

การประเมินประสิทธิภาพของระบบประปาในมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

เจิดจรรยา ศิริวงศ์¹ ปวิตร ชัยวิสิทธิ์² และ สุเมธ ไชยประพัทธ์³

Abstract

Siriwong, C.¹, Chaivisit, P.² and Chaiprapat, S.¹

Assessment of efficiency of water supply system in Prince of Songkla University,
Hat Yai Campus

Songklanakarini J. Sci. Technol., 2007, 29(2) : 553-563

Assessment of efficiency of water production system in Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, was conducted in this study. Topics covered include 1) quality and quantity of raw water, 2) water production process, 3) management and maintenance of water production system, and 4) quality of finished water. Totally, 494 water samples were collected during the study. All water samples were analyzed for turbidity, pH, temperature, conductivity, TDS, total coliforms, fecal coliforms and residual chlorine. In addition to the mentioned parameters, 30 of these water samples were also analyzed for hardness, chloride, nitrate-nitrogen, sulfate and heavy metals (manganese, copper, zinc, iron, chromium, cadmium, lead and mercury). All water samples were collected during November, 2004 (rainy season) and March, 2005 (summer season).

It was found that the quality of the water in the Srirang reservoir fell into Class 2 of Thailand Surface Water Quality Standard that requires ordinary water treatment processes prior to consumptions.

¹Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand.

²Rubror Health Center, Tha Sae, Chumporn

¹วท.ม. (ชีววิทยาทางทะเล) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ³Ph.D. (Biological and Agricultural Engineering) คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112 ²วท.ม. (อนามัยสิ่งแวดล้อม) นักวิชาการสาธารณสุข สถานีอนามัยรับร้อ อำเภอบางขัน จังหวัดชุมพร

Corresponding e-mail: cherdchan.s@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 29 มีนาคม 2549 รับลงพิมพ์ 25 กันยายน 2549

Cadmium, lead and mercury were not detected by Inductively Coupled Plasma (ICP) method. There are 2 sets of water production system. The first set consists of 4 pressure filters which could reduce turbidity at varying efficiencies: 33.83%, 18.26%, 42.76% and 65.67% depending mainly on the extent of chemical dosing control and the maintenance of the filter media. Another system employed sedimentation tank and rapid sand filter, which could remove turbidity at 89.28%. When combined finished water from both systems were analyzed, it was found that removals of manganese, copper, zinc, iron and chromium were 42.65%, 30.02%, 19.54%, 56.82% and 15.12%, respectively. Residual chlorine concentration of the finished water was not more than 0.2 mg/L and no total coliforms or fecal coliforms were detected. The plant had sufficient and competent personnel to carry out their normal tasks but occasional negligence and lack of specific water testing or chemical dosing equipment were observed. The quality of tap water (in distribution system) is in compliance with the WHO drinking water quality standards, except occasionally turbidity and pH. Significant difference ($p < 0.05$) in tap water quality was found between the samples collected in rainy and summer seasons.

Key words : efficiency, water supply system, Prince of Songkla University

บทคัดย่อ

เจ็ดจรรยา สิริวงศ์ ปวีตร ชัยวิสิทธิ์ และ สุเมธ ไชยประพัทธ์

การประเมินประสิทธิภาพของระบบประปาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(2) : 553-563

การประเมินประสิทธิภาพของระบบประปาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยทำการศึกษา 1) คุณภาพและปริมาณน้ำดิบ 2) กระบวนการผลิตน้ำประปา 3) การบริหารจัดการและการบำรุงรักษาระบบประปา และ 4) คุณภาพน้ำประปาปลายทาง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมดจำนวน 494 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด ฟีคัลโคลิฟอร์ม และคลอรีนตกค้าง ในจำนวนนี้ 30 ตัวอย่างทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในพารามิเตอร์ ความกระด้าง คลอไรด์ ไนเตรท-ไนโตรเจน ซัลเฟต และโลหะหนัก (แมงกานีส ทองแดง สังกะสี เหล็ก โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท) โดยระยะเวลาการเก็บตัวอย่างของการศึกษานี้อยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2547 (ฤดูฝน) ถึงเดือนมีนาคม 2548 (ฤดูแล้ง)

