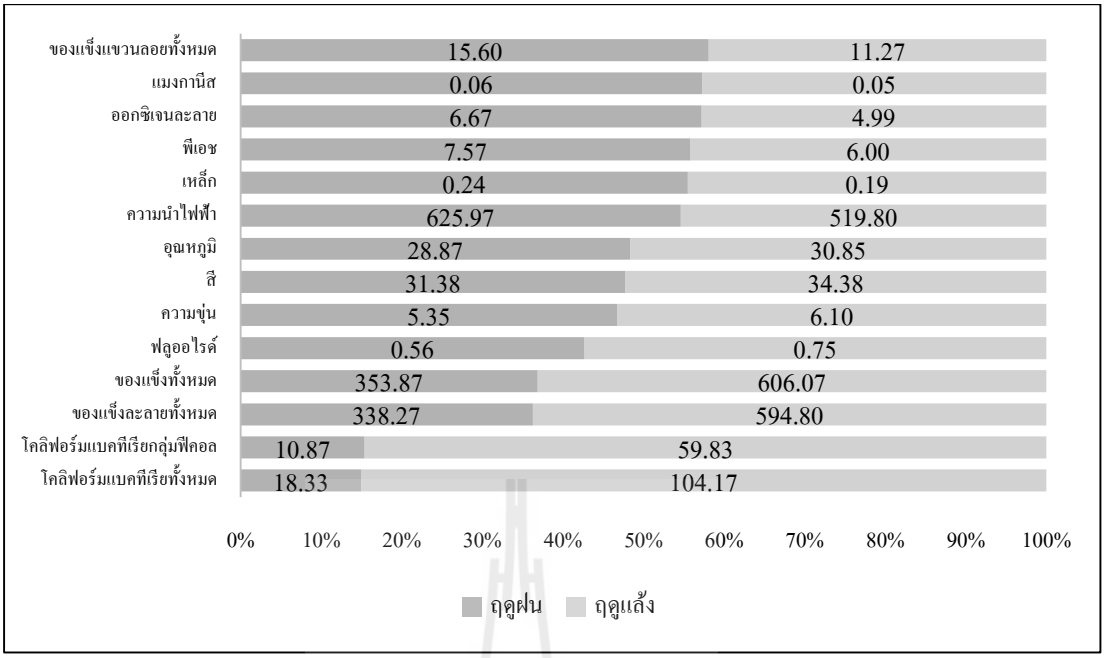
พารามิเตอร์	หน่วย	ฤดูฝน			ฤดูแล้ง			ผลต่างค่าเฉลี่ย	ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	15	6.67	1.65	15	4.99	0.88	1.68	0.009	แตกต่าง*
อุณหภูมิ	เซลเซียส	15	28.87	1.31	15	30.85	1.84	-1.98	0.007	แตกต่าง*
พีเอช	-	15	7.57	0.87	15	6.00	0.69	1.57	0.000	แตกต่าง*
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	15	625.97	1085.60	15	519.80	732.15	106.17	0.757	ไม่แตกต่าง
สี	หน่วย Pt-Co	15	31.38	29.57	15	34.38	47.73	-3.00	0.847	ไม่แตกต่าง
ความขุ่น	NTU	15	5.35	5.52	15	6.10	9.14	-0.75	0.795	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	15	0.24	0.21	15	0.19	0.16	0.05	0.503	ไม่แตกต่าง
แมงกานีส	มก./ล.	15	0.06	0.15	15	0.05	0.07	0.02	0.754	ไม่แตกต่าง
ฟลูออไรด์	มก./ล.	15	0.56	0.18	15	0.75	0.13	-0.19	0.004	แตกต่าง*
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	15	353.87	658.21	15	606.07	913.21	-252.20	0.292	ไม่แตกต่าง
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	15	15.60	12.20	15	11.27	14.66	4.33	0.322	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	15	338.27	653.76	15	594.80	906.00	-256.53	0.283	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	15	18.33	34.77	15	104.17	157.13	-85.83	0.065	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล	โคโลนี/100 มล.	15	10.87	25.00	15	59.83	124.92	-48.97	0.166	ไม่แตกต่าง

หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

นอกจากนี้ รูปที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์โดยใช้กราฟแท่งแสดงสัดส่วนร้อยละเพื่อสังเกตความแตกต่างระหว่างกลุ่มเพิ่มเติมจากผลการทดสอบสมมุติฐานดังที่กล่าวไปข้างต้น พบค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันเพิ่มเติมที่น่าสังเกต ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลายทั้งหมด โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม ทั้งนี้ สังเกตว่าในฤดูแล้งน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับกรณีน้ำประปาที่จุดออกจากโรงประปาที่นำเสนอไปก่อนหน้านี้



รูปที่ 4.33 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน
ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง (1) ออกซิเจนละลาย (2) พีเอช (3) อุณหภูมิ และ (4) ฟลูออไรด์



รูปที่ 4.34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง

4.3.4.3 การเปรียบเทียบระหว่างจังหวัด

การเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างจังหวัดที่ศึกษาทั้ง 4 จังหวัด ทำการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร มากกว่า 2 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_N = \mu_C = \mu_B = \mu_S$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ โดย $i \neq j$

โดย μ_N , μ_C , μ_B และ μ_S คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนในจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.20 โดยเป็นการวิเคราะห์ของระบบประปาน้ำผิวดินเท่านั้น เนื่องจากระบบประปาน้ำใต้ดินมีจำนวนตัวอย่างต่อจังหวัดไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ จำนวนตัวอย่างซึ่งรวมทั้ง 2 ฤดู ของระบบประปาน้ำผิวดิน จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เท่ากับ 12, 8, 12, และ 10 ตัวอย่าง ตามลำดับ ผลการทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพารามิเตอร์ใด ๆ ทั้ง 14 ตัว ระหว่างจังหวัดที่ศึกษาทั้ง 4 จังหวัด ผลดังกล่าวเมื่อพิจารณารวมกับผลการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ในกรณีน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ซึ่งพบกรณีความแตกต่างบ้างแต่เป็นส่วนน้อย ในภาพรวมจึงอาจกล่าวได้ว่าจังหวัดซึ่งเป็นที่ตั้งของระบบประปาไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณภาพน้ำประปามีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.20 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่าง 4 จังหวัดที่ศึกษา

พารามิเตอร์	หน่วย	นครราชสีมา		ชัยภูมิ		บุรีรัมย์		สุรินทร์		ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	5.37	1.49	5.20	0.95	6.14	1.59	6.89	1.77	0.066	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	28.88	1.72	29.95	1.83	29.50	1.46	29.82	2.36	0.551	ไม่แตกต่าง
พีเอช	-	7.19	0.81	6.90	0.99	6.71	1.19	6.97	1.12	0.729	ไม่แตกต่าง
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	661.33	489.17	973.13	1368.99	379.17	698.49	505.15	613.59	0.427	ไม่แตกต่าง
สี	หน่วย Pt-Co	40.09	30.43	18.81	28.24	32.73	39.26	21.36	46.30	0.533	ไม่แตกต่าง
ความขุ่น	NTU	37.13	113.28	3.63	5.05	5.98	8.40	4.19	7.69	0.501	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	0.12	0.27	0.20	0.13	0.29	0.22	0.17	0.14	0.262	ไม่แตกต่าง
แมงกานีส	มก./ล.	0.05	0.18	0.17	0.23	0.04	0.07	0.02	0.05	0.135	ไม่แตกต่าง
ฟลูออไรด์	มก./ล.	0.61	0.14	0.65	0.23	0.63	0.20	0.66	0.17	0.928	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	448.67	266.67	833.00	928.03	247.92	391.65	462.20	983.04	0.317	ไม่แตกต่าง
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	28.33	71.21	18.25	15.04	10.75	13.20	13.80	13.20	0.729	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	420.33	278.53	814.75	921.98	237.17	392.51	448.40	975.29	0.322	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	22.92	66.37	37.19	87.40	51.25	42.33	137.25	236.25	0.194	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล	โคโลนี/100 มล.	12.04	37.96	16.25	40.25	24.29	28.80	106.75	215.71	0.182	ไม่แตกต่าง

หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.4.4 การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของระบบประปา

ระบบประปาที่ได้เก็บข้อมูลในการศึกษานี้ประกอบแบ่งได้เป็น 4 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่มาก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจำนวนตัวอย่างของบางกลุ่มขนาดมีจำกัด และจากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าบางพารามิเตอร์ของระบบประปาขนาดใหญ่มากมีความแตกต่างจากขนาดอื่น ๆ จึงรวมกลุ่มระบบประปาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เข้าด้วยกันเพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระบบประปาขนาดใหญ่มาก และทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร แบบ Independent t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมุติฐานการทดสอบของแต่ละพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

สมมุติฐานว่าง, $H_0 : \mu_i = \mu_j$

สมมุติฐานแย้ง, $H_A : \mu_i \neq \mu_j$

โดย μ_i และ μ_j คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ได้จากน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ของระบบประปาขนาดใหญ่มากและขนาดอื่น ๆ ตามลำดับ

