

การใช้ประโยชน์และประสิทธิผลของถังทรายกรองน้ำในท้องถิ่นชนบท
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ของประเทศไทย



นายประแสง มงคลศิริ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-567-287-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012482

I 16441248

APPLICATION AND EFFECTIVENESS OF SLOW SAND FILTERS
IN
NORTH-EASTERN AND SOUTHERN RURAL AREAS OF THAILAND

Mr. Prasang Mongkonsiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering
Graduate School

Chulalongkorn University

1986

ISBN 974-567-287-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การได้ประโยชน์และประสิทธิผลของกิ่งทรายกรองซ้ำในท้อง
ถิ่นชนบท ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ของ
ประเทศไทย

โดย นายประแสง มงคลศิริ

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน กัญกุลเวศม์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรี ชาวเอียร



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วิษราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมิกรักษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน กัญกุลเวศม์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรี ชาวเอียร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพฑูริศ หรรษา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์วิฑูริศ บัณฑิต)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ประโยชน์และประสิทธิผลของกังทรายกรองน้ำใน
 ท้องถิ่นชนบทภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ของ
 ประเทศไทย

ชื่อนิสิต นายประแสง มงคลศิริ

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ทัณฑกุลเวศม์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรี ชาวเอียร

ปีการศึกษา 2529



บทคัดย่อ

ปัจจุบัน กิจกรรมประปาในประเทศไทยกำลังพัฒนาไปสู่การใช้เทคโนโลยี
 ที่ก้าวหน้าและซับซ้อนมากขึ้น ดังเช่นการนำเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้า
 มาใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกรองน้ำสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบถัง
 ทรายกรองเร็ว แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาดังกล่าวดูเหมือนว่าไม่ได้นำมาใช้
 กับระบบถังทรายกรองช้า ซึ่งเป็นระบบที่มีการขยายตัวได้ช้ามาก

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์และประสิทธิผลของการ
 ใช้กังวายกรองน้ำ ของการประปา 24 แห่ง ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียง
 เหนือ และภาคใต้ของประเทศไทย ผลจากการศึกษาจะให้ได้ข้อมูลซึ่ง
 เป็นแนวทางที่จะช่วยในการวางแผนระบบถังทรายกรองช้าสำหรับอนาคตต่อไป

ในการศึกษาวิจัยนี้ ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ได้รวบรวมมาจากการ
 สสำรวจภาคสนาม ซึ่งได้ทำการตรวจสอบปัจจัยทางกายภาพ และการควบคุม
 ระบบประปา ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ แล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล
 เหล่านั้น เพื่อที่จะได้มองเห็นสถานภาพ และความเหมาะสมของกังทรายกรอง
 ช้าของการประปาแต่ละแห่ง และโดยส่วนรวม ผลการศึกษาวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. อายุการใช้งานของกังทรายกรองช้าเฉลี่ย 11.5 ปี (นับถึงปี 2529)
 อายุการใช้งานยาวนานที่สุด 19 ปี และสั้นที่สุด 1 ปี

2. จำนวนผู้ใช้น้ำเฉลี่ยแห่งละ 321 ราย อัตราการใช้น้ำประปาเฉลี่ย 73 ลิตรต่อคนต่อวัน

3. การประปาจำนวน 17 แห่งใช้น้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดิน ส่วนอีก 7 แห่งใช้แหล่งน้ำบาดาล ซึ่งคุณภาพน้ำดิบของการประปาทุกแห่งอยู่ในมาตรฐานน้ำดิบของการประปาส่วนภูมิภาค แต่มี 10 แห่งที่ประสบปัญหาเรื่องปริมาณน้ำไม่เพียงพอ

4. อัตราการกรองที่ออกแบบไว้เฉลี่ย 0.22 ม./ชม. และอัตราการกรองที่ใช้งานเฉลี่ย 0.22 ม./ชม.