ผลการศึกษา พบว่า คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำศรีตรังจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 คือสามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านการปรับปรุงคุณภาพทั่วไปก่อน ไม่พบปริมาณแคดเมียม ตะกั่วและปรอทด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma (ICP) สำหรับกระบวนการผลิตมี 2 ระบบ คือ ระบบกรองแบบใช้แรงดัน (pressure filter) ซึ่งมีจำนวน 4 ชุด มีประสิทธิภาพในการลดความขุ่น 33.83, 18.26, 42.76 และ 65.67% ตามลำดับ ซึ่งขึ้นกับการควบคุมปริมาณการใส่สารเคมีและการบำรุงรักษาทรายกรอง และระบบทรายกรองเร็ว (rapid sand filter) มีประสิทธิภาพในการลดความขุ่น 89.28% เมื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำรวมที่ผลิตได้จากทั้งสองระบบ พบว่า ปริมาณ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี เหล็ก และโครเมียม ลดลง 42.65, 30.02, 19.54, 56.82 และ 15.12% ตามลำดับ พบปริมาณคลอรีนในน้ำประปาที่ผลิตได้ไม่เกิน 0.2 มก./ลิตร ไม่พบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดหรือฟีคัลโคลิฟอร์ม ในด้านการบริหารจัดการและการบำรุงรักษาระบบประปา พบว่า บุคลากรในหน่วยผลิตน้ำประปา มีจำนวนเพียงพอต่อการปฏิบัติงานและมีความรู้ความสามารถในการผลิตแต่ในบางครั้งไม่ได้ให้ความสนใจเท่าที่ควร นอกจากนี้พบว่ายังขาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำและอุปกรณ์ในการเติมสารเคมีที่เชื่อถือได้ ส่วนคุณภาพน้ำประปาปลายทางพบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก แต่ยังมีปัญหาในเรื่องความขุ่นและความเป็นกรด-ด่างเป็นครั้งคราว เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาในระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นสถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษาแห่งแรกของภาคใต้ มีบุคลากรและนักศึกษาพักอาศัยอยู่ในมหาวิทยาลัยจำนวนประมาณ 5,000 คน ความต้องการใช้น้ำประปาสำหรับอุปโภคและบริโภคเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2545, 2546 และ 2547 มีปริมาณการใช้น้ำ 1,031,209, 1,019,582 และ 1,184,655 ลบ.เมตร ตามลำดับ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการผลิตน้ำประปา ได้ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำศรีตรังภายในมหาวิทยาลัยเป็นแหล่งน้ำดิบ นำมากำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ โดยการเติมสารส้ม และปูนขาว เพื่อให้สารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำตกตะกอน จากนั้นนำน้ำผ่านเข้าสู่ระบบกรอง แล้วส่งไปเก็บในถังน้ำใส เติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนที่จะสูบขึ้นไปเก็บในถังพักน้ำซึ่งตั้งอยู่ที่บริเวณสนามเทนนิสบนเขา แล้วส่งผ่านไปตามท่อจ่ายน้ำเพื่อใช้ภายในมหาวิทยาลัยต่อไป จากรายงานการศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ผ่านมาของพิพัฒน์ (2522) พบว่าคุณภาพน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีค่าแสดนต์ดาร์คเฟลตเคาน์ อยู่ในช่วง 76-742 CFU/ml ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของ Public Health Service Drinking Water Standard ปี 1962 ที่กำหนดให้ค่าแสดนต์ดาร์คเฟลตเคาน์ ไม่เกิน 100 CFU/ml ส่วนการศึกษาของณรงค์ และคณะ (2528) พบปริมาณเหล็กในน้ำประปาจากบริเวณหมู่บ้านเก่าในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีค่าพิสัยระหว่าง 0.02-0.33 มก./ลิตร และจากข้อมูลของกองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2547) พบว่าน้ำประปาจากบริเวณหมู่บ้านเก่ามีปริมาณเหล็ก 1.87 มก./ลิตรซึ่งเกินค่ามาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดให้มีปริมาณเหล็กได้ไม่เกิน 0.3 มก./ลิตร ข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมาค่อนข้างมีน้อยและเป็นเรื่องเกี่ยวกับคุณภาพน้ำประปาปลายทางเท่านั้น ดังนั้นจึงควรที่จะทำการศึกษาเพื่อประเมินสภาพปัญหาคุณภาพน้ำ ระบบจ่ายน้ำและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำประปาในมหาวิทยาลัย โดยมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ตั้งแต่ต้นน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา น้ำที่ได้จากกระบวนการผลิตประปาในแต่ละขั้นตอน และน้ำประปาที่ปลายทาง ณ อาคารบ้านพักและสถานที่ต่างๆ ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการจัดทำแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา ตลอดจนการบำรุงรักษา

ระบบประปาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้น้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ และวิธีการ

วัตถุประสงค์

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็นระดับคุณภาพวิเคราะห์ (analytical grade) ของบริษัท MERCK รายละเอียดตาม APHA, AWWA and WEF (1998)

วิธีการศึกษา

1. ศึกษาปริมาณและคุณภาพแหล่งน้ำดิบ โดยข้อมูลปริมาณของน้ำในอ่างเก็บน้ำศรีตรังได้จากการบันทึกข้อมูลของกองอาคารสถานที่ ส่วนการศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำศรีตรังทำการเก็บตัวอย่างน้ำในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2547 ถึงเดือนมีนาคม 2548 ณ บริเวณที่มีการสูบน้ำเพื่อไปผลิตน้ำประปา 1 จุด โดยเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละครั้ง รวม 19 ครั้ง นำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ (ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า และของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด) และทางด้านจุลชีววิทยา (โคลิฟอร์ม แบคทีเรียทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์ม) สำหรับในเดือนพฤศจิกายน 2547 (ฤดูฝน) และเดือนมีนาคม 2548 (ฤดูแล้ง) จะทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพิ่มเติมในบางพารามิเตอร์ทางด้านเคมี (ความกระด้าง คลอไรด์ ไนเตรท-ไนโตรเจน และซัลเฟต) และโลหะหนัก (แมงกานีส ทองแดง สังกะสี เหล็ก โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท) รวมจำนวน 2 ครั้ง รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังแสดงใน Table 1

2. ศึกษากระบวนการผลิตน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยศึกษาการเติมสารส้ม ประสิทธิภาพของระบบทรายกรองแบบใช้แรงดันและระบบทรายกรองเร็ว การเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค รวมถึงสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ในระบบการผลิต ซึ่งการประเมินประสิทธิภาพกระบวนการผลิตประปา จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำในกระบวนการผลิตระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2547 ถึงเดือนมีนาคม 2548 จำนวน 19 ครั้ง และใช้ดัชนีชี้วัด

Table 1. Water quality analysis

Parameter	Analytical Method
Turbidity	Nephelometric Method
pH	pH Meter
Temperature	Thermometer
Conductivity	Conductivity Meter
Total Dissolved Solids (TDS)	Conductivity Meter
Hardness	EDTA Titrimetric Method
Chloride	Argentometric Method
Nitrate-Nitrogen	Cadmium Reduction Method
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	Turbidimetric Method
Residual Chlorine	Microquant Chlorine Test
Heavy Metals (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Pb)	Inductively Coupled Plasma (ICP) Method
Mercury (Hg)	Cold-Vapor Technique, Mercury Analyzer
Total Coliform Bacteria	Multiple-tube Fermentation Technique
Fecal Coliform Bacteria	Multiple-tube Fermentation Technique

Table 2. Parameters and sampling points in water supply production system in Prince of Songkla University.