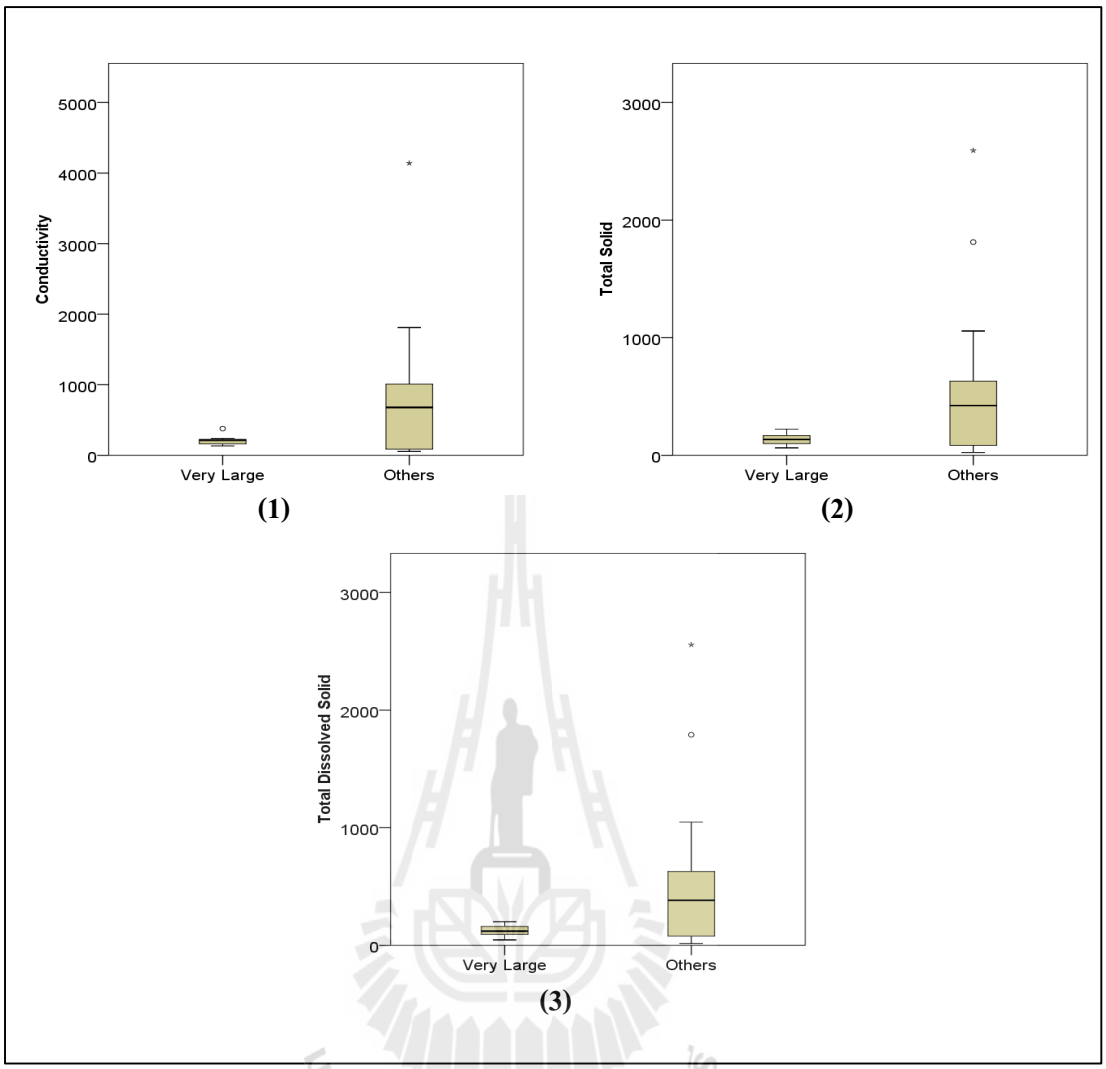
ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4.21 โดยระบบประปาขนาดใหญ่มากมีจำนวน 12 ตัวอย่าง ส่วนระบบประปาขนาดอื่น ๆ ประกอบด้วยตัวอย่างจากระบบประปาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ รวมเป็น 22 ตัวอย่าง ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาขนาดใหญ่มากมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์ต่ำกว่าโรงประปาขนาดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด ทั้งนี้ ลักษณะการแจกแจงของทั้ง 3 พารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันได้นำเสนอเพิ่มเติมโดยใช้ Box Plot ดังรูปที่ 4.35 โดยพบว่ามีลักษณะเหมือนกรณี Box Plot ของน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา คือข้อมูลของโรงประปาขนาดอื่น ๆ ที่เล็กกว่ามีการกระจายของข้อมูลมากกว่าและมีลักษณะเบ้ขวา ส่วนข้อมูลโรงประปาขนาดใหญ่มากมีความแปรปรวนต่ำกว่ามาก

นอกจากนี้ รูปที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์โดยใช้กราฟแท่งแสดงสัดส่วนร้อยละเพื่อสังเกตความแตกต่างระหว่างกลุ่มเพิ่มเติมจากผลการทดสอบสมมุติฐานดังที่กล่าวไปข้างต้น พบค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ระบบประปาขนาดใหญ่มากมีค่าต่ำกว่า อาทิ ความขุ่น และโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งผลที่ได้เกือบทั้งหมดเหมือนกับกรณีการทดสอบน้ำประปาที่ออกจากโรงประปา ดังนั้นจึงสามารถอธิบายด้วยเหตุผลที่คล้ายกัน กล่าวคือ ระบบประปาที่มีขนาดใหญ่อาจจะมีการดำเนินงานในด้านการผลิตที่ดีกว่าระบบประปาขนาดอื่น ๆ ทั้งในด้านปริมาณการใช้สารเคมีอย่างเหมาะสมและด้านประสิทธิภาพของปฏิบัติการหน่วยต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ในกรณีน้ำประปาที่จุดใช้งานอาจมีปัจจัยด้านระบบท่อจ่ายมาเกี่ยวข้องเพิ่มเติมด้วย โดยระบบประปาขนาดใหญ่น่าจะมีระบบท่อจ่ายและการดูแลบำรุงรักษาระบบท่อที่ดีกว่าระบบประปาขนาดเล็ก

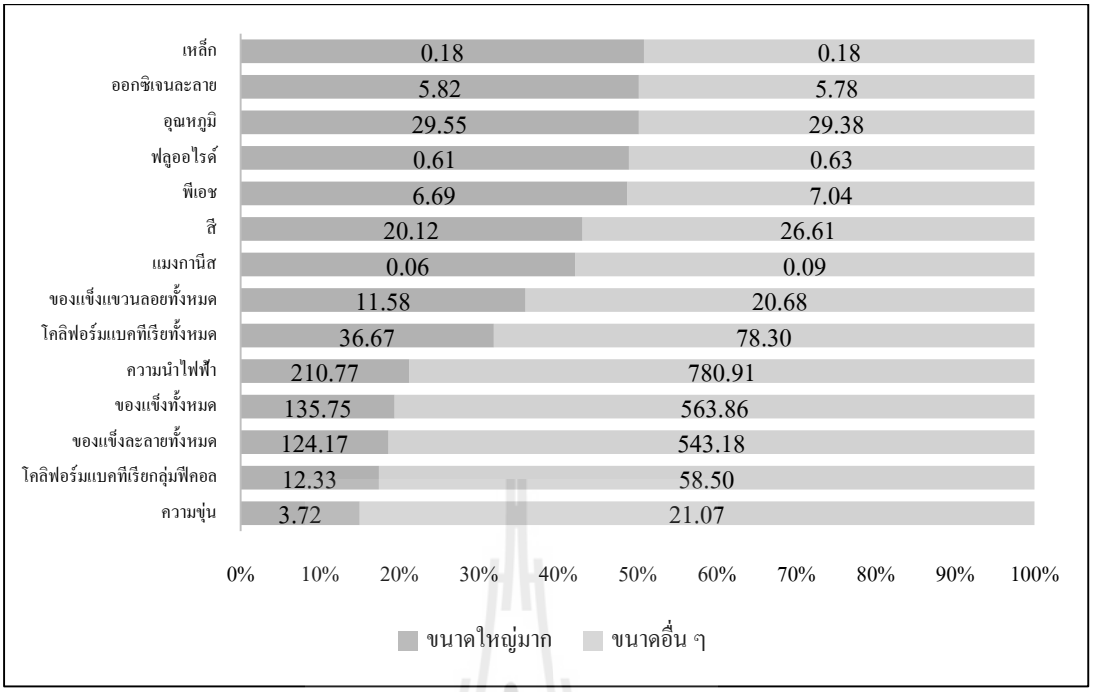
ตารางที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ

พารามิเตอร์	หน่วย	ระบบประปาขนาดใหญ่มาก			ระบบประปาขนาดอื่น ๆ			ผลต่างค่าเฉลี่ย	ค่า P-value	ข้อสรุปของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
		จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	12	5.82	1.34	22	5.78	1.69	0.04	0.944	ไม่แตกต่าง
อุณหภูมิ	เซลเซียส	12	29.55	1.89	22	29.38	1.73	0.17	0.796	ไม่แตกต่าง
พีเอช		12	6.69	0.97	22	7.04	1.14	-0.35	0.369	ไม่แตกต่าง
ความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนซ์/ซม.	12	210.77	64.08	22	780.91	911.14	-570.15	0.008	แตกต่าง*
สี	หน่วย Pt-Co	12	20.12	24.28	22	26.61	28.18	-6.49	0.506	ไม่แตกต่าง
ความขุ่น	NTU	12	3.72	5.11	22	21.07	83.92	-17.35	0.483	ไม่แตกต่าง
เหล็ก	มก./ล.	12	0.18	0.13	22	0.18	0.23	0.01	0.937	ไม่แตกต่าง
แมงกานีส	มก./ล.	12	0.06	0.11	22	0.09	0.19	-0.02	0.700	ไม่แตกต่าง
ฟลูออไรด์	มก./ล.	12	0.61	0.12	22	0.63	0.20	-0.03	0.631	ไม่แตกต่าง
ของแข็งทั้งหมด	มก./ล.	12	135.75	46.96	22	563.86	624.14	-428.11	0.004	แตกต่าง*
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	12	11.58	11.40	22	20.68	52.80	-9.10	0.562	ไม่แตกต่าง
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	12	124.17	45.22	22	543.18	622.92	-419.02	0.005	แตกต่าง*
โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด	โคโลนี/100 มล.	12	36.67	74.73	22	78.30	170.92	-41.63	0.430	ไม่แตกต่าง
โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคอล	โคโลนี/100 มล.	12	12.33	32.83	22	58.50	151.14	-46.17	0.307	ไม่แตกต่าง

หมายเหตุ : * คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 4.35 ลักษณะการแจกแจงของพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ (1) ความนำไฟฟ้า (2) ของแข็งทั้งหมด และ (3) ของแข็งละลายทั้งหมด



รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์น้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือน ระหว่างระบบประปาขนาดใหญ่มากกับขนาดอื่น ๆ

4.3.5 สรุปผลคุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือน

1. คุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือน พบว่า พารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าร้อยละ 30 ได้แก่ ค่าสี ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม และพารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำ ฟลูออไรด์ เหล็กและแมงกานีส ส่วนแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการศึกษาจำนวน 8 แห่งในช่วงฤดูฝนและ 1 แห่งในช่วงฤดูแล้ง พบว่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าร้อยละ 30 ได้แก่ ค่าสี ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม และพารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ค่าของแข็งละลายน้ำ และฟลูออไรด์ และระบบประปาทั้ง 2 ประเภทมีค่าคลอรีนตกค้างน้อยกว่า 0.20 มก./ล.

2. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาระหว่างระบบประปาผิวดินและระบบประปาน้ำบาดาล พบว่าระบบประปาน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ สี และเหล็ก ระบบประปาน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ย 1 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ พีเอช และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินมีพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ได้แก่ ความขุ่นและของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ส่วนน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำบาดาลมี

พารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ได้แก่ ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งมีผลมาจากคุณภาพน้ำดิบ และกระบวนการผลิตน้ำในระบบประปา เนื่องจากระบบประปาน้ำบาดาล ไม่มีระบบการฆ่าเชื้อ จึงเป็นสาเหตุในการพบแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ต่าง ๆ

3. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล พบว่าในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 2 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ออกซิเจนละลายและพีเอช ส่วนฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 2 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิและฟลูออไรด์ และพบว่าในฤดูแล้งน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับกรณีน้ำประปาที่จุดออกจากโรงประปา

4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 4 จังหวัด พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพารามิเตอร์ใด ๆ ทั้ง 14 ตัว ในภาพรวมจึงอาจกล่าวได้ว่าจังหวัดซึ่งเป็นที่ตั้งของระบบประปาไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณภาพน้ำประปามีความแตกต่างกัน

5. ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาขนาดใหญ่มากมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์ต่ำกว่าโรงประปาขนาดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ คุณภาพน้ำประปาจากระบบประปาชุมชน และน้ำประปา ณ จุดใช้งานภายในครัวเรือนภายในพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ เพื่อนำมาประเมินโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา และการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ปัจจัยที่มีความสำคัญและคาดว่าจะมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะของน้ำ ได้แก่ แหล่งน้ำดิบ ฤดูกาล ที่ตั้งของระบบประปา และขนาดของระบบประปา เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาในกรณีที่มีที่มาของปัญหาร่วมกัน เพื่อปรับปรุงการผลิตน้ำประปาชุมชนให้มีประสิทธิภาพต่อไป มีผลสรุปการศึกษาและข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ แหล่งน้ำดิบ น้ำประปา ณ สถานีสูบจ่าย และน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือน นำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดูกาล พบว่า มีความแตกต่างในบางพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช และการปนเปื้อนน้ำทางแบคทีเรีย โดยในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝน และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างขนาดของโรงประปา พบว่า คุณภาพน้ำจากโรงประปาขนาดใหญ่มีคุณภาพน้ำดีกว่าจากโรงประปาขนาดอื่นๆ เนื่องมาจากระบบประปาที่มีขนาดใหญ่จะมีการดำเนินงานในด้านการผลิตที่ดีกว่าระบบประปาขนาดอื่น ทำให้น้ำประปามีคุณภาพดีกว่า ส่วนการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากระบบประปาระหว่าง 4 จังหวัด ไม่สามารถสรุปผลการศึกษาได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องจำนวนตัวอย่าง ถึงไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

5.1.1 สรุปผลการศึกษาและประเมินคุณภาพแหล่งน้ำดิบ

1) แหล่งน้ำผิวดินที่ทำการศึกษาจำนวน 16 แห่ง พบว่า มีค่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานค่อนข้างสูง ได้แก่ แอมโมเนีย ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม ส่วนแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการศึกษาจำนวน 8 แห่งในช่วงฤดูฝนและ 1 แห่งในช่วงฤดูแล้ง พบว่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ ค่าความกระด้าง ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม

2) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินและและแหล่งน้ำบาดาล พบว่าแหล่งน้ำผิวดินมีพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ส่วนน้ำบาดาลมีพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ได้แก่ ของแข็งละลายน้ำและค่า

การนำไฟฟ้า และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 4 พารามิเตอร์สูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ฤดูฝนมีเพียง 1 พารามิเตอร์

3) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 4 จังหวัด พบว่า ความกระด้างทั้งหมดและความกระด้างแคลเซียมในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมาสูงกว่าจังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดชัยภูมิสูงกว่าอีก 2 จังหวัด คือ บุรีรัมย์และสุรินทร์ ค่าคลอไรด์ในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดนครราชสีมามีค่าสูงกว่าอีก 2 จังหวัด ได้แก่ บุรีรัมย์และชัยภูมิ และค่าของแข็งในน้ำดิบของระบบประปาในจังหวัดชัยภูมิมีค่าสูงกว่าทุกจังหวัด

5.1.2 สรุปผลการศึกษาและประเมินคุณภาพน้ำประปา ณ สถานีสูบจ่าย

1) ระบบประปาผิวดินที่ทำการศึกษาจำนวน 16 แห่ง พบว่า พารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าร้อยละ 30 ได้แก่ ค่าสี ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม และพารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำ ฟลูออไรด์ เหล็กและแมงกานีส ส่วนแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการศึกษาจำนวน 8 แห่ง ในช่วงฤดูฝนและ 1 แห่งในช่วงฤดูแล้ง พบว่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากว่าร้อยละ 30 ได้แก่ ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม และระบบประปาทั้ง 2 ประเภทมีค่าคลอรีนตกค้างน้อยกว่า 0.20 มก./ล.

2) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล พบว่า ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์สูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ ฟลูออไรด์ และฟีคัลโคลิฟอร์ม ขณะที่ฤดูฝนมีเพียง 1 พารามิเตอร์ ได้แก่ พีเอช

3) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 4 จังหวัด พบว่า จังหวัดชัยภูมิ มีค่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาสูงกว่าอีก 2 จังหวัด คือ บุรีรัมย์และสุรินทร์ และลักษณะการแจกแจงของทั้งค่าของแข็งทั้งหมดในรูปแบบ Box Plot พบว่าข้อมูลของจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์มีการกระจายของข้อมูลน้อย และมีค่าต่ำกว่าจังหวัดชัยภูมิอย่างชัดเจน

4) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่างขนาดของระบบประปา พบว่าน้ำประปาที่ออกจากโรงประปาขนาดใหญ่มากมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์ต่ำกว่าโรงประปาขนาดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด และค่าพารามิเตอร์ที่ระบบประปาขนาดใหญ่มากมีค่าต่ำกว่า ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เนื่องมาจากระบบประปาที่มีขนาดใหญ่จะมีการดำเนินงานในด้านการผลิตที่ดีกว่าระบบประปาขนาดอื่น ๆ

5.1.3 สรุปผลการศึกษาและประเมินคุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือน

1) คุณภาพน้ำประปา ณ จุดใช้งานในครัวเรือน พบว่า พารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากกว่าร้อยละ 30 ได้แก่ ค่าสี ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม และพารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำ ฟลูออไรด์ เหล็กและแมงกานีส ส่วนแหล่งน้ำบาดาลที่ทำการศึกษาจำนวน 8 แห่งในช่วงฤดูฝน และ 1 แห่งในช่วงฤดูแล้ง พบว่าคุณภาพน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมากว่าร้อยละ 30 ได้แก่ ค่าสี ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม และพารามิเตอร์ที่มีตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 30 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ค่าของแข็งละลายน้ำ และฟลูออไรด์ และระบบประปาทั้ง 2 ประเภทมีค่าคลอรีนตกค้างน้อยกว่า 0.20 มก./ล.

2) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาระหว่างระบบประปาผิวดินและระบบประปาน้ำบาดาล พบว่าระบบประปาน้ำผิวดินมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ สี และเหล็ก ระบบประปาน้ำบาดาลมีค่าเฉลี่ย 1 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ พีเอช และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำผิวดินมีพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ได้แก่ ความขุ่นและของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ส่วนน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาน้ำบาดาลมีพารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ได้แก่ ค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งมีผลมาจากคุณภาพน้ำดิบ และกระบวนการผลิตน้ำในระบบประปา เนื่องจากระบบประปาน้ำบาดาล ไม่มีระบบการฆ่าเชื้อ จึงเป็นสาเหตุในการพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มต่าง ๆ

3) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล พบว่าในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 2 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ออกซิเจนละลายและพีเอช ส่วนฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 2 พารามิเตอร์สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิและฟลูออไรด์ และพบว่าในฤดูแล้งน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับกรณีน้ำประปาที่จุดออกจากโรงประปา

4) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 4 จังหวัด พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพารามิเตอร์ใด ๆ ทั้ง 14 ตัว ในภาพรวมจึงอาจกล่าวได้ว่าจังหวัดซึ่งเป็นที่ตั้งของระบบประปาไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณภาพน้ำประปามีความแตกต่างกัน

5) ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าน้ำประปาที่จุดใช้งานในครัวเรือนของระบบประปาขนาดใหญ่มากมีค่าเฉลี่ย 3 พารามิเตอร์ต่ำกว่าโรงประปาขนาดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด

5.2 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

5.2.1 จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำดิบ น้ำประปา ณ จุดจ่ายน้ำของระบบประปา และน้ำประปา ณ จุดใช้งานที่ครัวเรือน ปัญหาที่สำคัญของคุณภาพน้ำ คือ ด้านชีววิทยา ซึ่งแสดงให้เห็นโดยค่าโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าฟีคัลโคลิฟอร์ม ทั้งในแหล่งน้ำดิบมาจนถึงจุดใช้งานในครัวเรือน คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่ากระบวนการผลิตน้ำประปาชุมชนควรมีการปรับปรุง โดยเพิ่มหน่วยการผลิตน้ำที่ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรค อาทิ ถังสัมผัสคลอรีน เพื่อสามารถแก้ปัญหาคุณภาพน้ำตามผลการศึกษาวิจัย สามารถผลิตน้ำประปาได้ตามมาตรฐานน้ำประปาเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเนื่องจากน้ำเป็นสาเหตุของประชากรในชุมชน

5.2.2 จากผลการศึกษาวิจัย หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น การประปาส่วนภูมิภาค องค์บริหารส่วนตำบล ระบบประปาหมู่บ้านต่าง ๆ สามารถนำผลการศึกษาที่ได้ เพื่อนำไปใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เพื่อแก้ไขปัญหาการผลิตน้ำประปาให้มีคุณภาพต่อไป อาทิ ผลการศึกษาในส่วนการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำดิบระหว่าง 4 จังหวัด ซึ่งพบว่าน้ำดิบที่จังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิมีบางพารามิเตอร์ที่ค่าสูงกว่าจังหวัดอื่น อาทิ ความกระด้าง คลอไรด์ และของแข็งทั้งหมด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและเลือกแหล่งน้ำในอนาคตของแต่ละพื้นที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กิตติยา กฤติยรังสิต และ ฉัตรเพชร ยศพล (2552). การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาชุมชนในเขตเมืองนครราชสีมา การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7 21-22 พฤษภาคม 2552.

กองสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย (2552). ข้อกำหนดการรับรอง การตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก 21 หน้า.

นฤมล ประภาสมุทร และ วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ (2549). การดูแลระบบผลิตและคุณภาพน้ำประปาของระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินในเขตจังหวัดขอนแก่น วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 6(2) 121-134.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (2543). ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117 ตอนพิเศษ 95 ง ลงวันที่ 15 กันยายน 2543.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 ออกตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรฐานทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ.

วารสารการประปานครหลวง (2540) การปนเปื้อนของหนอนแดง, 13(130) เดือนเมษายน 2540.

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

H. Y. Richardson, G. Nichols, C. Lane, L. R. Lake, and P. R. Hunter (2009). Microbiological surveillance of private water supplies in England-The impact of environmental and climate factor on water quality, Water Research, vol. 43, pp. 2159-2168.

H Yokota, K Tanabe, M Sezaki, Y Akiyoshi, T Miyata, K awahara, S Tsushima, H Hironaka, H Takafuji, M Rahman, Sk.A Ahmad, M.H.S.U Sayed and M.H Faruquee (2001). Arsenic contamination of ground and pond water and water purification system using pond water in Bangladesh, Engineering Geology, vol. 60, pp.323-331.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Majuru, B., Michael Mokoena, M., Jagals, P., and Hunter, P. R. (2011). Health impact of small - community water supply reliability. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 214(2), pp162 - 166.

UNICEF, WHO (2009). Diarrhoea: why children are still dying and what can be done. New York: United Nations Children's Fund.

WHO (1993). Guidelines for drinking water quality, 2 nd edition, Recommendation volume 1.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำดิบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
K5GM	26.20	48.286	0.912
K6GM	26.90	39.714	0.584
C17GM	29.00	0.000	0.584
K1GL	27.80	13.571	0.387
C15GL	-	-	-
B27GL	30.20	6.429	0.341
S31GL	28.90	3.571	0.617
K4GN	29.55	0	0.422
B26GN	27.90	8.333	1.352
Min - Max	26.20 - 33.60	0.00 - 48.29	0.34 - 2.79
Mean	28.31	14.99	0.65
S.D.	1.35	18.59	0.34

ตารางที่ ก-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
S34SS	30.20	6.47	32.8
K11SM	27.22	8.17	145
C18SM	30.60	7.66	4100
B25SM	31.00	6.14	33.7
K9SL	29.10	8.25	350
K10SL	28.40	7.50	990
C12SL	30.40	5.90	138
B20SL	30.10	7.02	101.2
C16SV	30.50	7.65	172
K7SV	27.83	7.64	222
B21SV	30.32	8.41	186
S28SV	30.50	7.93	63
S32SV	30.50	7.24	92.8
B23SN	33.60	8.27	100
B24SN	31.20	7.03	72.3
S30SN	30.60	8.58	80
Min - Max	27.22 - 31.20	5.90 - 8.58	32.80 - 4100
Mean	30.13	7.49	429.93
S.D.	1.48	0.81	1005.17

ตารางที่ ก-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
S35GL	31.20	0.000	0.781
Min - Max	-	-	-
Mean	31.20	0.000	0.781
S.D.	-	-	-

ตารางที่ ก-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
K7SV	31.50	366	5.560
K9SL	32.10	1650	22.367
K10SL	32.80	1070	4.287
K36SM	36.30	222	30.767
C12SL	33.20	220	14.033
C16SV	30.30	127	12.033
C18SM	34.90	366	9.760
B20SL	32.30	873	124.000
B21SV	30.00	224	14.600
B24SN	37.70	188	64.933
B25SM	32.20	37	4.807
S28SV	29.70	146	5.267
S30SN	37.30	139	40.300
S32SV	31.30	219	31.500
S34SS	34.00	77	1.260
B23SN	33.30	210	25.300
Min - Max	29.70 - 37.70	3.571 - 411.19	1.26 - 124.00
Mean	33.06	114.91	25.67
S.D.	2.46	110.02	31.09

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำดิบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	BOD (mg/L)	ไนไตรท์ (mg/L)
K5GM	4.32	4.09	738	564	28	536	6.50	0.001
K6GM	3.55	5.96	237	366	2	364	3.20	0.001
C17GM	7.21	4.43	1006	609	5	604	3.50	0.000
K1GL	5.10	1.71	729	518	30	488	6.00	0.001
C15GL	-	-	-	-	-	-	-	-
B27GL	7.78	8.79	0.6	333	5	328	2.00	0.003
S31GL	8.20	6.41	1060	799	75	724	1.00	0.000
K4GN	7.35	4.50	233	204	2	202	4.50	0.001
B26GN	8.13	7.66	491.1	299	11	288	2.45	0.000
Min - Max	3.55 - 8.27	1.71 - 8.79	0.60 - 1060.00	72.00 - 799.00	2.00 - 75.00	70.00 - 724.00	1.00 - 6.50	0.00
Mean	6.46	5.44	561.84	461.50	19.75	441.75	3.64	0.00
S.D.	1.84	2.24	385.09	195.56	24.98	176.12	1.92	0.00

ตารางที่ ข-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝน (ต่อ)

รหัส	ไนเตรท (mg/L)	แอมโมเนีย (mg/L)	TKN (mg/L)	ความกระด้างทั้งหมด (mg/L as $CaCO_3$)	ความกระด้างแคลเซียม (mg/L as $CaCO_3$)	ความกระด้างแมกนีเซียม (mg/L as $CaCO_3$)
K5GM	2.56	0	0.28	409	355	54
K6GM	12.91	0.21	0.14	351	350	1
C17GM	0.74	0	1.12	377.5	280	97.5
K1GL	3.01	0	2.24	404	375	29
C15GL	-	-	-	-	-	-
B27GL	2.23	0	0	155	92.5	62.5
S31GL	0.07	0	0	445	350	95
K4GN	2.07	0	2.128	52.5	40	12.5
B26GN	0.70	0.14	0	102.5	35	67.5
Min - Max	0.07 - 24.76	0.00 - 0.21	0.00 - 2.24	52.50 - 445.00	35.00 - 375.00	1.00 - 97.50
Mean	3.04	0.04	0.74	287.06	234.69	52.38
S.D.	4.12	0.08	0.97	156.88	151.57	35.78

ตารางที่ ข-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝน (ต่อ)

รหัส	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ซัลเฟต (mg/L)	คลอไรด์ (mg/L)
K5GM	0.003	0.00	0	18.75
K6GM	0.027	0.00	0	21.81
C17GM	0.246	0.00	67.34	10.67
K1GL	0.017	0.00	0	21.17
C15GL	-	-	-	-
B27GL	0.000	0.00	0	48.94
S31GL	0.028	0.00	42.97	80.32
K4GN	0	0.00	0	23.43
B26GN	0.038	0.00	0	60.45
Min - Max	0.00 - 0.25	0	0.00 - 67.34	10.67 - 80.32
Mean	0.04	0.00	13.79	35.69
S.D.	0.08	0.00	26.35	24.63

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	BOD (mg/L)	ไนไตรท์ (mg/L)
S34SS	6.47	8.10	32.8	97.5	75	22.5	3.73	0.001
K11SM	8.17	4.30	145	611	351	260	2.30	0.029
C18SM	7.66	5.11	4100	2595	47	2548	2.15	0.001
B25SM	6.14	6.01	33.7	28	10	18	1.90	0.000
K9SL	8.25	3.09	350	839	33	806	4.60	0.011
K10SL	7.50	6.03	990	398	12	386	4.70	0.033
C12SL	5.90	8.60	138	173	35	138	2.45	0.008
B20SL	7.02	7.95	101.2	40	12	28	1.45	0.013
C16SV	7.65	4.25	172	262	42	220	5.40	0.009
K7SV	7.64	4.76	222	194	18	176	4.35	0.004
B21SV	8.41	3.50	186	137	25	112	8.10	0.005
S28SV	7.93	8.10	63	106	24	82	3.45	0.002
S32SV	7.24	7.65	92.8	156	60	96	2.68	0.002
B23SN	8.27	8.01	100	72	2	70	3.55	0.002
B24SN	7.03	6.64	72.3	51	7	44	3.15	0.000
S30SN	8.58	9.60	80	79	15	64	3.10	0.002
Min - Max	5.90 - 8.58	3.09 - 9.60	32.80 - 4100.00	28.00 - 2595.00	7.00 - 351.00	18.00 - 2548.00	1.45 - 8.10	0.00 - 0.03
Mean	7.49	6.36	429.93	364.91	48.00	316.91	3.57	0.01
S.D.	0.81	2.01	1005.17	635.38	83.28	626.69	1.64	0.01