5. ผู้ควบคุมระบบประปามีอายุเฉลี่ย 37 ปี ส่วนมากจบการศึกษาระดับประถมศึกษาปีที่ 4 และมีผู้ควบคุมจำนวน 11 คนเคยผ่านการอบรมการควบคุมดูแลระบบประปามาแล้ว

6. การทำความสะอาดทรายกรองเฉลี่ยทุก ๆ 3 เดือน ส่วนมากใช้วิธีการชูกัดกั๊กผิวหน้าทรายทิ้งไปเลย

7. การลงทุนของระบบประปาเฉลี่ย 1,844 บาทต่อผู้ใช้น้ำ 1 คน และเฉลี่ย 199,001 บาทต่อลบ.ม.ต่อชม.

8. รายได้ของการประปาเฉลี่ย 4.85 บาทต่อเดือนต่อผู้ใช้น้ำ 1 คน และรายจ่าย (เฉพาะค่าดำเนินการ) เฉลี่ย 3.74 บาทต่อเดือนต่อผู้ใช้น้ำ 1 คน

ปรากฏว่าการประปา ระบบถังทรายกรองเข้าส่วนใหญ่ในการศึกษาวิจัยนี้ ยังคงใช้งานกันอยู่ทั้ง ๆ ที่มีปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ เกิดขึ้น แต่กระนั้นก็ตาม หากคำนึงถึงเงินลงทุนซึ่งค่อนข้างสูงแล้ว จะเห็นได้ว่าการจัดการรายได้ของการประปานั้นน้อยมาก และไม่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ ผลก็คือการใช้จ่ายประหยัชน์ และประสิทธิผลของถังทรายกรองเข้าไม่ถึงเกณฑ์ที่น่าพอใจ ในการศึกษาวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนาระบบถังทรายกรองเข้าที่มีอยู่เดิม และในกิจการประปาโครงการอื่นในอนาคต

เกี่ยวกับการออกแบบ จะต้องให้ความสำคัญในการวางแผนและการสำรวจภาคสนามให้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถลดราคาค่าก่อสร้างและปัญหาต่าง ๆ ได้ ส่วนหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับผู้ควบคุมเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็น เพื่อที่จะสอนให้ผู้ควบคุมได้ทราบถึงหลักการทางงานของระบบถังทรายกรองเข้า และหน่วย

งานซึ่งรับผิดชอบจะต้องยื่นมือเข้ามาช่วยเหลือในด้านนโยบายและขั้นตอนการทำงาน
ตลอดจนการให้ความสนับสนุนในทางเทคนิค และภาคปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง
จะทำให้กิจการประบาเหล่านั้นประสบความสำเร็จได้ในที่สุด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Application and Effectiveness of Slow Sand
 Filters in North-Eastern and Southern Rural
 Areas of Thailand

Name Mr. Prasang Mongkonsiri

Thesis Advisor Associate Professor Munsin Tuntoolavest
 Assistant Professor Suree Khaodhiar

Department Sanitary Engineering

Academic Year 1986



Abstract

At present, water works activity in Thailand are developing to utilize more advanced and sophisticated technology. For example, various kinds of equipments and instruments have been used to increase filtration efficiency especially in the rapid sand filtration system. However, such development seems not to be the case for slow sand filtration system which is growing very slowly.

This research was aimed on the application and effectiveness of 24 slow sand filtration plants in the north-eastern and southern rural areas of Thailand. Results from the study would provide guidance informations helpful in planning slow sand filtration systems in the future.

In the study, data were gathered in details from field surveys by investigation physical factors and plant operation methods as well as collecting problems and

obstacles. Then, all data were analysed to perceive the status and applicability of slow sand filters in each plant and also in overall. Results may be summarized as follows:

1. The average working period of slow sand filter was 11.5 years (up to year 1986), the longest was 19 years and the shortest was 1 year.

2. The average number of consumers were 321 families and the average water daily demand was 73 lpcd.

3. Seventeen plants use surface water as sources of water supply while others used ground water. All sources of water supply in every plant conformed to the standard raw water of Provincial Water Works Authority. Nevertheless, 10 plants confronted insufficient raw water.

4. The average design filtration rate was 0.22 m.per hr., so was the average actual working filtration rate.

5. The average age of operators were 37 years. Most of them passed Grade 4. The 11 operators had attained some short coursed in operating and maintaining water works system.