Sampling Point	Parameters				
	pH	Turbidity	TDS	Residual Chlorine	Total Coliform and Fecal Coliform Bacteria
Reservoir	✓	✓	✓	-	✓
Sedimentation tanks, inlets	✓	✓	✓	-	-
Sedimentation tank, outlet	✓	✓	✓	-	-
Sand filters	✓	✓	✓	-	-
Clear well 1,800 m ³	✓	✓	✓	✓	✓
Elevated storage tank 5,000 m ³	✓	✓	✓	✓	✓

ประสิทธิภาพคือ ความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่น ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด คลอรีนตกค้าง โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และฟิโคลโคลิฟอร์ม รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ และพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ดังแสดงใน Figure 1 และ Table 2

3. ศึกษาการบริหารจัดการและการบำรุงรักษาระบบประปาของกองอาคารสถานที่ โดยศึกษาการบริหารด้านกำลังคน ความสามารถในการปฏิบัติงานของผู้ดูแลระบบประปา การบริหารด้านวัสดุอุปกรณ์ และด้านการบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบการผลิต

4. ศึกษาคุณภาพน้ำประปา

4.1 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำประปาปลายทาง

ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์แบบเจาะจง (purposive sampling) โดยคำนึงถึงลักษณะของท่อส่งน้ำ ซึ่งแบ่งตามลักษณะเส้นท่อได้ 2 ประเภท คือ ท่อพีวีซีและท่อผสม (ท่อประปาที่มีท่อเหล็กเชื่อมต่อกับท่อพีวีซี) เลือกบริเวณที่มีอัตราการใช้น้ำสูง เพื่อให้ได้ตัวแทนของน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 12 จุด (Figure 2)

4.2 เก็บตัวอย่างน้ำประปาปลายทาง ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2547 ถึง มีนาคม 2548 จำนวน 19 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ (ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า และของแข็งที่ละลาย

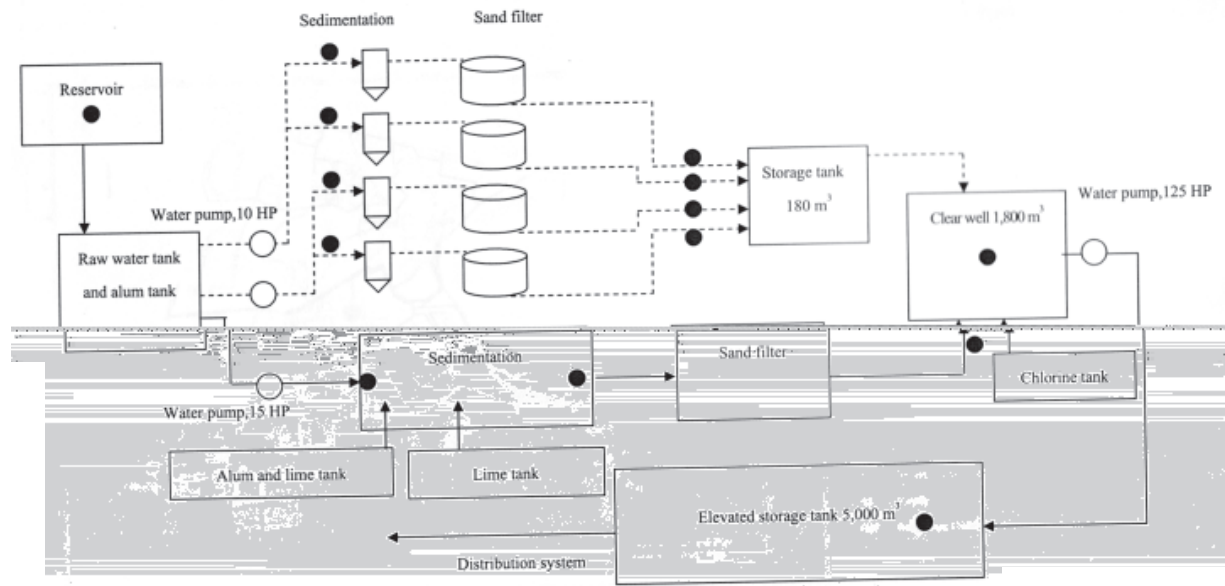


Figure 1. Water supply production system in Prince of Songkla University, Hat Yai Campus
- - - Pressure filters — Rapid sand filter ● Sampling point

ได้ทั้งหมด) ทางจุลชีววิทยา (โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และฟิคอลโคลิฟอร์ม) และคลอรีนตกค้าง สำหรับในเดือน พฤศจิกายน 2547 (ฤดูฝน) และ มีนาคม 2548 (ฤดูแล้ง) จะทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพิ่มเติมในบางพารามิเตอร์ทางด้านเคมี (ความกระด้าง คลอไรด์ ไนเตรท-ไนโตรเจน ซัลเฟต และคลอรีนตกค้าง) และโลหะหนัก (แมงกานีส ทองแดง สังกะสี เหล็ก โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท) รวมจำนวน 2 ครั้ง

ในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ได้ทำการควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์โดยหาค่า % recovery ของ BCR-715 Certified Reference Material (CRM) ของประเทศเบลเยียม และของ spiked samples (APHA, AWWA and WEF, 1998)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณและคุณภาพแหล่งน้ำดิบ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำศรีตรังเป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปา โดยอ่างเก็บน้ำมีความจุ 520,000 ลบ.เมตร ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่

เพียงพอที่จะผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ตลอดทั้งปี ซึ่งปริมาณน้ำในอ่างจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนเป็นสำคัญ โดยในเดือนพฤศจิกายน 2547 และเดือนมีนาคม 2548 มีปริมาณฝน 225.9 มม. และ 2.8 มม. ตามลำดับ (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก, 2549) ดังนั้นการผลิตน้ำประปาจะเริ่มในเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี และจะหยุดผลิตเมื่อน้ำในอ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้อยกว่า 9,000 ลบ.เมตร โดยมหาวิทยาลัยจะใช้น้ำซึ่งซื้อจากการประปาศรีตรัง มีค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 6.0-31.0 NTU (12.1 ± 6.9 NTU) ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.13-7.50 (7.28 ± 0.10) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.2-31.6°C (29.5 ± 1.1 °C) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 62.5-78.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (70.8 ± 5.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 30-40 มก./ลิตร (34 ± 3 มก./ลิตร) ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วง 4-500 MPN/100 mL และฟิคอลโคลิฟอร์มอยู่ในช่วง 2-50 MPN/100 mL คุณภาพน้ำในช่วงฤดูฝนมีปริมาณความกระด้าง คลอไรด์ ไนเตรท-ไนโตรเจน ซัลเฟต แมงกานีส ทองแดง สังกะสี เหล็ก และโครเมียม เท่ากับ 19.94, 5.54, 0.12, 5.72, 0.017, 0.005, 0.014, 0.094

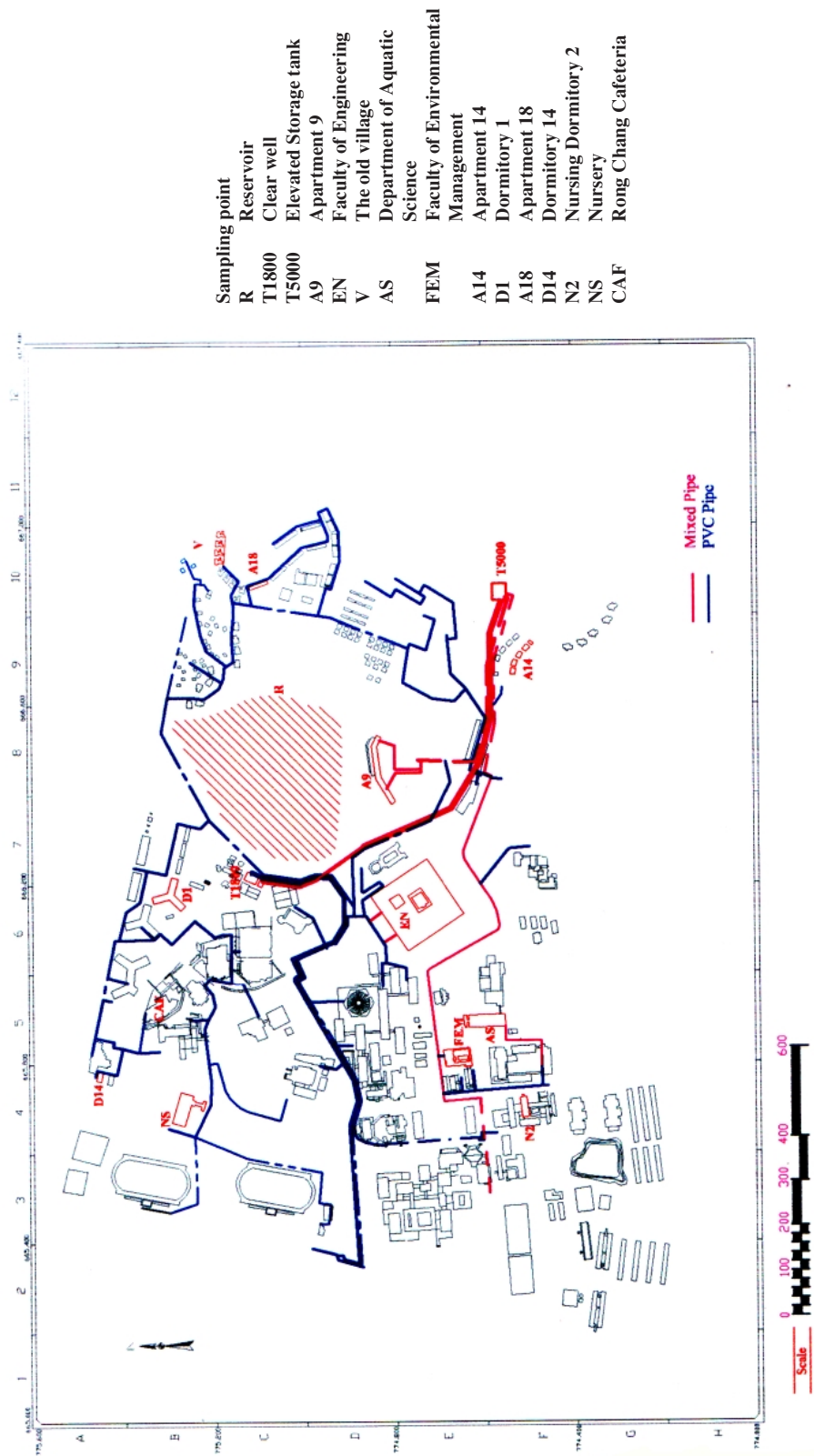


Figure 2. Diagram of water distribution system and sampling points in Prince of Songkla University, Hat Yai Campus