ตารางที่ ข-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน (ต่อ)

รหัส	ไนเตรท (mg/L)	แอมโมเนีย (mg/L)	TKN (mg/L)	ความกระด้างทั้งหมด (mg/L as $CaCO_3$)	ความกระด้างแคลเซียม (mg/L as $CaCO_3$)	ความกระด้างแมกนีเซียม (mg/L as $CaCO_3$)
S34SS	0.01	0.7	0	80	7.5	72.5
K11SM	0.61	0.13	0.54	100	80	20
C18SM	2.27	0.42	0.56	500	285	215
B25SM	1.47	0.14	0	47.5	17.5	30
K9SL	2.54	0.67	6.92	207.5	66.25	141.25
K10SL	0.06	0.00	0.67	248	130	118
C12SL	1.50	0	2.24	102.5	42.5	60
B20SL	1.94	0.14	0	70	12.5	57.5
C16SV	2.94	0	2.8	87.5	32.5	55
K7SV	1.61	0.00	2.39	50	45	5
B21SV	0.63	0.54	0.40	94	55	39
S28SV	1.81	0.14	0.84	112.5	22.5	90
S32SV	1.01	0.42	0.42	142.5	47.5	95
B23SN	24.76	0	0.14	65	22.5	42.5
B24SN	4.03	0	0	77.5	27.5	50
S30SN	2.65	0	0.84	95	27.5	67.5
Min - Max	0.01 - 24.76	0.00 - 0.70	0.00 - 6.92	47.50 - 500.00	7.50 - 285.00	5.00 - 215.00
Mean	3.11	0.21	1.17	129.97	57.58	72.39
S.D.	5.87	0.25	1.77	112.42	67.86	51.82

ตารางที่ ข-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน (ต่อ)

รหัส	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ซัลเฟต (mg/L)	คลอไรด์ (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)
S34SS	0.098	0.00	0	19.24	0.363
K11SM	1.174	0.00	0	14.77	0.467
C18SM	0.347	0.00	144.39	476.45	0.786
B25SM	0.781	0.00	0	27.61	0.389
K9SL	0.000	0.39	0	298.88	0.720
K10SL	0.151	0.00	0	208.67	0.604
C12SL	0.759	0.28	0	7.95	0.415
B20SL	0.937	0.61	27.99	23.01	0.275
C16SV	2.295	0.71	0	18.20	0.414
K7SV	0.268	0.04	0	28.45	0.580
B21SV	0.266	0.00	0	35.35	0.485
S28SV	0.313	0.00	0	13.39	0.624
S32SV	0.777	0.25	22.72	24.68	0.558
B23SN	0.246	0.00	0	30.95	0.533
B24SN	0.791	0.04	24.37	25.94	0.554
S30SN	0.063	0.00	10.87	17.99	0.532
Min - Max	0.00 - 2.30	0.00 - 0.71	0.00 - 144.39	7.95 - 476.45	0.28 - 0.79
Mean	0.58	0.14	14.40	79.47	0.52
S.D.	0.58	0.23	36.10	133.14	0.13

ตารางที่ ข-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	BOD (mg/L)	ไนไตรท์ (mg/L)
S35GL	6.77	5.53	1190	631	17	614	2.75	0.008
Min - Max	-	-	-	-	-	-	-	-
Mean	6.77	5.53	1190	631	17	614	2.75	0.008
S.D.	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ข-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง (ต่อ)

รหัส	ไนเตรท (mg/L)	แอมโมเนีย (mg/L)	TKN (mg/L)	ความกระด้างทั้งหมด (mg/L as $CaCO_3$)	ความกระด้างแคลเซียม (mg/L as $CaCO_3$)	ความกระด้างแมกนีเซียม (mg/L as $CaCO_3$)
S35GL	1.60	0	0	185	120	65
Min - Max	-	-	-	-	-	-
Mean	1.60	0	0	185	120	65
S.D.	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ข-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง (ต่อ)

รหัส	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ซัลเฟต (mg/L)	คลอไรด์ (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)
S35GL	0.561	0.29	0	114.23	0.737
Min - Max	-	-	-	-	-
Mean	0.561	0.29	0	114.23	0.737
S.D.	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	BOD (mg/L)	ไนไตรท์ (mg/L)
K7SV	6.00	4.31	366	196	10	186	2.75	0.001
K9SL	6.00	6.70	1650	1023	51	972	5	0.009
K10SL	7.00	5.70	1070	518	16	502	2.875	0.003
K36SM	6.00	8.40	222	144	30	114	9.9	0.006
C12SL	6.00	5.25	220	135	13	122	3	0.005
C16SV	6.00	5.54	127	2934	2860	74	3	0.009
C18SM	6.00	7.35	366	1840	10	1830	2.35	0.021
B20SL	6.82	5.66	873	203	49	154	4.5	0.032
B21SV	5.00	4.21	224	153	19	134	2.4	0.006
B24SN	6.45	5.17	188	144	30	114	2.45	0.008
B25SM	6.64	4.40	37	61	3	58	2.4	0.001
S28SV	6.36	6.46	146	103	13	90	3.65	0.002
S30SN	7.73	8.51	139	135	29	106	1.35	0.004
S32SV	8.00	5.03	219	171	65	106	1	0.006
S34SS	6.64	4.30	77	43	5	38	1.4	0.001
B23SN	6.00	5.25	210	141	49	92	2.85	0.001
Min - Max	1.26 - 124.01	4.21 - 8.51	37.00 - 1650.00	43 - 2934	3 - 2860	38 - 1830	1.0 - 9.9	0.001 - 0.032
Mean	6.42	5.77	383.38	496.50	203.25	293.25	3.18	0.01
S.D.	0.73	1.38	438.57	800.45	708.71	471.61	2.08	0.01

ตารางที่ ข-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง (ต่อ)

รหัส	ไนเตรท (mg/L)	แอมโมเนีย (mg/L)	TKN (mg/L)	ความกระด้างทั้งหมด (mg/L as $CaCO_3$)	ความกระด้างแคลเซียม (mg/L as $CaCO_3$)	ความกระด้างแมกนีเซียม (mg/L as $CaCO_3$)
K7SV	2.51	0	0	167.5	70	97.5
K9SL	3.59	0	0	327.5	212.5	115
K10SL	3.15	0	0.756	222.5	122.5	100
K36SM	7.88	0	0.882	150	70	80
C12SL	1.56	0	0	130	52.5	77.5
C16SV	3.28	0.63	0	82.5	35	47.5
C18SM	1.62	0	0	397.5	250	147.5
B20SL	1.56	0	1.512	77.5	17.5	60
B21SV	2.02	0	0	132.5	37.5	95
B24SN	3.85	0.504	2.772	120	25	95
B25SM	1.53	0.126	1.386	87.5	15	72.5
S28SV	2.82	0	0	90	42.5	47.5
S30SN	0.35	0.378	1.89	112.5	32.5	80
S32SV	14.34	1.764	0.63	135	55	80
S34SS	3.03	0	1.008	85	17.5	67.5
B23SN	1.36	0	0	110	35	75
Min - Max	0.353 - 14.343	0 - 1.764	0 - 2.772	77.5 - 397.5	15 - 250	47.5 - 147.5
Mean	3.40	0.21	0.68	151.72	68.13	83.59
S.D.	3.37	0.46	0.85	91.16	69.36	25.15

ตารางที่ ข-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง (ต่อ)

รหัส	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ซัลเฟต (mg/L)	คลอไรด์ (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)
K7SV	0.062	0.00	1.317	69.37	0.793
K9SL	0.146	0.12	0	544.92	0.640
K10SL	0.066	0.00	0	232.95	0.676
K36SM	0.310	0.36	0	30.71	0.716
C12SL	0.277	0.08	0	32.79	0.680
C16SV	0.000	0.00	0	13.11	0.666
C18SM	0.123	0.00	227.37	419.65	1.059
B20SL	1.537	1.03	217.32	20.36	0.527
B21SV	0.624	0.16	0	50.39	0.655
B24SN	2.072	0.76	0.659	13.46	1.111
B25SM	0.313	0.00	0	18.98	0.701
S28SV	0.385	0.00	0	17.95	0.693
S30SN	0.360	0.00	0	13.80	1.068
S32SV	0.366	0.00	13.17	23.81	0.888
S34SS	0.484	0.00	0	27.95	0.430
B23SN	0.767	0.21	0	32.79	0.845
Min - Max	0-2.072	0-1.026	0 - 227.37	13.114 - 544.92	0.43 - 1.11
Mean	0.49	0.17	28.74	97.69	0.76
S.D.	0.56	0.30	75.67	160.84	0.19

ภาคผนวก ค

ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำดิบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
K5GM	27.5	0
K6GM	50	10
C17GM	65	0
K1GL	10	4
C15GL	-	-
B27GL	52.5	42
S31GL	245	71
K4GN	5	4
B26GN	145	92
Min - Max	5.00 - 337.50	0.00 - 103.00
Mean	75.00	27.88
S.D.	81.43	36.22