6. The average sand cleaning period was 3 months, mostly done by scrapping surface sand away.

7. The average investment cost of water supply system was 1,844 Baht per consumer and 199,001 Baht per cu.m.per hr.

8. The average income of water works was 4.85 Baht per month per consumer and the average expense (operation only) was 3.74 Baht per month per consumer.

It was found that most slow sand filtration system in the studied areas had still being in used, in spite of problems and obstacles. Nevertheless, considering the

rather high investment cost, it was clearly seen that the collected water fee was too low and not commercially feasible. Consequently, the application and effectiveness of slow sand filter did not reach the satisfactory level. This study provided suggestions and guidelines for the development of both existing water plants and future water works projects.

Concerning the plant design, more attention must be paid to planning and field surveying, since it can help in reducing cost and problems. Training programs for operators are important and necessary in order to teach them slow sand filtration concepts. Finally, responsible agencies should help in providing policies and work schedules as well as continuously supporting in technical and practical information for the success.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภิกษุกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ อย่างค้ำยั้ง จากคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ศักดิ์กุลเวศม์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรี ชาวเดียร และรองศาสตราจารย์ไพพรรณ พรประภา ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในด้านวิชาการ อย่างมากมายตลอดมา จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณไพโรจน์ สัตยสัมพันธ์สกุล ที่เป็นผู้ให้ข้อคิดเห็นและความช่วยเหลือระหว่างทำการวิจัยตลอดจนเป็นกำลังใจในการทำงานจนเสร็จสิ้น

ขอขอบคุณ บริษัทสยามกลการ ที่ได้ให้เงินอุดหนุนในการทำวิจัยนี้ และขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ อาทิเช่น การประสานส่วนภูมิภาค กรมอนามัย กรมวิทยาศาสตร์ ที่ได้ข้อมูลต่าง ๆ สำหรับการวิจัยเป็นอย่างดี

ท้ายนี้ สำหรับพระคุณที่ใหญ่หลวงของบิดา-มารดา ที่สุดแห่งกำลังใจ และความมานะที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ประโยชน์หรือคุณค่าใด ๆ ขอมอบเป็นคุณความดีของท่านทั้งสอง

นายประแสง มงคลศิริ

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ญ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ท
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 คำนำ.....	1
1.2 ความเป็นมากิจการประปาในประเทศไทย.....	3
1.3 กิจการประปาชนบทและหน่วยงานที่รับผิดชอบ ดำเนินงาน.....	4
1.4 ที่มาของการวิจัย.....	6
1.5 ขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
2. ทฤษฎีของระบบถังทรายกรองช้า.....	11
2.1 ความเป็นมาของระบบถังทรายกรองช้า.....	11
2.2 ส่วนประกอบของถังทรายกรองช้า.....	12
2.2.1 ชั้นน้ำคืบเหนื่อทรายกรอง.....	12
2.2.2 ชั้นทรายกรอง.....	12
2.2.3 ระบบรับและระบายน้ำกรอง.....	12
2.2.4 ระบบควบคุมถังกรอง.....	12
2.3 หลักการทำงานของถังทรายกรองช้า.....	13
2.3.1 กลไกในการทำความสะอาดน้ำ.....	13

บทที่

หน้า

2.3.1.1	กลไกทางคิสิกส์.....	14
2.3.1.2	กลไกทางชีวเคมี.....	15
2.3.2	บทบาทของสาหร่ายในถังทรายกรองช้า.....	18
2.4	หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบถังทรายกรองช้า.....	21
2.4.1	การวางแผนระบบประปาโดยทั่วไป.....	21
2.4.1.1	องค์ประกอบของระบบประปา.....	21
2.4.1.2	ข้อพิจารณาในเรื่องแหล่งน้ำ.....	22
2.4.1.3	ลักษณะการจักรระบบประปา.....	22
2.4.1.4	ข้อพิจารณาในเรื่องโครงสร้างส่วนต่าง ๆ.....	24
2.4.1.5	คุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำ.....	25
2.4.2	เกณฑ์กำหนดการออกแบบถังทรายกรองช้า.....	37
2.4.2.1	โครงสร้างถังกรอง.....	37
2.4.2.2	ชั้นน้ำคืบเหนื่อทรายกรอง.....	40
2.4.2.3	ชั้นทรายกรอง.....	41
2.4.2.4	ระบบรับน้ำกรองและระบบระบายน้ำกรอง.....	41
2.4.2.5	ระบบควบคุมถังกรอง.....	44
2.4.2.6	หลังคาคลุมถังกรอง.....	46
2.4.2.7	ขนาดและการวางผังถังกรอง.....	46
2.4.3	การออกแบบระบบ Pre-treatment.....	48
2.4.3.1	อ่างเก็บน้ำ.....	48
2.4.3.2	ถังตกตะกอนคานวนราบ.....	48
2.4.3.3	การกรองใต้ท้องน้ำ.....	50
2.4.3.4	การกรองด้วยวัสดุหยาบ.....	51
2.4.3.5	การเติมอากาศ.....	52
2.5	การควบคุมและการบำรุงรักษาถังทรายกรองช้า.....	52
2.5.1	การเริ่มต้นการกรอง.....	55
2.5.2	การควบคุมอัตราการกรอง.....	56