และ 0.006 มก./ลิตร ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 29.94, 7.81, 0.47, 8.29, 0.024, 0.004, 0.017, 0.717 และ 0.008 มก./ลิตร ตามลำดับ ตรวจไม่พบแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma (ICP) ซึ่งคุณภาพน้ำของอ่างเก็บน้ำศรีตรังที่ใช้เป็นแหล่งน้ำดิบจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 คือสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

2. กระบวนการผลิตน้ำประปา

กระบวนการผลิตน้ำประปามี 2 ระบบ คือ ระบบกรองแบบใช้แรงดัน (pressure filter) และระบบทรายกรองเร็ว โดยระบบกรองแบบใช้แรงดันสามารถผลิตน้ำประปาได้ 50 ลบ.เมตร/ชั่วโมง ระบบประกอบด้วยถังตกตะกอนและถังทรายกรอง จำนวน 4 ชุด พบว่าระบบนี้ยังไม่สามารถควบคุมปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใส่สารส้มได้ ซึ่งอาจทำให้ปริมาณสารส้มไม่เพียงพอในกระบวนการโคแอกกูเลชัน (coagulation) นอกจากนี้ทรายกรองที่ใช้มาเป็นเวลานานได้หมดสภาพการใช้งาน และผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปาไม่สามารถติดตามการผลิตได้อย่างต่อเนื่องเพราะเป็นระบบปิดทั้งหมด ส่งผลให้น้ำที่ผลิตได้มีความขุ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดไว้ 5 NTU (WHO, 1984 และ WHO, 2004) เพียง 21.05, 26.32, 52.60 และ 78.94% ของถังทรายกรองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อคำนวณประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบกรองแบบใช้แรงดัน พบว่าสามารถลดความขุ่นได้ 33.83, 18.26, 42.76 และ 65.67% ตามลำดับ โดยถังทรายกรองที่ 4 มีประสิทธิภาพในการลดความขุ่นสูงสุด เนื่องจากการเปลี่ยนทรายกรองใหม่ แต่อย่างไรก็ตามหากไม่สามารถควบคุมสารเคมีในกระบวนการโคแอกกูเลชันได้ ก็ไม่สามารถผลิตน้ำให้มีคุณภาพที่ดีได้

สำหรับระบบทรายกรองเร็ว (rapid sand filter) ซึ่งเป็นระบบหลักของมหาวิทยาลัยที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาสามารถผลิตน้ำประปาได้ 100 ลบ.เมตร/ชั่วโมง ระบบประกอบด้วยถังตกตะกอนและถังทรายกรอง โดยน้ำดิบที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารส้มในถังน้ำดิบซึ่งใช้ร่วมกับระบบกรองแบบใช้แรงดันจะเข้าสู่ถังตกตะกอน แล้วทำการใส่ปูน

ขาวและสารส้มเพิ่มอีกครั้ง โดยนำปูนขาวมาผสมน้ำแล้วเติมลงในน้ำดิบเพื่อปรับสภาพ พร้อมกับการเติมสารส้มโดยนำสารส้มชนิดก้อนใส่ถังพลาสติกแล้วเปิดน้ำให้ไหลผ่านเพื่อให้สารส้มละลายลงไปในน้ำดิบเพื่อสร้างตะกอน หลังจากนั้นจะปรับสภาพด้วยปูนขาวอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้มีความเป็นกรด-ด่างเหมาะสมสำหรับการตกตะกอน จากการศึกษาพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างหลังจากการปรับสภาพครั้งสุดท้ายแล้วอยู่ในช่วง 4.67-7.25 (6.28 ± 0.64) ซึ่งโดยทั่วไปสารส้มสามารถตกตะกอนดินเหนียวได้ดีในช่วงความเป็นกรด-ด่าง 6.8-7.8 (AWWA, 1970) แต่จากการศึกษาพบว่ามีความขุ่นจากถังตกตะกอนเพียง 5 ตัวอย่างหรือ 26.32% เท่านั้น ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมกับการตกตะกอน และมีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดความขุ่น 77.36% ส่วนขั้นตอนการกรองพบว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดความขุ่นได้ 54.33% เมื่อคำนวณประสิทธิภาพเฉลี่ยรวมทั้งระบบพบว่าสามารถลดค่าความขุ่นได้ 89.28% ซึ่งน้ำที่ผ่านการกรองในระบบนี้มีค่าความขุ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดไว้ 5 NTU ทุกตัวอย่าง จะเห็นว่าระบบนี้สามารถลดความขุ่นได้ค่อนข้างดีกว่าระบบกรองแบบใช้แรงดัน ทั้งนี้เพราะเป็นระบบเปิดเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบสามารถที่จะติดตามตรวจสอบกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังมีปัญหาในเรื่องปริมาณน้ำทรายกรองที่หลุดติดไปกับการล้างทรายกรองแบบให้น้ำไหลย้อนทิศทางกรอง (backwash) และอายุของทรายกรองที่ใช้งานมาเป็นเวลานาน ซึ่งมีผลให้ประสิทธิภาพการกรองไม่ดีเท่าที่ควร