ตารางที่ ค-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
S34SS	0	0
K11SM	42.5	22
C18SM	0	0
B25SM	252.5	49
K9SL	0	0
K10SL	17.5	6
C12SL	22.5	0
B20SL	302.5	155
C16SV	0	0
K7SV	37.5	6
B21SV	10	2
S28SV	60	42
S32SV	77.5	49
B23SN	337.5	103
B24SN	387.5	42
S30SN	92.5	3
Min - Max	0.00 - 387.50	0.00 - 155.00
Mean	102.50	29.94
S.D.	135.03	44.12

ตารางที่ ค-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
S35GL	610	580
Min - Max	-	-
Mean	610	580
S.D.	-	-

ตารางที่ ค-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
K7SV	80	15
K9SL	787.5	662.5
K10SL	0	0
K36SM	472.5	162.5
C12SL	0	0
C16SV	352.5	307.5
C18SM	262.5	132.5
B20SL	80	42.5
B21SV	272.5	235
B24SN	572.5	485
B25SM	82.5	57.5
S28SV	390	280
S30SN	87.5	62.5
S32SV	262.5	175
S34SS	837.5	785
B23SN	572.5	540
Min - Max	0 - 837.5	0 – 785
Mean	319.53	246.41
S.D.	268.63	247.99

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของน้ำจากสถานีสูบจ่าย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
K5GM	-	-	-
K6GM	-	-	-
C17GM	-	-	-
K1GL	-	-	-
C15GL	-	-	-
B27GL	-	-	-
S31GL	28.80	2.619	0.542
K4GN	-	-	
B26GN	-	-	-
Min - Max	-	-	-
Mean	28.80	2.619	0.542
S.D.	-	-	-

ตารางที่ ง-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
S34SS	-	-	-
K11SM	27.70	175.952	518.667
C18SM	30.00	42.143	10.543
B25SM	29.90	26.429	3.650
K9SL	29.60	34.524	6.083
K10SL	28.50	69.714	3.037
C12SL	33.20	15.000	2.010
B20SL	29.60	17.381	5.513
C16SV	30.09	7.857	2.717
K7SV	26.49	79.762	18.967
B21SV	28.60	54.000	6.197
S28SV	29.50	25.000	3.017
S32SV	28.80	2.619	2.590
B23SN	29.20	34.048	2.597
B24SN	29.10	92.143	16.767
S30SN	29.20	34.048	2.597
Min - Max	26.49 - 33.30	2.62 - 175.95	2.01 - 518.67
Mean	29.30	47.37	40.33
S.D.	1.43	44.02	132.43

ตารางที่ ง-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
S35GL	-	-	-
Min - Max	-	-	-
Mean	-	-	-
S.D.	-	-	-

ตารางที่ ง-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
K7SV	30.70	3.095	2.270
K9SL	32.60	27.857	10.063
K10SL	32.20	32.143	4.480
K36SM	33.40	36.905	8.563
C12SL	29.80	15.000	1.853
C16SV	29.80	1.190	1.151
C18SM	34.90	61.190	10.420
B20SL	30.00	15.476	2.027
B21SV	30.00	10.238	2.740
B24SN	32.80	234.048	43.433
B25SM	29.60	10.238	4.107
S28SV	29.60	40.714	2.870
S30SN	33.40	298.333	92.867
S32SV	33.10	11.190	1.400
S34SS	33.90	0.000	0.790
B23SN	32.60	55.952	11.667
Min - Max	29.60 - 34.90	0 - 298.333	0.790 - 92.867
Mean	31.78	53.35	12.54
S.D.	1.80	85.93	23.78

ภาคผนวก จ

ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของของน้ำจากสถานีสูบจ่าย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	ไนไตรท์ (mg/L)
K5GM	-	-	-	-	-	-	-
K6GM	-	-	-	-	-	-	-
C17GM	-	-	-	-	-	-	-
K1GL	-	-	-	-	-	-	-
C15GL	-	-	-	-	-	-	-
B27GL	-	-	-	-	-	-	-
S31GL	6.74	8.90	1030	429	29	400	0.001
K4GN	-	-	-	-	-	-	-
B26GN	-	-	-	-	-	-	-
Min - Max	-	-	-	-	-	-	-
Mean	6.74	8.90	1030	429	29	400	0.001
S.D.	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ จ-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูฝน (ต่อ)

รหัส	ไนเตรท (mg/L)	แอมโมเนีย (mg/L)	TKN (mg/L)	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)
K5GM	-	-	-	-	-	-
K6GM	-	-	-	-	-	-
C17GM	-	-	-	-	-	-
K1GL	-	-	-	-	-	-
C15GL	-	-	-	-	-	-
B27GL	-	-	-	-	-	-
S31GL	0.07	0	0	0.056	0.00	0.538
K4GN	-	-	-	-	-	-
B26GN	-	-	-	-	-	-
Min - Max	-	-	-	-	-	-
Mean	0.07	0	0	0.056	0.00	0.538
S.D.	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ จ-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	ไนไตรท์ (mg/L)	ไนเตรท (mg/L)
S34SS	-	-	-	-	-	-	-	-
K11SM	7.70	4.50	119.1	553	395	158	0.012	1.75
C18SM	7.75	3.20	3200	2624	60	2564	0.001	0.87
B25SM	6.21	5.34	63.4	67	25	42	0.002	1.12
K9SL	7.89	3.59	700	873	15	858	0.006	2.41
K10SL	8.22	5.92	980	536	10	526	0.043	2.04
C12SL	6.00	6.05	179	142	4	138	0.002	0.67
B20SL	5.35	6.90	113.5	75	3	72	0.002	2.10
C16SV	7.33	5.20	237	173	35	138	0.006	0.21
K7SV	7.39	4.82	212	182	10	172	0.007	2.14
B21SV	8.00	5.40	196	137	23	114	0.003	0.24
S28SV	7.80	8.72	68	86	30	56	0.001	1.03
S32SV	7.65	8.02	108.4	89	21	68	0.001	0.92
B23SN	8.15	8.41	130	83	11	72	0.012	2.41
B24SN	7.34	5.50	80	65	11	54	0.006	2.90
S30SN	8.15	8.41	130	83	11	72	0.012	2.41
Min - Max	5.35 - 8.22	3.20 - 8.72	63.40 - 3200.00	65.00 - 2624.00	3.00 - 395.00	42.00 - 2564.00	0.00 - 0.04	0.21 - 2.90
Mean	7.40	6.00	434.43	384.53	44.27	340.27	0.01	1.55
S.D.	0.86	1.75	807.06	663.76	98.11	653.77	0.01	0.87

ตารางที่ จ-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูฝน (ต่อ)

รหัส	แอมโมเนีย (mg/L)	TKN (mg/L)	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)	คลอรีนตกค้าง (mg/L)
S34SS	-	-	-	-	-	-
K11SM	0.13	9.68	1.071	0.11	0.556	0.2
C18SM	0.28	2.24	0.408	0.76	0.889	-
B25SM	0	0	0.372	0.00	0.385	0.2
K9SL	0.13	2.93	0	0.00	0.813	0.2
K10SL	0.27	3.23	0.614	0.00	0.650	0.5
C12SL	0	1.96	0.535	0.04	0.381	< 0.2
B20SL	0	0	0.312	0.00	0.468	< 0.2
C16SV	0	1.4	0.301	0.63	0.282	> 1.0
K7SV	0.00	2.26	0.218	0.00	0.625	< 0.2
B21SV	0	0.81	0.226	0.00	0.505	< 0.2
S28SV	0	0.84	0.160	0.00	0.565	< 0.2
S32SV	0.28	3.92	0.018	0.00	0.575	< 0.2
B23SN	0.28	0	0.152	0.00	0.511	< 0.2
B24SN	0	0.28	0.865	0.03	0.515	< 0.2
S30SN	0.28	0	0.152	0.00	0.511	< 0.2
Min - Max	0.00 - 0.28	0.00 - 9.68	0.00 - 1.07	0.00 - 0.76	0.28 - 0.89	ไม่มีการเติม - <0.50
Mean	0.11	1.97	0.36	0.10	0.55	-
S.D.	0.13	2.50	0.30	0.24	0.16	-

ตารางที่ จ-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	ไนไตรท์ (mg/L)	ไนเตรท (mg/L)
S35GL	-	-	-	-	-	-	-	-
Min - Max	-	-	-	-	-	-	-	-
Mean	-	-	-	-	-	-	-	-
S.D.	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ จ-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง (ต่อ)

รหัส	แอมโมเนีย (mg/L)	TKN (mg/L)	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)	คลอรีนตกค้าง (mg/L)
S35GL	-	-	-	-	-	-
Min - Max	-	-	-	-	-	-
Mean	-	-	-	-	-	-
S.D.	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	ไนไตรท์ (mg/L)	ไนเตรท (mg/L)
K7SV	6.00	4.18	390	198	10	188	0.002	1.38
K9SL	6.00	4.74	1850	1055	29	1026	0.008	4.32
K10SL	7.00	4.62	1050.00	509	7	502	0.006	3.36
K36SM	6.00	5.10	269	164	20	144	0.008	0.72
C12SL	6.00	3.85	204	145	5	140	0.005	1.47
C16SV	6.00	5.56	167	97	7	90	0.004	2.49
C18SM	6.00	7.35	390	1826	16	1810	0.027	3.25
B20SL	5.00	5.43	124	73	5	68	0.009	1.12
B21SV	6.00	4.35	251	126	12	114	0.001	0.93
B24SN	7.75	4.91	79	128	30	98	0.007	0.13
B25SM	5.64	5.73	810	89	3	86	0.001	0.82
S28SV	6.29	6.63	149	103	7	96	0.001	2.09
S30SN	7.07	4.55	149	178	94	84	0.003	5.38
S32SV	7.12	5.17	166	130	2	128	0.009	3.46
S34SS	6.74	4.80	75	55	3	52	0.005	3.39
B23SN	6.00	4.20	239	140	28	112	0.001	10.34
Min - Max	5.00 - 7.75	3.85 - 7.35	75.00 - 1850.00	55 - 1826	2 - 94	52 - 1810	0.001 - 0.027	0.130 - 10.34
Mean	6.29	5.07	397.63	313.50	17.37	296.12	0.01	2.79
S.D.	0.68	0.92	470.23	473.13	22.58	472.16	0.01	2.49