บทที่	หน้า
2.5.2.2	การควบคุมแบบอัตโนมัติการกรองคงที่..... 56
2.5.2.3	การควบคุมแบบอัตโนมัติการกรองลคลง..... 57
2.5.3	การทำความสะอาดทรายกรอง..... 57
2.5.3.1	การทำความสะอาดโดยแรงงานคน..... 57
2.5.3.2	การทำความสะอาดโดยเครื่องมือกล..... 61
2.5.3.3	การทำความสะอาดโดยแรงดันน้ำ..... 63
2.6	ข้อดีของระบบถังทรายกรองช้า..... 66
2.7	ข้อดีของระบบถังทรายกรองช้า..... 67
3.	การดำเนินงานวิจัย..... 68
3.1	การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนและที่ตั้งของ การประปา..... 68
3.2	การจัดเตรียมข้อมูลและการจัดเส้นทางเพื่อการสำรวจ..... 69
3.3	การสำรวจเก็บข้อมูลรายละเอียดและเก็บตัวอย่างน้ำ..... 69
3.3.1	ข้อมูลทั่วไป..... 69
3.3.2	ข้อมูลเฉพาะของหมู่บ้าน..... 69
3.3.3	ข้อมูลประวัติการประปา..... 69
3.3.4	ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำดิบ..... 70
3.3.5	ข้อมูลเชิงวิศวกรรมของระบบประปา..... 70
3.3.6	ข้อมูลการควบคุมและดำเนินการ..... 70
3.3.7	ข้อมูลรายได้และรายจ่าย..... 70
3.3.8	ข้อมูลด้านผู้นำ..... 70
3.3.9	การเก็บตัวอย่างน้ำ..... 71
3.4	การวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างน้ำ..... 71
3.5	การนำเสนอข้อมูล..... 71
3.6	การวิเคราะห์ข้อมูล..... 71
3.7	การสรุปและนำข้อเสนอนี้..... 71
4.	การนำเสนอข้อมูล..... 73

บทที่

หน้า

4.1	ข้อมูลทั่วไป.....	73
4.1.1	ลักษณะทางอุทกนิยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.....	73
4.1.2	ฤดูกาล.....	74
4.1.3	สภาพของแหล่งน้ำผิวดิน.....	77
4.1.4	สภาพของแหล่งน้ำบาดาล.....	78
4.2	รายละเอียดระบบประปา.....	80
4.2.1	การประปาบ้านราชครู.....	82
4.2.2	การประปาสุทธาภิบาลร้อนทิบูลย์.....	82
4.2.3	การประปาบ้านในเขี้ยว.....	86
4.2.4	การประปาวิทยาลัยครุฑนครศรีธรรมราช.....	86
4.2.5	การประปาสุทธาภิบาลเกาะสมุย.....	91
4.2.6	การประปาสุทธาภิบาลยะรัง.....	91
4.2.7	การประปาศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 6.....	95
4.2.8	การประปาศูนย์วิจัยข้าว.....	96
4.2.9	การประปาศูนย์วิจัยพืชสวน.....	100
4.2.10	การประปาบ้านผักหวาน.....	105
4.2.11	การประปาบ้านหนองคู.....	108
4.2.12	การประปาบ้านแสนพัน.....	108
4.2.13	การประปาบ้านกุรุคุ.....	108
4.2.14	การประปาบ้านมะฮี.....	113
4.2.15	การประปาบ้านไร่-ไธ.....	113
4.2.16	การประปาสุทธาภิบาลเพ็ญ.....	118
4.2.17	การประปาสุทธาภิบาลศรีธาคู.....	123
4.2.18	การประปาสุทธาภิบาลโคกพระ.....	123
4.2.19	การประปาสุทธาภิบาลหนองโก.....	128
4.2.20	การประปาสุทธาภิบาลอุบลรัตน์.....	128
4.2.21	การประปาบ้านผานกเค้า.....	133