น้ำที่ผ่านทรายกรองทั้งสองระบบแล้วมีปริมาณแมงกานีส ทองแดง สังกะสี เหล็ก และโครเมียม ลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณที่พบในแหล่งน้ำดิบเฉลี่ย 42.65, 30.02, 19.54, 56.82 และ 15.12% ตามลำดับ น้ำที่ผลิตได้จะรวบรวมกันในถัง 1,800 ลบ.เมตร ซึ่งพบว่ามีความขุ่นค่อนข้างสูง โดยมีค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 0.7-9.8 NTU (5.7 ± 2.2 NTU) เนื่องจากน้ำที่ผ่านระบบกรองแบบใช้แรงดันมีประสิทธิภาพต่ำในการลดความขุ่น จึงมีตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกเพียง 52.63% หลังจากเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคพบว่ามีความคลอรีนตกค้าง 0.2 มก./ลิตร ทุกตัวอย่าง ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด พบว่ามีค่าน้อยกว่า 2 MPN/

100 mL หลังจากนั้นจะสูบน้ำไปเก็บไว้ในถังน้ำใส (5,000 ลิ.เมตร) ซึ่งจะเกิดการตกตะกอนอีกครั้ง พบว่าน้ำมีความขุ่นอยู่ในช่วง 0.8-3.3 NTU (2.2 ± 0.7 NTU) ซึ่งคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก พร้อมจะจ่ายน้ำประปาเพื่อการอุปโภคและบริโภคต่อไป

3. ด้านการบริหารจัดการและการบำรุงรักษาระบบประปา

คุณภาพน้ำประปาที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้วยังมีปัญหาในเรื่องของความขุ่น จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปา พบว่าค่าความขุ่นไม่ได้มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก 78.95, 73.68, 47.40 และ 21.06% ในระบบกรองแบบใช้แรงดันของถังทรายกรองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ เนื่องจากในบางครั้งผู้ควบคุมระบบผลิตน้ำประปาไม่ได้ให้ความสนใจเท่าที่ควร เช่น ในเรื่องความถี่และปริมาณของการเติมสารส้มเพื่อการตกตะกอนในแต่ละวัน การระบายตะกอน และการล้างทรายกรอง และพบว่าไม่สามารถควบคุมการเติมสารเคมีในกระบวนการโคแอกกูเลชันได้ วิธีการเติมสารเคมีควรได้รับการปรับปรุง และควรมีเครื่องมือในการตรวจวัดความขุ่นแบบอัตโนมัติ เพื่อตรวจสอบความขุ่นของน้ำหลังจากการล้างทรายกรองได้ทันที ถ้าน้ำยังมีความขุ่นสูงก็จะได้ทำการล้างทรายกรองซ้ำ หรือควรเปลี่ยนทรายกรองที่ใช้มาเป็นเวลานานเพื่อทำให้ประสิทธิภาพการกรองสูงขึ้น นอกจากนี้การที่ปริมาณน้ำดิบไม่เพียงพอที่จะผลิตน้ำประปาได้ตลอดทั้งปี อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบไม่ได้รับการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องและทำให้บุคลากรขาดความชำนาญในการดำเนินงานด้วย

4. คุณภาพน้ำประปาปลายทาง

จากการศึกษาคุณภาพน้ำประปาปลายทางจากจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 12 จุด คืออาคารที่พักอาศัย อ.9 (A9) คณะวิศวกรรมศาสตร์ (EN) หมู่บ้านเก่า (V) ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ (AS) คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม (FEM) อาคารที่พักอาศัย อ.14 (A14) อาคารที่พักนักศึกษา 1(D1) อาคารที่พักอาศัย อ.18 (A18) อาคารที่พักนักศึกษา14 (D14) อาคารที่พักนักศึกษาพยาบาล 2 (N2) อาคารเลี้ยงเด็กปฐมวัย (NS) และโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย (โรงช้าง) (CAF) ผลการศึกษามีดังนี้

4.1 คุณภาพน้ำประปาในพารามิเตอร์พื้นฐาน ได้แก่ ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณคลอรีนตกค้าง และปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด ซึ่งทำการศึกษาในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2547 ถึงเดือนมีนาคม 2548 จำนวน 19 ครั้ง พบว่าน้ำประปามีความขุ่นอยู่ในช่วง 0.7-11.0 NTU (3.6 ± 1.6 NTU) ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.02-7.19 (6.75 ± 0.22) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 95.5-173 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (115.7 ± 14.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 45-86 มก./ลิตร (55 ± 7 มก./ลิตร) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.0-29.8°C ($28.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$) ค่าคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0-0.2 มก./ลิตร โดยร้อยละ 71 ของจำนวนตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดว่าต้องมีคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.2-0.5 มก./ลิตร และตัวอย่างเหล่านี้มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 2 MPN/100mL อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำประปาส่วนใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องความขุ่นและความเป็นกรด-ด่าง และเมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาตามลักษณะเส้นท่อคือ น้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อผสมและน้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อพีวีซี (Table 3) พบว่าค่าความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยน้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อผสมมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าน้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อพีวีซี สาเหตุเกิดจากท่อผสมมีความสกปรกเนื่องจากสนิมเหล็กและตะกอนอุดตันได้มากกว่าท่อพีวีซี (สุขสม, 2531) อาจมีกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในท่อได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อละลายน้ำจะได้กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งเป็นกรดอ่อน (กรรณิการ์, 2544) เมื่อน้ำไหลผ่านท่อผสมซึ่งเป็นท่อเหล็กเชื่อมต่อกับท่อพีวีซี ความเป็นกรดที่เกิดขึ้นอาจกัดกร่อนเหล็กจากเส้นท่อได้ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเหล็กที่พบในน้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อผสม (0.149 ± 0.092 มก./ลิตร) จะมากกว่าปริมาณเหล็กในน้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อพีวีซี (0.079 ± 0.044 มก./ลิตร)

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกในพารามิเตอร์ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณคลอรีนตกค้าง และปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด

Table 3. Quality of tap water in distribution system in Prince of Songkla University (Mean ± S.D.).