ตารางที่ จ-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง (ต่อ)

รหัส	แอมโมเนีย (mg/L)	TKN (mg/L)	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)	คลอรีนตกค้าง (mg/L)
K7SV	0	0.756	0.144	0.00	0.825	> 1.0
K9SL	0	0	0.066	0.77	0.691	< 0.2
K10SL	1.134	0	0.068	0.00	0.744	< 0.2
K36SM	0	0.504	0.433	0.38	0.751	0.2
C12SL	0	0	0.136	0.00	0.708	< 0.2
C16SV	0.63	0	0.066	0.00	0.738	< 0.2
C18SM	0	0	0.380	0.00	1.047	> 1.0
B20SL	0	1.638	0.726	0.00	0.990	< 0.2
B21SV	0	0	0.345	0.14	0.709	< 0.2
B24SN	1.512	2.898	1.521	0.73	0.915	< 0.2
B25SM	0	4.032	0.239	0.12	0.451	< 0.2
S28SV	0	0.252	0.372	0.27	0.697	< 0.2
S30SN	0.504	2.394	1.251	0.40	0.900	0
S32SV	2.772	0.126	0.087	0.00	0.827	0
S34SS	0	1.134	0.499	0.00	1.096	0
B23SN	0	0	0.373	0.00	0.883	< 0.2
Min - Max	0 - 2.772	0 - 4.032	0.066 - 1.521	0 - 0.772	0.451 - 1.096	0.00 - 0.20
Mean	0.41	0.86	0.42	0.18	0.81	-
S.D.	0.78	1.25	0.42	0.26	0.16	-

ภาคผนวก ฉ

ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของน้ำจากสถานีสูบจ่าย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฉ-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
K5GM	-	-
K6GM	-	-
C17GM	-	-
K1GL	-	-
C15GL	-	-
B27GL	-	-
S31GL	152.5	55
K4GN	-	-
B26GN	-	-
Min - Max	-	-
Mean	152.5	55
S.D.	-	-

ตารางที่ ฉ-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
S34SS	-	-
K11SM	15	12
C18SM	0	0
B25SM	0	0
K9SL	0	0
K10SL	12.5	0
C12SL	0	0
B20SL	300	154
C16SV	0	0
K7SV	32.5	24
B21SV	0	0
S28SV	15	11
S32SV	0	0
B23SN	245	91
B24SN	287.5	34
S30SN	245	91
Min - Max	0.00 - 300.00	0.00 - 154.00
Mean	76.83	27.80
S.D.	121.25	46.81

ตารางที่ ฉ-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
S35GL	-	-
Min - Max	-	-
Mean	-	-
S.D.	-	-

ตารางที่ ฉ-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพน้ำสถานีสูบจ่ายของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
K7SV	0	0
K9SL	637.5	522.5
K10SL	0	0
K36SM	77.5	65
C12SL	0	0
C16SV	335	245
C18SM	95	50
B20SL	65	35
B21SV	122.5	0
B24SN	325	317.5
B25SM	75	50
S28SV	100	57.5
S30SN	40	22.5
S32SV	145	100
S34SS	672.5	647.5
B23SN	435	427.5
Min - Max	0 - 672.5	0 - 647.5
Mean	195.31	158.75
S.D.	220.29	209.27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ช

ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ช-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
K5GM	27.90	31.143	0.907
K6GM	27.70	38.286	0.499
C17GM	27.60	0.000	0.514
K1GL	27.00	13.571	0.383
C15GL	27.80	0.000	0.347
B27GL	29.40	5.000	0.330
S31GL	28.80	0.000	0.389
K4GN	28.30	0	0.395
B26GN	27.50	7.857	1.120
Min - Max	27.00 - 29.40	0.00 - 38.29	0.33 - 2.37
Mean	28.00	10.65	0.54
S.D.	0.73	14.52	0.28

ตารางที่ ช-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
S34SS	28.10	6.905	3.028
K11SM	28.40	84.524	396.333
C18SM	32.20	59.286	10.533
B25SM	29.50	25.476	3.633
K9SL	28.80	21.190	3.807
K10SL	27.60	59.286	2.193
C12SL	29.50	10.714	1.070
B20SL	29.90	6.429	1.450
C16SV	29.30	5.000	2.453
K7SV	26.94	79.762	18.633
B21SV	29.15	54.000	5.740
S28SV	27.80	14.524	1.917
S32SV	27.90	2.619	2.100
B23SN	29.30	26.429	2.370
B24SN	29.60	91.667	16.700
S30SN	27.40	7.381	4.590
Min - Max	26.94 - 32.20	2.62 - 91.67	1.07 - 396.33
Mean	28.84	34.70	29.78
S.D.	1.27	31.50	97.89

ตารางที่ ช-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
S35GL	30.3	0.000	0.256
Min - Max	-	-	-
Mean	30.3	0.000	0.256
S.D.	-	-	-

ตารางที่ ช-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	อุณหภูมิ (°C)	สี (Pt-Co)	ความขุ่น (NTU)
K7SV	29.70	4.048	1.330
K9SL	30.60	64.048	4.143
K10SL	31.70	14.048	1.910
K36SM	31.90	71.190	15.000
C12SL	32.10	4.524	1.114
C16SV	29.50	2.143	0.208
C18SM	31.60	68.810	12.800
B20SL	28.60	5.476	1.827
B21SV	29.70	33.571	7.033
B24SN	29.40	0.714	0.740
B25SM	28.30	10.714	2.320
S28SV	29.00	21.190	1.150
S30SN	32.20	151.667	25.767
S32SV	34.00	9.286	1.833
S34SS	32.70	0.000	0.842
B23SN	33.60	125.476	28.500
Min - Max	28.30 - 34.00	0 - 151.667	0.208 - 28.500
Mean	30.91	36.68	6.66
S.D.	1.79	47.02	9.11

ภาคผนวก ซ

ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีของของน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ซ-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)
K5GM	7.83	4.88	711	444	8	436
K6GM	7.05	7.05	650	418	6	412
C17GM	7.37	3.89	980	599	9	590
K1GL	7.84	3.58	707	320	8	312
C15GL	6.70	6.44	1516	1057	9	1048
B27GL	7.78	8.19	283	358	6	352
S31GL	8.07	9.07	1010	247	23	224
K4GN	7.70	6.50	206	214	2	212
B26GN	7.70	7.75	510	275	3	272
Min - Max	6.70 - 8.07	3.58 - 9.07	117.40 - 1516.00	75 - 1057	2.00 - 23.00	64.00 - 1048.00
Mean	7.56	6.37	730.33	436.89	8.22	428.67
S.D.	0.44	1.91	401.37	260.54	6.08	260.48

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ซ-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูฝน (ต่อ)

รหัส	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)	คลอรีนตกค้าง (mg/L)
K5GM	0.007	0.00	0.458	-
K6GM	0.000	0.00	0.407	-
C17GM	0.232	0.48	0.479	-
K1GL	0.000	0.00	0.476	-
C15GL	0.185	0.00	0.604	-
B27GL	0.042	0.00	0.467	-
S31GL	0.038	0.00	0.744	-
K4GN	0	0.00	0.614	-
B26GN	0.027	0.00	0.995	-
Min - Max	0.00 - 0.58	0.00 - 0.48	0.41 - 1.00	-
Mean	0.06	0.05	0.58	-
S.D.	0.09	0.16	0.19	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ซ-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)
S34SS	9.12	8.30	84.3	24	10	14
K11SM	7.23	4.15	78.9	428	254	174
C18SM	7.38	4.68	4140	2592	36	2556
B25SM	5.86	5.83	53.9	38	4	34
K9SL	8.12	3.65	910	870	6	864
K10SL	8.20	8.19	950	531	5	526
C12SL	8.12	6.53	146	148	42	106
B20SL	8.55	7.40	124	85	7	78
C16SV	7.61	5.24	225	222	22	200
K7SV	7.33	5.19	210	191	13	178
B21SV	6.80	6.82	201	174	8	166
S28SV	8.05	8.10	133	63	17	46
S32SV	6.09	8.30	218.2	82	6	76
B23SN	7.73	8.41	117.4	75	11	64
B24SN	7.44	4.81	76.7	96	14	82
S30SN	7.20	8.56	1800	117	33	84
Min - Max	5.86 - 9.12	3.65 - 8.56	53.90 - 4140.00	24.00 - 2592.00	4.00 - 254.00	14.00 -2556.00
Mean	7.55	6.51	591.78	358.50	30.50	328.00
S.D.	0.84	1.72	1057.67	636.16	60.75	632.93

ตารางที่ ซ-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูฝน (ต่อ)

รหัส	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)	คลอรีนตกค้าง (mg/L)
S34SS	0.114	0.00	0.337	-
K11SM	0.947	0.63	0.455	< 0.2
C18SM	0.377	0.50	0.904	-
B25SM	0.316	0.00	0.417	0.2
K9SL	0	0.00	0.773	< 0.2
K10SL	0.034	0.00	0.575	0.2
C12SL	0.344	0.05	0.400	< 0.2
B20SL	0.130	0.00	0.435	< 0.2
C16SV	0.245	0.36	0.439	> 1.0
K7SV	0.281	0.00	0.602	< 0.2
B21SV	0.202	0.00	0.499	< 0.2
S28SV	0.027	0.00	0.595	< 0.2
S32SV	0.060	0.00	0.518	< 0.2
B23SN	0.582	0.00	0.429	< 0.2
B24SN	0.720	0.00	0.519	< 0.2
S30SN	0.211	0.00	0.907	< 0.2
Min - Max	0.00 - 0.95	0.00 - 0.63	0.34 - 0.91	ไม่มีการเติม - <0.20
Mean	0.29	0.10	0.55	-
S.D.	0.27	0.20	0.17	-