บทที่	หน้า
4.2.22 การประปาบ้านปวนพู่.....	133
4.2.23 การประปาบ้านเพี้ย.....	138
4.2.24 การประปาบ้านหนองบัว.....	138
4.3 สรุปรายละเอียดระบบประปา.....	144
4.4 การควบคุมระบบประปา.....	150
4.4.1 ผู้ควบคุมระบบประปา.....	150
4.4.2 การควบคุมการกรองน้ำ.....	152
4.4.3 การทำความสะอาดถังทรายกรองช้า.....	154
4.5 คุณภาพน้ำดิบ น้ำประปา และน้ำจากแหล่งทดแทน.....	156
5. สภาพทางการเงินและการวิเคราะห์.....	161
5.1 สภาพทางการเงินของการประปา.....	161
5.2 การวิเคราะห์ทางการเงิน.....	161
6. ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	172
6.1 ปัญหาเกี่ยวกับแหล่งน้ำดิบ.....	172
6.2 ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตน้ำประปา.....	174
6.3 ปัญหาเกี่ยวกับระบบจ่ายน้ำ.....	177
6.4 ปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมระบบประปา.....	178
7. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	181
7.1 สรุปสถานการณ์.....	181
7.2 ข้อเสนอแนะด้านการออกแบบระบบถังทรายกรองช้า.....	182
7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ควบคุมระบบประปา.....	186
7.4 ข้อเสนอแนะด้านการบริหารงานหรือการจัดการ.....	189
7.5 งานวิจัยต่อเนื่อง.....	196
เอกสารอ้างอิง.....	197
ภาคผนวก.....	200
ประวัติผู้เขียน.....	241

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	รายชื่อการประปาซึ่งอยู่ในขอบเขตของการวิจัย.....	8
2.1	มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก.....	26
2.2	มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก.....	28
2.3	มาตรฐานน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค.....	32
2.4	มาตรฐานน้ำประปาของการประปานครหลวง.....	35
3.1	แสดงตัวแปรต่าง ๆ หรือทั้งวิธีการวิเคราะห์หาในท้องทดลอง เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำซึ่งเก็บมาจากการประปาแต่ละแห่ง...	72
4.1	แสดงปริมาณฝน, อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยในรอบปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2520).....	76
4.2	แสดงข้อมูลเบื้องต้นของการประปาแบบถังทรายกรองช้าในพื้นที่ ที่ทำการศึกษาวิจัย.....	81
4.3	ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำดิบและระบบขังน้ำดิบ.....	145
4.4	ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบของระบบประปา.....	147
4.5	ข้อมูลเกี่ยวกับถังทรายกรองช้าและทำการสำรวจ.....	149
4.6	ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ควบคุมระบบประปา.....	151
4.7	ข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมระบบประปา.....	153
4.8	ข้อมูลเกี่ยวกับการทำความสะอาดถังทรายกรองช้า.....	155
4.9	แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	157
5.1	ข้อมูลเกี่ยวกับรายได้ของการประปา.....	161
5.2	ข้อมูลเกี่ยวกับรายจ่ายของการประปา.....	162
5.3	ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางการเงินของการประปา.....	163
5.4	อัตราส่วนเงินลงทุนต่อผู้ใช้น้ำและอัตราส่วนเงินลงทุนต่อ กำลังผลิต.....	166
5.5	ภาวะทางการเงินของการประปา.....	170
7.1	ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับตรวจสอบและบันทึกการทำงาน.....	193
7.2	ตัวอย่างแบบฟอร์มสำหรับตรวจสอบและบันทึกการทำงาน.....	194

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผ. 1	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านราชกรูด..... 216
ผ. 2	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาสุทธาภิบาลร้อนหิบลูมย์..... 217
ผ. 3	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านจันทเขียว..... 218
ผ. 4	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาวิทยาลัยครุฑนครศรีธรรมราช. 219
ผ. 5	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาสุทธาภิบาลเกาะสมุย..... 220
ผ. 6	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาสุทธาภิบาลยะรัง..... 221
ผ. 7	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 6..... 223
ผ. 8	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาศูนย์วิจัยข้าว..... 224
ผ. 9	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาศูนย์วิจัยพืชสวน..... 225
ผ. 10	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านผักหวาน..... 226
ผ. 11	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านหนองคู..... 227
ผ. 12	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านแสนหัน..... 228
ผ. 13	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านกรูด..... 229
ผ. 14	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านบะฮี..... 230
ผ. 15	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านไร่-ไย..... 231
ผ. 16	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาสุทธาภิบาลเพ็ญ..... 232
ผ. 17	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาสุทธาภิบาลศรีธาคู..... 233
ผ. 18	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาสุทธาภิบาลโคกพระ..... 234
ผ. 19	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาสุทธาภิบาลหนองรัก..... 235
ผ. 20	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาสุทธาภิบาลอุบลรัตน์..... 236
ผ. 21	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านผานกเคঁา..... 237
ผ. 22	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านบวนพ..... 238
ผ. 23	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านเพี้ย..... 239
ผ. 24	ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของการประปาบ้านหนองบัว..... 240

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แสดงค่าแรงที่ดึงของการประปาต่าง ๆ ที่ทำการวิจัยศึกษา....	10
2.1	ส่วนประกอบของถังทรายกรองช้าโดยสังเขป.....	12
2.2	การลดจำนวนแบคทีเรียลงตามความลึกของถังทรายกรองช้า ที่อุณหภูมิตั้งที่ 22 องศาเซนติเกรด และอัตราการกรอง 0.1 ม./ชม.....	16
2.3	แบคทีเรียประเภท Thermophile และ Psychrophile เปรียบเทียบกันที่ความลึกต่าง ๆ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 22 องศาเซนติเกรด..	16
2.4	แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำที่ผ่านการกรองจากถังทรายกรองช้า..	20
2.5	องค์ประกอบของระบบประปาโดยทั่วไป.....	21
2.6	ตัวอย่างการจัดระบบประปา การส่งน้ำและการจ่ายน้ำ.....	24
2.7	ถังทรายกรองช้าซึ่งสร้างขึ้นโดยวัสดุอิฐก้อนบ่อซึ่งปกคลุม ด้วยดินเหนียว.....	38
2.8	การป้องกันการไหลลัดทาง (Short Circuiting) ของน้ำไปตามผนังในแนวตั้งของถังกรอง.....	39
2.9	การป้องกันการไหลลัดทางอีกวิธีหนึ่งที่เคยใช้กันในอดีต.....	40
2.10	แสดงแบบต่าง ๆ ของระบบระบายน้ำกรอง.....	43
2.11	ลักษณะการจัดระบบระบายน้ำออกจากถังกรอง.....	43
2.12	ส่วนประกอบของระบบควบคุมถังกรอง.....	45
2.13	ขนาดของถังกรองแต่ละหน่วย.....	47
2.14	แสดงถังตกตะกอนตามแนวราบ.....	49
2.15	ท่อน้ำเข้าและท่อน้ำออกรวมทั้งโครงสร้างการกระจายน้ำ และรับน้ำของถังตกตะกอนตามแนวราบ.....	49
2.16	ทางน้ำออกอีกลักษณะหนึ่งของถังตกตะกอนตามแนวราบ.....	50
2.17	ลักษณะของระบบการกรองใต้ดิน.....	50
2.18	แสดงถังกรองด้วยวัสดุหยาบไหลตามแนวนอน.....	51

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.19	แอโรเตอร์แบบถาด.....	52
2.20	การหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการกรองกลับเข้ามาใหม่.....	54
2.21	วิธีการเติมทรายลงในถังกรองพร้อมกับการพลิกชั้นทราย.....	59
2.22	วิธีการพลิกชั้นทรายในการเติมทราย.....	59
2.23	แสดงถังล้างทราย (ก) และถังแยกทราย (ข).....	60
2.24	เครื่องมือสำหรับการชุกผิวทรายที่เรียกว่า Skimming Machine.....	61
2.25	เครื่องมือและโครงสร้างในการทำความสะอาดถังกรอง.....	62
2.26	เครื่องมือทำความสะอาดทรายกรองของ Sivade.....	64
2.27	เครื่องมือทำความสะอาดถังทรายกรองเข้าโดยแรงดันน้ำ คล้ายกับของ Sivade.....	65
4.1	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย บ้านราชกรูดโดยสังเขป.....	83
4.2	สภาพภายนอกถังกรองเข้าของการระบายบ้านราชกรูด.....	84
4.3	สภาพภายในถังกรองของการระบายบ้านราชกรูด ซึ่งหยุดการ กรองน้ำมาเป็นเวลาหลายวัน.....	84
4.4	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย สุขาภิบาลร้อนหีบูลย์โดยสังเขป.....	85
4.5	แสดงถังพักน้ำและท่อน้ำเข้าของถังกรองเข้าการระบายสุขาภิบาล ร้อนหีบูลย์.....	87
4.6	สภาพภายในถังกรองการระบายสุขาภิบาลร้อนหีบูลย์.....	87
4.7	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย บ้านนเขี้ยวโดยสังเขป.....	88
4.8	สภาพถังพักน้ำและท่อน้ำเข้าของถังกรองเข้า การระบาย บ้านนเขี้ยว.....	89

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.9	สภาพภายในถังกรองการประปาบ้านในเขียว.....	89
4.10	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา วิทยาลัยครุนครศรีธรรมราชโดยสังเขป.....	90
4.11	สภาพถังกรองช้าของการประปาวิทยาลัยครุนครศรีธรรมราช...	92
4.12	สภาพถังกรองช้าของการประปาวิทยาลัยครุนครศรีธรรมราช...	92
4.13	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา สุขาภิบาลเกาะสมุยโดยสังเขป.....	93
4.14	ลักษณะของถังกรองช้าของการประปาสุขาภิบาลเกาะสมุย.....	94
4.15	สภาพถังพักน้ำดิบและท่อน้ำเข้าถังกรองการประปาสุขาภิบาล เกาะสมุย.....	94
4.16	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา สุขาภิบาลยะรังโดยสังเขป.....	96
4.17	แสดงท่อน้ำเข้ามายังถังกรองของการประปาสุขาภิบาลยะรัง...	97
4.18	สภาพภายในถังกรองของการประปาสุขาภิบาลยะรัง.....	97
4.19	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา ศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 6 โดยสังเขป.....	98
4.20	สภาพภายนอกของถังกรองช้าการประปาศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 6..	99
4.21	สภาพภายในถังกรองช้าการประปาศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 6.....	99
4.22	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา ศูนย์วิจัยข้าวโดยสังเขป.....	101
4.23	สภาพ Pre-filter และถังกรองของการประปาศูนย์วิจัยข้าว.	102
4.24	สภาพถังกรองของการประปาศูนย์วิจัยข้าว.....	102
4.25	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา ศูนย์วิจัยพืชสวนโดยสังเขป.....	103

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.26	สภาพภายใน Pre-filter และถังกรองช้าของการประปา ศูนย์วิจัยพิษสวน.....104
4.27	สภาพของถังกรองของการประปาศูนย์วิจัยพิษสวน.....104
4.28	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา บ้านผักหวานโคยสังเขป.....106
4.29	สภาพภายในถังกรองช้าของการประปาบ้านผักหวาน.....107
4.30	สภาพถังกรองของการประปาบ้านผักหวานและสำรวจชั้น หยุดการกรองน้ำ.....107
4.31	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา บ้านหนองคูโคยสังเขป.....109
4.32	สภาพภายนอกของถังกรองช้าการประปาบ้านหนองคู.....110
4.33	สภาพภายในของถังกรองช้าการประปาบ้านหนองคู.....110
4.34	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา บ้านแสนหินโคยสังเขป.....111
4.35	สภาพถังพักน้ำดิบ, ถังกรองช้าของการประปาบ้านแสนหิน.....112
4.36	สภาพภายในถังกรองช้าของการประปาบ้านแสนหิน.....112
4.37	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา บ้านกรูคูโคยสังเขป.....114
4.38	ถังพักน้ำดิบและถังกรองช้าของการประปาบ้านกรูคู.....115
4.39	สภาพภายในถังกรองช้าของการประปาบ้านกรูคู.....115
4.40	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการประปา บ้านบะฮีโคยสังเขป.....116
4.41	สภาพถังกรองช้าและแอโรเตอร์ของการประปาบ้านบะฮี.....117
4.42	สภาพภายในถังกรองของการประปาบ้านบะฮี.....117

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.43	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย บ้านไร่-ไถ่โคยสังเขป.....	119
4.44	สภาพภายนอกของถังกรองช้าของการระบายบ้านไร่-ไถ่.....	120
4.45	สภาพภายในถังกรองของการระบายบ้านไร่-ไถ่.....	120
4.46	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย สุขาภิบาลเหนือโคยสังเขป.....	121
4.47	สภาพภายในถังกรองช้าของการระบายสุขาภิบาลเหนือ.....	122
4.48	สภาพของถังกรองของการระบายสุขาภิบาลเหนือ.....	122
4.49	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย สุขาภิบาลศรีธาคูโคยสังเขป.....	124
4.50	ถังกรองช้าของการระบายสุขาภิบาลศรีธาคู.....	125
4.51	ถังกรองช้าของการระบายสุขาภิบาลศรีธาคู.....	125
4.52	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย สุขาภิบาลโคกพระโคยสังเขป.....	126
4.53	ถังกรองช้าของการระบายสุขาภิบาลโคกพระ.....	127
4.54	แสดงทรายกรองของการระบายสุขาภิบาลโคกพระ.....	127
4.55	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย สุขาภิบาลหนองรักโคยสังเขป.....	129
4.56	ถังกรองช้าของการระบายสุขาภิบาลหนองรัก.....	130
4.57	สภาพโดยทั่วไปของสระพักน้ำดิบ การระบายสุขาภิบาลหนองรัก.....	130
4.58	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย สุขาภิบาลอุบลรัตน์โคยสังเขป.....	131
4.59	ถังกรองช้าของการระบายสุขาภิบาลอุบลรัตน์.....	132
4.60	ส่วนควบคุมระดับน้ำ ริงจ่ายน้ำยาคลอรีนและถังน้ำใสของ การระบายสุขาภิบาลอุบลรัตน์.....	132

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.61	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย บ้านผานกเค้าจิกยสังเขป.....134
4.62	บ่อรับน้ำดิบจากลำธารบนภูเขาของการระบายบ้านผานกเค้า...135
4.63	สภาพของถังกรองช้าการระบายบ้านผานกเค้า.....135
4.64	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย บ้านบวนพุกยสังเขป.....136
4.65	ถังกรองช้าของการระบายบ้านบวนพุก.....137
4.66	สภาพของถังกรองของการระบายบ้านบวนพุก.....137
4.67	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย บ้านเพี้ยจิกยสังเขป.....139
4.68	สภาพภายนอกของถังกรวดกรองของการระบายบ้านเพี้ย.....140
4.69	แสดงการไหลของน้ำดิบเข้ามายังถังกรวดกรองของการระบาย บ้านเพี้ย.....140
4.70	Flow Diagram และ Hydraulic Profile ของการระบาย บ้านหนองบัวจิกยสังเขป.....141
4.71	แสดงที่ตั้งของถังกรองและถังน้ำใสของการระบายบ้านหนองบัว.143
4.72	สภาพของถังกรองและถังผสมคลอรีนของการระบาย บ้านหนองบัว.....144
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเงินลงทุนกับจำนวนผู้ใช้น้ำ.....167
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเงินลงทุนกับกำลังผลิต.....168