Parameter	Mixed Pipe	PVC Pipe
Turbidity (NTU)	3.74±1.74	3.52±1.51
pH	6.69±0.23	6.80±0.20
conductivity (µS/cm)	114.6±14.6	116.9±14.0
TDS (mg/L)	54±7	55±6

Mixed pipe: piping consists of PVC pipe and iron pipe

Table 4. Percentage of water samples are in compliance with the WHO drinking water quality standards

Sampling Point	Percentage of water samples are in compliance with the WHO drinking water quality standards						
	Pipe Type	Distance (m)	Turbidity (NTU)	pH	TDS (mg/L)	Residual chlorine (mg/L)	Total coliform bacteria (MPN/100 ml)
Storage tank (T5000)	-	0	100	95	100	100	100
Apartment 9 (A9)	Mixed	475	79	89	100	0	100
Apartment 14 (A14)	Mixed	760	68	89	100	5	100
Faculty of Environmental Management (FEM)	Mixed	1,050	100	89	100	0	100
Dormitory 1 (D1)	PVC	1,100	95	95	100	84	100
Apartment 18 (A18)	PVC	1,150	100	84	100	0	100
The old village (V)	Mixed	1,200	95	74	100	0	100
Faculty of Engineering (EN)	Mixed	1,380	90	68	100	68	100
Department of Aquatic Science (AS)	Mixed	1,685	68	58	100	0	100
Nursery (NS)	PVC	2,035	68	100	100	53	100
Dormitory 14 (D14)	PVC	2,382	95	95	100	63	100
Rong Chang Cafeteria (CAF)	PVC	2,400	89	89	100	68	100
Nursing Dormitory 2 (N2)	PVC	2,460	84	100	100	0	100

กับระยะทางการจ่ายน้ำจากถังน้ำใส (T5000) (Table 4) พบว่าค่าความขุ่นของน้ำมีความสัมพันธ์กับระยะทางคือ เมื่อระยะทางจากถังน้ำใสจนถึงจุดเก็บตัวอย่างมากขึ้นค่าความขุ่นจะมากขึ้นด้วย ส่งผลให้จำนวนร้อยละของตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกลดลง สาเหตุเกิดจากความสกปรกของตะกอนในเส้นท่อหลังจากใช้มาเป็นเวลานาน แม้ว่าหน่วยผลิตน้ำประปาได้ทำการได้ตะกอนในเส้นท่อสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เพื่อลดปัญหาดังกล่าวแล้วก็ตาม เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำประปาที่

จ่ายผ่านท่อผสม พบว่าเมื่อระยะทางมากขึ้นค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำจะลดลงทำให้จำนวนร้อยละของตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานฯ ลดลงด้วย ซึ่งแตกต่างกับน้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อพีวีซีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก สำหรับปริมาณคลอรีนตกค้างจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานฯ เฉพาะในน้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อพีวีซีเท่านั้น ทั้งนี้ในท่อผสมอาจมีกระบวนการ nitrification เกิดขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการที่พบไนเตรท-ไนโตรเจนในปริมาณที่สูง (0.03-1.66 มก./ลิตร) และพบปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่น้อย แต่จากการวิเคราะห์

Table 5. Water quality in distribution system during rainy season and summer season

Parameter	Rainy season (mg/L)		Summer season (mg/L)	
	Mixed pipe	PVC pipe	Mixed pipe	PVC pipe
Hardness	29.90±2.26	29.01±1.86	39.75±2.39	42.12±1.98
Chloride	8.35±0.32	8.08±0.16	14.41±0.48	14.51±0.08
Nitrate-Nitrogen	0.56±0.28	0.30±0.04	1.09±0.42	0.74±0.05
Sulfate	14.19±0.81	13.61±0.98	16.49±0.59	16.78±0.60
Chromium	0.006±0.000	0.006±0.000	0.007±0.000	0.007±0.000
Iron	0.113±0.083	0.040±0.017	0.185±0.093	0.118±0.016
Manganese	0.017±0.003	0.015±0.002	0.019±0.003	0.016±0.002
Copper	0.004±0.001	0.004±0.001	0.004±0.001	0.004±0.000
Zinc	0.099±0.074	0.030±0.007	0.120±0.073	0.036±0.009

ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าน้อยกว่า 2 MPN/100 mL อย่างไรก็ตามเพื่อค้ำประกันถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภค หน่วยผลิตประปาควรเติมปริมาณคลอรีนให้มากพอเพื่อให้มีปริมาณคลอรีนตกค้างที่ปลายท่อที่ไกลที่สุดมีค่า 0.2-0.5 มก./ลิตร เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนน้ำประปาในเส้นท่อในภายหลังได้ (ศิริวัฒนา และคณะ, 2544)

4.2 คุณภาพน้ำประปาทางเคมี ซึ่งได้แก่ ความกระด้าง คลอไรด์ ไนเตรท-ไนไตรเจน และซัลเฟต และปริมาณโลหะหนัก ซึ่งได้แก่ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี เหล็ก โครเมียม แคลเซียม ตะกั่ว และปรอท โดยทำการศึกษาในเดือน พฤศจิกายน 2547 (ฤดูฝน) และเดือนมีนาคม 2548 (ฤดูแล้ง) รวมจำนวน 2 ครั้ง (Table 5) ไม่พบแคลเซียม ตะกั่ว และปรอทด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma (ICP) ส่วนพารามิเตอร์อื่นๆ มีความแตกต่างในระหว่างฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากคุณภาพน้ำดังกล่าวขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบที่นำมาทำการผลิตน้ำประปา แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ดังกล่าวระหว่างน้ำประปาที่จ่ายผ่านท่อผสม และที่จ่ายผ่านท่อพีวีซีในแต่ละฤดูกาล พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นปริมาณสังกะสีที่พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของเส้นท่อในแต่ละฤดูกาล เนื่องจากท่อประปาบริเวณอาคารที่พักอาศัย อ.14 (A14) คณะกรรมาธิการสิ่งแวดล้อม (FEM) และภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ (AS) เป็นท่อผสมที่แตกต่างจากบริเวณอื่นๆ โดยเป็นท่อเหล็กอบสังกะสีเชื่อมต่อกับท่อพีวีซี จึงอาจเป็นสาเหตุที่พบสังกะสีใน

น้ำประปาสูง เพราะน้ำที่มีความกระด้างน้อยกว่า 50 มก./ลิตร (25.77-44.15 มก./ลิตร) มีทองแดงอยู่ในช่วง 0.003-0.004 มก./ลิตร และค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.08-7.10 จะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนของท่อประปาได้ (กรรณิการ์, 2544 และ มั่นสิน, 2542)

ในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ได้ทำการหาค่า % recovery ของ Certified Reference Material (CRM) และของ spiked samples เพื่อยืนยันความถูกต้อง (accuracy) ได้ค่าอยู่ในช่วง 81-118%

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำศรีตรัง ซึ่งใช้เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาสำหรับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ที่สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน แต่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการผลิตน้ำประปาตลอดทั้งปี กระบวนการผลิตน้ำประปาของระบบกรองแบบใช้แรงดัน ไม่สามารถควบคุมปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารเคมีได้ และทรายกรองถูกใช้มาเป็นเวลานาน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมการผลิตไม่ได้ให้ความสนใจเท่าที่ควร ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบกรองนี้ค่อนข้างต่ำ ส่วนระบบทรายกรองเร็วซึ่งเป็นระบบเปิดที่สามารถติดตามกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ถึงแม้จะสูญเสียชั้นหน้า

ทรายกรองไปกับการล้างแบบให้น้ำไหลย้อนทิศทางกรอง (backwash) และทรายกรองได้ถูกใช้มาเป็นเวลานานก็ตาม แต่ยังมีประสิทธิภาพดี ซึ่งน้ำประปาที่ผลิตได้และน้ำประปาที่ปลายท่อจะมีปัญหาในเรื่องความขุ่นและความเป็นกรด-ด่าง จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาในระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงและเพื่อให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้บริโภค กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงในการผลิตน้ำประปา ควรปรับปรุงระบบการจ่ายสารเคมีในกระบวนการโคแอกกูเลชัน ให้สามารถควบคุมการจ่ายสารเคมีให้อยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ควรเปลี่ยนทรายกรองของทั้งสองระบบ เนื่องจากใช้มานานกว่า 10 ปี ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกรองไม่ดีเท่าที่ควร ควรควบคุมการเติมคลอรีนให้เหมาะสม เพื่อให้มีปริมาณคลอรีนตกค้างตามมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก ควรมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาปลายท่อทุกเดือน และมีการประชาสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2538. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาประเทศไทย. กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กรรณิการ์ สิริสิงห. 2544. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 3 บริษัทประยูรวงศ์ จำกัด กรุงเทพมหานคร.
- กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2542. ประปากรมอนามัยดื่มได้ ปี 2540-2541. ว. อนามัยสิ่งแวดล้อม. 3(4): 35-40.
- ณรงค์ ฒ เชียงใหม่ อรุณโชติ คงพล และโสมาวดี นาคะ-วิโรจน์. 2528. ปริมาณเหล็กในน้ำประปาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ระหว่างปี 2524-2527. ว. สงขลานครินทร์. 7: 165-169.

- พิพัฒน์ ภูริปัญญาคุณ. 2522. ปัญหาเกี่ยวกับปริมาณและคุณภาพน้ำประปาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. ว. สงขลานครินทร์. 1(4): 41-51.
- มันสิน ตัณฑุลเวศม์. 2542. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2547. รายงานผลการวิเคราะห์น้ำประปาในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กองอาคารสถานที่.
- ศิริวัฒนา ตอวิวัฒน์ พีระพล เอี่ยมสะอาด ชีระศักดิ์ วิสวะวาทีน และบุญชู กองสุข. 2544. ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของสารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในระบบประปาหมู่บ้าน กรมอนามัย.
- ศูนย์อุตุนิยมหาวิทยาลัยได้ชายฝั่งตะวันออก. 2549. ข้อมูลสถิติอุตุนิยวิทยา จังหวัดสงขลา. Available: <http://www.songkhla-met.org/rain/ampore/shatyai.html>. (21 September 2006).
- สุขสม แจ่งสว่าง. 2531. การกักกรองภายในเส้นท่อในระบบประปา. จ.สภาวะแวดล้อม 7(2): 11-17.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed., American Public Health Association, Washington DC.
- AWWA. 1970. Water Quality and Treatment: A Handbook of Public Water Supplies. 3rd ed., McGraw-Hill, Washington DC.
- WHO. 1984. Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol. 1 Recommendation. Geneva.
- WHO. 2004. Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol. 1 Recommendation. 3rded., Geneva.