ตารางที่ ซ-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)
S35GL	6.83	6.15	1230	631	3	628
Min - Max	-	-	-	-	-	-
Mean	6.83	6.15	1230	631	3	628
S.D.	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ซ-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง (ต่อ)

รหัส	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)	คลอรีนตกค้าง (mg/L)
S35GL	0.075	0.00	0.715	0
Min - Max	-	-	-	-
Mean	0.075	0.00	0.715	0
S.D.	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ซ-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	pH	DO (mg/L)	ค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm)	TS (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)
K7SV	7.00	4.71	379	161	7	154
K9SL	6.00	6.51	1810.00	1025	9	1016
K10SL	6.00	3.89	1070	527	3	524
K36SM	6.00	6.08	254	255	19	236
C12SL	5.00	5.53	225	119	3	116
C16SV	6.00	5.06	174	114	2	112
C18SM	7.00	4.23	379	1813	23	1790
B20SL	4.93	5.23	76	53	5	48
B21SV	6.00	5.00	241	135	11	124
B24SN	6.92	6.33	2560	1454	8	1446
B25SM	4.82	4.43	87	65	1	64
S28SV	6.46	5.42	151	85	7	78
S30SN	5.85	5.70	123	3213	37	3176
S32SV	5.79	3.95	226	135	1	134
S34SS	6.22	5.35	76	25	1	24
B23SN	6.00	3.50	220	167	51	116
Min - Max	4.82-7.00	3.50-6.51	76.00-2560.00	25-3213	1-51	24-3176
Mean	6.00	5.06	503.19	584.13	11.75	572.38
S.D.	0.67	0.89	710.43	886.60	14.29	879.86

ตารางที่ ซ-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางเคมีน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง (ต่อ)

รหัส	เหล็ก (mg/L)	แมงกานีส (mg/L)	ฟลูออไรด์ (mg/L)	คลอรีนตกค้าง (mg/L)
K7SV	0.016	0.00	0.789	< 0.2
K9SL	0.055	0.00	0.676	< 0.2
K10SL	0.029	0.00	0.796	< 0.2
K36SM	0.127	0.00	0.740	< 0.2
C12SL	0.175	0.00	0.692	< 0.2
C16SV	0.002	0.00	0.617	< 0.2
C18SM	0.023	0.00	1.053	< 0.2
B20SL	0.549	0.18	0.665	< 0.2
B21SV	0.243	0.19	0.705	< 0.2
B24SN	0.210	0.06	0.726	< 0.2
B25SM	0.181	0.10	0.881	< 0.2
S28SV	0.244	0.15	0.760	< 0.2
S30SN	0.126	0.00	0.538	0
S32SV	0.350	0.00	0.656	0
S34SS	0.426	0.00	0.862	0
B23SN	0.293	0.00	0.815	< 0.2
Min - Max	0.002-0.549	0-0.188	0.538-1.053	0.00 - < 0.20
Mean	0.19	0.04	0.75	-
S.D.	0.16	0.07	0.12	-

ภาคผนวก ฌ

ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพของน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ฌ-1 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูฝน

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
K5GM	0	0
K6GM	25	0
C17GM	2.5	0
K1GL	5	2
C15GL	0	0
B27GL	15	9
S31GL	87.5	0
K4GN	2.5	2
B26GN	15	13
Min - Max	0.00 - 95.00	0.00 - 81.00
Mean	16.94	2.89
S.D.	27.80	4.78

ตารางที่ ฌ-2 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูฝน

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
S34SS	0	0
K11SM	2.5	2
C18SM	0	0
B25SM	0	0
K9SL	0	0
K10SL	2.5	2
C12SL	0	0
B20SL	65	62
C16SV	0	0
K7SV	5	4
B21SV	0	0
S28SV	5	4
S32SV	0	0
B23SN	95	81
B24SN	92.5	9
S30SN	10	1
Min - Max	0.00 - 92.50	0.00 -62.00
Mean	17.34	10.31
S.D.	33.82	24.26

ตารางที่ ฌ-3 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาบาดาล ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
S35GL	567.5	545
Min - Max	-	-
Mean	567.5	545
S.D.	-	-

ตารางที่ ฌ-4 ผลการตรวจวัดลักษณะทางชีวภาพน้ำจากจุดใช้น้ำในครัวเรือนของระบบประปาผิวดิน ในช่วงฤดูแล้ง

รหัส	โคลิฟอร์มทั้งหมด (โคโลนี/ 100 มล.)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม (โคโลนี/ 100 มล.)
K7SV	0	0
K9SL	232.5	132.5
K10SL	0	0
K36SM	0	0
C12SL	0	0
C16SV	250	115
C18SM	45	15
B20SL	25	0
B21SV	92.5	0
B24SN	37.5	22.5
B25SM	52.5	32.5
S28SV	7.5	5
S30SN	20	7.5
S32SV	80	20
S34SS	595	485
B23SN	125	62.5
Min - Max	0 - 595	0 - 485
Mean	97.66	56.09
S.D.	154.02	121.61

ภาคผนวก ญ

มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ญ-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้อุปโภค

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด
คุณลักษณะทางกายภาพ	
1. สี (Color)	5 (PT-Co)
2. ความขุ่น (Turbidity)	5 (JTU)
3. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.0 - 8.0
คุณลักษณะทางเคมี (หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร)	
4. เหล็ก (Fe)	0.5
5. แมงกานีส (Mn)	0.3
6. ทองแดง (Cu)	1.0
7. สังกะสี (Zn)	5.0
8. ซัลเฟต (SO_4^{2-})	200
9. คลอไรด์ (Cl^-)	250
10. ฟลูออไรด์ (F^-)	0.7
11. ไนเตรต (No^{3-})	45
12. ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as $CaCO_3$)	300
13. ความกระด้างถาวร (Non-Carbonate hardness as $CaCO_3$)	200
14. ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solid, TDS)	600
สารพิษ (หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร)	
15. สารหนู (As)	ต้องไม่มีเลย
16. ไซยาไนด์ (CN)	ต้องไม่มีเลย
17. ตะกั่ว (Pb)	ต้องไม่มีเลย
18. ปรอท (Hg)	ต้องไม่มีเลย
19. แคดเมียม (Cd)	ต้องไม่มีเลย
20. ซิลิเนียม (Se)	ต้องไม่มีเลย
คุณลักษณะทางกายภาพ	
21. แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)	ไม่เกิน 500
22. แบคทีเรียที่ตรวจพบโดยวิธี MPN (เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร)	น้อยกว่า 2.2
23. อีโคไล (*E.coli*)	ต้องไม่มีเลย

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 ออกตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่องกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรฐานทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

ตารางที่ ญ-2 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ตามมาตรฐานการประปานครหลวง

รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์ที่กำหนดอนุโลมให้สูงสุด
คุณลักษณะทางกายภาพ		
สี (Co lour)	5.0	15.0
รส (Taste)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (Odour)	“	“
ความขุ่น (Turbidity) หน่วยซิลิกา	5.0	20.0
ความเป็นกรด ด่าง (pH)	6.5-8.5	ไม่เกิน 9.2
คุณลักษณะทางเคมี (หน่วย มก./ล.)		
ปริมาณมวลสารทั้งหมด (TS)	500	1,500
เหล็ก (Fe)	0.5	1.0
แมงกานีส (Mn)	0.3	0.5
เหล็กและแมงกานีส (Fr & Mn)	0.5	1.0
ทองแดง (Cu)	1.0	1.5
สังกะสี (Zn)	5.0	15.0
แคลเซียม (Ca)	75	200
แมกเนเซี่ยม (Mg)	50	150
ซัลเฟต (SO_4)	200	250
คลอไรด์ (Cl)	250	600
ฟลูออไรด์ (F)	0.7	1.0
ไนเตรต (NO_3)	45	45
อัลคินเบนซิลโฟเนต (ABS)	0.5	1.0
ฟิโนลิกซับสแตนซ์ (Phenol)	0.001	0.002

ที่มา : การประปานครหลวง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ญ -3 มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก

รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด
1. คุณลักษณะทางกายภาพ	
- สี (Colour) ,Pt-Co unit	300
2. คุณลักษณะทางเคมี(มิลลิกรัม/ลิตร)	
- ปริมาณสารละลายทั้งหมด(Total Dissolved Solids)	1,500
- เหล็ก(Fe)	50
- มังกานีส(Mn)	5
- ทองแดง(Cu)	1.5
- สังกะสี(Zn)	1.5
- มักเนเซี่ยม+โซเดียมซัลเฟต(MgSO4+NaSO4)	1,000
- อัลคิล เบนซิล ซัลโฟเนต(Alkyl Benzyl Sulfonates)	0.5
- ไนเตรต(NO_3)asNO_3	45
- ฟลูออไรด์(F)	1.5
3. คุณลักษณะทางสารเป็นพิษ (มิลลิกรัม/ลิตร)	
- ฟีโนลิก ซับแสตนซ์	0.002
- อาร์เซนิก(As)	0.05
- คัดเมี่ยม(Cd)	0.01
- โครเมี่ยม(Cr hexavalent)	0.05
- ไซยาไนด์(CN)	0.2
- ตะกั่ว(Pb)	0.05
- เซเลเนี่ยม(Se)	0.01
- เรดิโอนิวไคลด์(gross beta activity)	1,000
4. คุณลักษณะทางด้านมลภาวะ(มิลลิกรัม/ลิตร)	
- ซี โอ ดี (C O D)	10
- บี โอ ดี(B O D)	6
- ไนโตรเจนทั้งหมด(NO_3)	1
- แอมโมเนีย(NH_3)	0.5
- ซี ซี อี(Carbon Chloroform Extract)	0.5
- กรีซ(Grease)	1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี