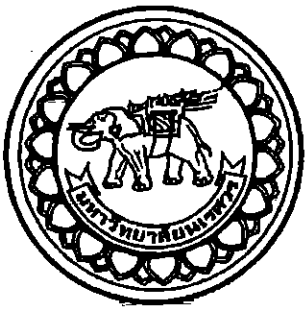


การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปา หน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

THE STUDY OF WATER SUPPLY SYSTEM EFFICIENCY OF WATER TREATMENT PLANT IN WANGTHONG UNIT, PHITSANULOK PROVINCE

นางสาวสุธัญญา	เรืองรอง	รหัส 50381581
นางสาวสุภาวรรณ	ศรีรัตนา	รหัส 50383073
นางสาวชนิดา	อกตัน	รหัส 50383929

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 28 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 15510600
เลขเรียกหนังสือ วร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร สส782 ก 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

ผู้ดำเนินโครงงาน

นางสาวสุชัญญา	เรืองรอง	รหัส	50381581
นางสาวสุภาวรรณ	ศรีรัตนา	รหัส	50383073
นางสาวชนิดา	อกตัน	รหัส	50383929

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวสุธัญญา เรืองรอง รหัส 50381581
	นางสาวสุภาวรรณ ศรีรัตนา รหัส 50383073
	นางสาวชนิดา อกตัน รหัส 50383929
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปา หน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาที่เก็บตัวอย่างน้ำ 5 จุด ในระบบเป็นเวลา 3 เดือน เดือนละ 2 ครั้ง วิเคราะห์ 12 พารามิเตอร์ ได้แก่ พีเอช ออกซิเจนละลายน้ำ ความขุ่น เหล็ก บีโอดี ซัลเฟต คลอไรด์ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย ไนไตรท ไนเตรท และความกระด้าง

ผลการศึกษาพบว่า น้ำดิบมีคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำดิบและมาตรฐานน้ำผิวดินซึ่งจัดอยู่ในมาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 2-4 น้ำประปาที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปา ระบบผลิตน้ำประปามีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น 98.868% เหล็ก 87.080% ของแข็งแขวนลอย 86.959% บีโอดี 75.877% และของแข็งทั้งหมด 16.786% อีกทั้งระบบยังสามารถรองรับอัตราการใช้น้ำในปัจจุบันได้ดี

Project title	The study of water supply system efficiency of water treatment plant in Wangthong Unit , Phitsanulok Province	
Name	Miss. Suthanya Rungrong	ID. 50381581
	Miss. Supawan Sriruttana	ID. 50383073
	Miss Chanida Oaktun	ID. 50383929
Project advisor	Mr.Ampol Techowanich	
Major	Environmental Engineering	
Department	Civil Engineering	
Academic year	2010	

Abstract

This project was to study water supply system efficiency of water treatment plant in Wangthong Unit, Phitsanulok province by sampling raw water and treated water 2 times a month for 3 month. Then 13 parameters such as pH, dissolved Oxygen, turbidity, iron, BOD, Sulfate, Chloride, dissolved solid, total solid, Nitrite, Nitrate and hardness were analyzed.

The study showed that most qualities of raw water met the raw water standard and surface water standard type 2-4. The water supply qualities were also guaranteed compairing with the water supply standard. Furthermore, the system could remove turbidity 98.868%, iron 87.080%, dissolved solid 86.959%, BOD 75.877% and total solid16.786%. It can accommodate the rate of water use in the present.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณอาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์ ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์และคณะกรรมการโครงงาน อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง และ อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่พบระหว่างการศึกษาและจัดทำโครงงานจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบุคลากรของโรงผลิตน้ำประปาอำเภอวังทอง ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านความสะดวกในการปฏิบัติงาน ตลอดจนให้ข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
สุธัญญา เรืองรอง
สุภาวรรณ ศรีรัตนา
ชนิดา อกตัน
มีนาคม 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....3
2.1 ส่วนประกอบของระบบประปาชุมชน.....3
2.2 แหล่งน้ำดิบ.....3
2.3 ลักษณะคุณสมบัติของน้ำประปา.....12
2.4 ระบบผลิตน้ำประปา.....18
2.5 กระบวนการกำจัดสลัดจ์.....38
2.6 ระบบจ่ายน้ำประปา.....43
2.7 อัตราการใช้น้ำของประชากร.....46
2.8 การทำนายอัตราความต้องการน้ำในอนาคต.....49
2.9 การคาดการณ์จำนวนประชากร.....50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....53

3.1 เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....53

3.2 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ.....55

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....55

3.4 วิธีวิเคราะห์และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์.....56

3.5 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก.....56

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....57

4.1 ศึกษาระบบผลิตน้ำประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก.....57

4.2 ศึกษาคุณภาพของน้ำประปา.....62

4.3 ศึกษาอัตราการใช้น้ำของระบบผลิตน้ำประปาอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก.....74

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....76

5.1 สรุปผลคุณภาพน้ำตัวอย่าง.....76

5.2 ประสิทธิภาพการบำบัด.....78

5.2 ข้อเสนอแนะ.....78

บรรณานุกรม.....79

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

บทที่ 1

1.1 แผนการศึกษาโครงงาน....2

บทที่ 2

2.1 คุณภาพน้ำผิวดินในประเทศไทย.... 6

2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก.... 8

2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค....10

2.4 เกณฑ์ออกแบบถังผสมร็ว....19

2.5 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้ใบกวน....21

2.6 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางสลับกัน....21

2.7 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า....22

2.8 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปทรงกลม....23

2.9 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนแบบท่อหรือแผ่นเอียง....23

2.10 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนแบบ Solid-Contact....24

2.11 ขนาดของอนุภาคและวัสดุต่างๆ ที่กรองได้....24

2.12 เกณฑ์การออกแบบถังกรองช้า (Slow Sand Filter)....27

2.13 เกณฑ์การออกแบบถังกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)....29

2.14 เกณฑ์ออกแบบเครื่องกรองใช้ความดัน....30

2.15 ความเข้มข้นของสลัดจ์ที่จะได้รับจากแต่ละวิธี....43

2.16 อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคลในบางประเทศ....47

2.17 ประเภทของการใช้ อัตราการใช้ และค่าเปอร์เซ็นต์ ของการผลิตน้ำประปา....47

บทที่ 3

3.1 วันที่เก็บน้ำตัวอย่าง.... 53

3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด....55

3.3 วิธีวิเคราะห์และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์....56

บทที่ 4

4.1 แสดงค่าพีเอชของน้ำตัวอย่าง....62

4.2 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำตัวอย่าง....63

4.3 แสดงค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่าง....64

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.4 แสดงค่าเหล็กของน้ำตัวอย่าง.....65

4.5 แสดงค่าบีโอดีของน้ำตัวอย่าง.....66

4.6 แสดงค่าซัลเฟตของน้ำตัวอย่าง.....67

4.7 แสดงค่าคลอไรด์ของน้ำตัวอย่าง.....68

4.8 แสดงค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำตัวอย่าง.....69

4.9 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำตัวอย่าง.....70

4.10 แสดงค่าไนไตรท –ไนโตรเจนของน้ำตัวอย่าง.....71

4.11 แสดงค่าไนเตรท –ไนโตรเจนของน้ำตัวอย่าง.....72

4.12 แสดงค่าความกระด้างของน้ำตัวอย่าง.....73

4.13 แสดงอัตราการใช้น้ำประชากรในหน่วยบริการวังทอง.....74

บทที่ 5

5.1 แสดงผลการทดลองเมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บน้ำตัวอย่าง.....76

5.2 แสดงค่าเฉลี่ยของแหล่งน้ำดิบเทียบกับมาตรฐานของน้ำผิวดินและน้ำดิบ.....77

5.3 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำประปาเทียบกับมาตรฐานของน้ำประปาส่วนภูมิภาค.....77

5.4 แสดงประสิทธิภาพการบำบัด.....78

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

บทที่ 2

2.1 ถังกวนเร็วแบบใช้ใบพัด....18

2.2 ถังกวนช้าแบบไหลแนวนอน....19

2.3 ถังกวนช้าแบบไหลแนวตั้ง....19

2.4 ถังกรองภายใต้ความดัน....29

2.5 ถังทำให้สลัดจ์เข้มข้นแบบ Gravity Thickener....38

2.6 แบบลานทรายตากตะกอน (Sand-drying beds) 39

2.7 ลานทรายตากตะกอน(Sand-drying beds)....40

2.8 เครื่อง Solid Bowl Centrifuge 40

2.9 เครื่องกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum filtration)....41

2.10 เครื่องรีดกรองด้วยสายพาน Belt filter press 41

2.11 เครื่องอัดกรองด้วยแผ่น (Plate pressure filters) 42

2.12 ระบบจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้ถังสูง....44

2.13 ระบบจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรงแบบใช้เครื่องสูบ....44

2.14 ระบบจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำร่วมกันกับหอสูง....45

2.15 กราฟระหว่าง ln. [(100-p)/p] กับ t....52

บทที่ 3

3.1 เก็บตัวอย่างน้ำดิบ....53

3.2 เก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากถังกรองช้า....54

3.3 เก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน....54

3.4 เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านถังทรายกรอง....54

3.5 เก็บตัวอย่างน้ำประปา....54

บทที่ 4

4.1 สถานีสูบน้ำ (Raw Water Pump House) 57

4.2 เครื่องสูบน้ำแรงดันต่ำ (Low Pressure Pump) 57

4.3 การทำลายเสถียรภาพ (Coagulation) 58

4.4 ถังกวนช้า (Slow mixing tank) 58

4.5 ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) 59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.6 ถังกรองน้ำ (Filtration tank) 59
4.7 การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) 60
4.8 ถังน้ำใส (Clear Well) 60
4.9 ปั๊มสูบน้ำแรงดันสูง....61
4.10 หอถังสูง (High tower tank) 61
4.11 กราฟแสดงค่าพีเอช....62
4.12 กราฟแสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำ....63
4.13 กราฟแสดงค่าความขุ่น....64
4.14 กราฟแสดงค่าเหล็ก....65
4.15 กราฟแสดงค่าบีโอดี....66
4.16 กราฟแสดงค่าซัลเฟต....67
4.17 กราฟแสดงค่าคลอไรด์....68
4.18 กราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมด....69
4.19 กราฟแสดงค่าของของแขวนลอย....70
4.20 กราฟแสดงค่าไนไตรท –ไนโตรเจน....71
4,21 กราฟแสดงค่าไนเตรท –ไนโตรเจน....72
4.22 กราฟแสดงค่าความกระด้าง....73
4.23 กราฟแสดงค่าจำนวนประชากร....74
4.24 กราฟแสดงค่าปริมาตรน้ำผลิตสุทธิ....75
4.25 กราฟแสดงค่าอัตราการใช้น้ำ....76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันในเทศบาลนครพิษณุโลกมีประชาชนอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีอัตราการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้ต้องการขยายสถานที่ผลิตน้ำประปาขึ้นที่หน่วยบริการประปาวังทอง สำนักงานประปาพิษณุโลกเพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของประชาชนในเทศบาลนครพิษณุโลก โดยการผลิตน้ำประปาได้มีการรับน้ำดิบจากแม่น้ำน่าน และในกระบวนการเติมสารเคมีใช้สารส้มในการตกตะกอน และใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำที่ได้จากระบบผลิตประปาวังทอง เพื่อนำคุณภาพน้ำที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำประปา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

1.2.2 ศึกษาคุณภาพน้ำที่ผ่านแต่ละกระบวนการของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก และนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำประปา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทำให้ทราบถึงคุณภาพน้ำประปาของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ก่อนแจกจ่ายให้แก่ชุมชนเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำประปา

1.3.2 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาและสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ปรับปรุงระบบผลิตประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

วิเคราะห์คุณภาพน้ำของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 5 จุด ดังนี้

1. เก็บตัวอย่างน้ำดิบ
2. น้ำที่ออกจากถังกวนช้า

3. น้ำที่ออกจากถังตกตะกอน
4. น้ำที่ผ่านถังทรายกรอง
5. น้ำประปาที่แจกจ่าย

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

1.5.2 สำรวจข้อมูลระบบประปาของโรงประปา และกำหนดจุดเก็บน้ำ

1.5.3 เก็บตัวอย่างน้ำในจุดที่กำหนด

1.5.4 วิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่เก็บมาแต่ละจุด

1.5.5 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาและคุณภาพของน้ำประปามาทำการสรุปผล

1.5.6 จัดทำรูปเล่มรายงาน

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือน						
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาข้อมูล							
2. ทำรายงานฉบับโครงร่าง							
3. เก็บข้อมูลและวิเคราะห์น้ำเสีย							
4. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล							
5. ปรับปรุงและแก้ไขรายงาน							
6. ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์							

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ค่าเดินทาง วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง 1,500 บาท
2. ค่าวัสดุอุปกรณ์งานสำนักงาน 1,500 บาท

รวมเป็นเงิน 3,000 บาท (สามพันบาท)

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และเป็นสิ่งซึ่งไม่อาจขาดได้ ความเจริญทางด้านวัตถุ ทำให้ความต้องการน้ำเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม แหล่งน้ำสะอาดนับวันจะหายากขึ้น ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากผลกระทบของมลภาวะต่าง ๆ การจัดหาน้ำสะอาดให้กับชุมชนจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องการผู้มีความรู้ทางด้านวิศวกรรมประปาโดยเฉพาะ

2.1 ส่วนประกอบของระบบประปาชุมชน

โดยทั่วไประบบประปาชุมชนประกอบด้วยแหล่งน้ำ ระบบทำความสะอาดน้ำหรือเรียกสั้น ๆ ว่าโรงประปา ระบบขนส่งและแจกจ่ายน้ำ

ในบรรดาส่วนประกอบทั้งสามประเภทของระบบประปา วิศวกรทั่วไปมักจะเห็นว่าระบบทำความสะอาดน้ำ (Water Treatment Plant System) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการผลิตประปา ความเข้าใจเช่นนี้อาจเป็นความจริงเหมือนกันในบางกรณี แต่ทั้งนี้ต้องตระหนักไว้ด้วยว่า ทั้งแหล่งน้ำและระบบขนส่ง/แจกจ่ายน้ำก็มีความสำคัญต่อการผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพดีเช่นกัน ในการออกแบบระบบประปา วิศวกรต้องพิจารณาถึงแหล่งน้ำ และระบบขนส่ง/แจกจ่ายน้ำไปพร้อม ๆ กับระบบทำความสะอาดน้ำ จึงจะสามารถผลิตน้ำประปาที่สะอาดได้ในราคาที่ประหยัดที่สุด ตัวอย่าง เช่น การเลือกแหล่งน้ำดิบที่มีคุณภาพสูงและอยู่ไม่ไกล สามารถลดความจำเป็นในการทำความสะอาดน้ำได้มากและประหยัดค่าขนส่งน้ำ ระบบขนส่ง/แจกจ่ายน้ำต้องออกแบบและก่อสร้างให้สามารถรักษาปริมาณและคุณภาพของน้ำประปา (ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว) จนกระทั่งไปถึงมือผู้รับบริการ

2.2 แหล่งน้ำดิบ

วิธีทำให้มั่นใจที่สุดว่าจะได้รับน้ำประปาที่มีคุณภาพสูง คือ เลือกแหล่งน้ำดิบที่มีความสกปรกหรือมลทินน้อยที่สุด วิธีดังกล่าวนี้ทำให้สามารถผลิตน้ำประปาได้ในราคาประหยัดที่สุดเสมอ ด้วยเหตุนี้น้ำบาดาลจึงสมควรได้รับการพิจารณา เพื่อใช้เป็นแหล่งน้ำดิบก่อนน้ำผิวดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกรณีของระบบประปาขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะน้ำบาดาลที่มีคุณภาพดีเป็นแหล่งน้ำดิบที่เสียค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังประหยัดในการควบคุมบำรุงรักษาและติดตามดูแลอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ต้องกระทำให้ถูกต้องเพื่อป้องกันการแปดเปื้อนและเพื่อให้ได้ผลมากที่สุด

แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปามี 2 ประเภท คือ น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล น้ำฝนโดยตรงไม่อาจนับเป็นแหล่งน้ำดิบที่เชื่อถือได้ เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องเก็บกักไว้ใช้ตามต้องการ

2.2.1 น้ำฝน

น้ำฝนจัดเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิตทุกอย่าง น้ำฝนที่ตกลงมาไม่ว่าจะอยู่ ผิวดินหรือซึมลงไปใต้ดิน ย่อมนำกลับมาใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำประปาได้ อย่างไรก็ตามจำนวนน้ำฝนที่สามารถนำมาใช้ผลิตน้ำประปานั้นมีปริมาณต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำฝนเกิดขึ้นได้หลายทาง

2.2.2 น้ำผิวดิน

น้ำผิวดินหมายถึงส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้วลงที่ต่ำตามลำธาร ห้วย คู คลอง และแม่น้ำ น้ำผิวดินนี้รวมไปถึงน้ำที่ไหลจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ดังจะเห็นได้จากลำธารหรือลำห้วยที่มีน้ำไหลตลอดปีไม่ว่าจะมีฝนตกหรือไม่ ปริมาณน้ำที่ไหลในลำห้วยหรือลำน้ำในระหว่างฤดูแล้งเรียกว่า Dry Weather Flow (D.W.F.) น้ำนี้เป็นน้ำที่สะสมไว้ใต้ดินและซึมขึ้นมาตลอดเวลาที่ฝนไม่ตก

ปริมาณน้ำผิวดินที่เกิดจากฝนนั้นจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือ

1. ความเข้ม ความถี่ และระยะเวลาที่ฝนตก
2. ลักษณะและขอบเขตของพื้นที่รองรับน้ำฝน

แหล่งน้ำผิวดินได้แบ่งการใช้ประโยชน์ออกเป็น 5 ประเภท

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์ เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- การอนุรักษ์ระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติ และกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน, การอนุรักษ์สัตว์น้ำ, การประมง, การว่ายน้ำ และกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน, การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน, การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์ เพื่อ

- คมนาคม

ตารางที่ 2.1 คุณภาพน้ำผิวดินในประเทศไทย

ที่	คุณภาพน้ำ[ข]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[ง] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [ง]				
				ประเภท1	ประเภท2	ประเภท3	ประเภท4	ประเภท5
1.	สี กลิ่น และรส (Coloir Odour and Taste)		-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
2.	อุณหภูมิ (Temperature)		°ซ	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
3.	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ธ	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)[จ]	P20	มก./ล.	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P80	มก./ล.	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100มล.	ธ	5,000	20,000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟีโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100มล.	ธ	1,000	4,000	-	-
8.	ไนเตรท(NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ธ	5.0	5.0	5.0	-
9.	แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ธ	0.5	0.5	0.5	-
10.	ฟีนอล (Phenols)		มก./ล.	ธ	0.005	0.005	0.005	-
11.	ทองแดง (Cu)		มก./ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12.	นิคเกิล (Ni)		มก./ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13.	แมงกานีส (Mn)		มก./ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14.	สังกะสี (Zn)		มก./ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15.	แคดเมียม (Cd)		มก./ล.	ธ	0.005* 0.05*	0.005* 0.05*	0.005* 0.05*	- -
16.	โคเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)		มก./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17.	ตะกั่ว (Pb)		มก./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		มก./ล.	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19.	สารหนู (As)		มก./ล.	ธ	0.01	0.01	0.01	-
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มก./ล.	ธ	0.005	0.005	0.005	-
21.	กัมมันตภาพรังสี - ค่ารังสีแอลฟ่า (Alpha) - ค่ารังสีเบตา (Beta)		 เบเคอเรล/ล. เบเคอเรล/ล.	 ธ ธ	 0.1 1.0	 0.1 1.0	 0.1 1.0	 - -

ที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html

หมายเหตุ

1/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

2/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ่ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°ซ องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก

รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด
1. คุณลักษณะทางกายภาพ	
- สี (colour), Pt-Co unit	300
2. คุณลักษณะทางเคมี (mg/l)	
- ปริมาณสารละลายทั้งหมด (Total dissolved solids)	1,500
- เหล็ก (Fe)	50
- แมงกานีส (Mn)	5
- ทองแดง (Cu)	1.5
- สังกะสี (Zn)	1.5
- แมกนีเซียมซัลเฟต – โซเดียมซัลเฟต ($mgSo_4$-$NaSO_4$)	1,000
- อัลคิล เบนซิล ซัลโฟเนต (Alkyl Benzyl Sulfonates)	0.5
- ไนเตรท (No_3)	45
- ฟลูออไรด์ (F)	1.5
3. คุณลักษณะทางด้านสารเป็นพิษ (mg/l)	
- ฟีโนลิก ซับแสตนซ์	0.002
- อาร์เซนิก (As)	0.05
- แคดเมียม (Cd)	0.01
- โครเมียม (Cr hexavalent)	0.05
- ไซยาไนด์ (CN)	0.2
- ตะกั่ว (Pb)	0.05
- เซเลเนียม (Se)	0.01
- เรดิโอนิวไคลด์ (gross beta activity); $\mu\mu c/l$	1,000
4. คุณลักษณะทางมลภาวะ (mg/l)	
- ซี โอ ดี (COD)	10
- บี โอ ดี (BOD)	6
- ไนโตรเจนทั้งหมด (ในรูปของ NO_3)	1
- แอมโมเนีย (NH_3)	0.5
- ซี ซี อี (Carbon Chloroform Extract)	0.5
- ไขมัน (Grease)	1

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก (ต่อ)

รายการ	เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด
1. คุณลักษณะทางด้านแบคทีเรีย (MPN/100 ml. Coliform bacteria)	
ชั้นที่ 1 แหล่งน้ำมีคุณลักษณะทางแบคทีเรีย เพียงผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อโรค จึงใช้เป็นน้ำประปาได้	0 – 50
ชั้นที่ 2 แหล่งน้ำมีคุณลักษณะทางแบคทีเรีย ที่ต้องผ่านกรรมวิธีการตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค จึงใช้เป็นน้ำประปาได้	50 – 5,000
ชั้นที่ 3 แหล่งน้ำมีปริมาณมลพิษเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องใช้กรรมวิธีเพิ่มเติมจากที่ระบุไว้ในชั้นที่ 2 จึงใช้เป็นน้ำประปาได้	5,000 – 50,000
ชั้นที่ 4 แหล่งน้ำมีปริมาณมลพิษมาก ไม่อาจใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการประปาได้ เว้นแต่ว่าได้ผ่าน กรรมวิธีพิเศษ ซึ่งได้ออกแบบไว้เป็นเฉพาะแห่ง ให้ใช้แหล่งน้ำนั้น เมื่อไม่อาจหลีกเลี่ยงได้	มากกว่า 50,000

ที่มา : http://reg10.pwa.co.th/pwa10/Knowledge/StandWaterUse.php

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

รายการ	มาตรฐานน้ำประปา
1.คุณลักษณะทางกายภาพ	
สี (colour) , Pt-Co unit	15
รส (taste)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (odour)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
ความขุ่น (turbidity) , NTU	5
ความเป็นกรด-ด่าง (pH range)	6.5-8.5
2.คุณลักษณะทางเคมี (mg/l)	
ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (total dissolved solids)	600
เหล็ก (Fe)	0.3
แมงกานีส (Mn)	0.4
ทองแดง (Cu)	2.0
สังกะสี (Zn)	3.0
ความกระด้างทั้งหมด (total hardness) as $CaCO_3$	300
ซัลเฟต (SO_4)	250
คลอไรด์ (Cl)	250
ฟลูออไรด์ (F)	1.0
ไนเทรต (NO_3) as N	11.3
3. คุณลักษณะทางสารเป็นพิษ : โลหะหนัก (mg/l)	
ปรอท (Hg)	0.001
ตะกั่ว (Pb)	0.01
สารหนู (As)	0.01
ซีลีเนี่ยม (Se)	0.01
โครเมียม (Cr)	0.05
ไซยาไนด์ (CN)	0.07

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค (ต่อ)

รายการ	มาตรฐานน้ำประปา
แคดเมียม (Cd)	0.003
แบเรียม (Ba)	0.7
4. คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา (ต่อ 100 ml.)	
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria)	0
อี โคไล (E. coli)	0
สแตฟฟิลโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)	0
แซลโมเนลลา (Salmonella)	0
คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens)	0

http://www.pwa.co.th/general/qcpwa.html

2.3 ลักษณะคุณสมบัติของน้ำประปา

น้ำประปาที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคจะต้องมีลักษณะคุณภาพที่ดี ปราศจากกลิ่นและสิ่งเจือปนต่างๆ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำประปาขึ้น และคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำประปาได้กำหนดไว้ดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติทางด้านกายภาพ (Physic Characteristics)

ลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ซึ่งสามารถกำจัดออกจากน้ำได้ด้วยวิธีสามัญ และมักเป็นอันตรายน้อยกว่าสารในน้ำประเภทอื่น

1. ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นเกิดขึ้นเนื่องจากมีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น ดินโคลน ทรายละเอียด และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก จำพวกสาหร่ายเซลล์เดียว แพลงก์ตอน สารที่อยู่ในน้ำที่ให้แสงเกิดการหักเหและอาจดูดแสงเอาไว้มิให้ผ่านทะลุไปจึงทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น ความขุ่นเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ง่าย มักใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของกระบวนการหลายกระบวนการ เช่น การกรอง การตกตะกอน เป็นต้น น้ำประปาเพื่อชุมชนไม่ควรมีความขุ่นเกิน 5 NTU เพื่อไม่ให้เป็นที่รังเกียจและเพื่อความปลอดภัยในการอุปโภคบริโภค

2. สี (Color)

สีส่วนใหญ่เกิดจากพืชหรือใบไม้ที่เน่าเปื่อยมักจะมีสีชา สีของน้ำอาจเกิดจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยออกมาจากโรงงาน การที่น้ำมีสีผิดปกติจะทำให้น้ำไม่น่าที่จะนำมาใช้อุปโภค บริโภค ดังนั้นการกำจัดสีออกจากน้ำเป็นสิ่งจำเป็น สีของน้ำจะมี 2 ชนิดคือ

- สีจริง (True color) คือสีที่เกิดจากสารอินทรีย์ที่ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ ซึ่งย่อยสลายยาก ประเภทกรดฮิวมิคและฟัลวิค (Humic Acid & Fulvic Acid) กรดเหล่านี้เป็นสารที่มีความคงตัวสูงมาก จนไม่สลายตัวอีกต่อไป การกำจัดสีจริงนี้ไม่อาจทำได้โดยง่าย
- สีปรากฏ (Apparent color) คือสีที่เกิดจากสารแขวนลอยต่างๆ สามารถกำจัดออกโดยวิธีทางกายภาพ เช่น การตกตะกอน หรือการกรอง การกำจัดสีปรากฏออกไปจะทำให้เห็นสีจริงของน้ำ

3. กลิ่น (Ordor)

กลิ่นในน้ำมักเกิดจากการที่น้ำมีจุลินทรีย์บางชนิด เช่น สาหร่าย โปรโตซัว หรือเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำในสภาวะขาดออกซิเจน ทำให้เกิดแก๊สไข่เน่า (H_2S) หรืออาจเกิดจากการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น โรงงานผลิตยา โรงงานผลิตอาหาร ฯลฯ หรืออาจเกิดจากการปนเปื้อนของสารเคมีจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การใช้คลอรีนทำลายเชื้อโรคในน้ำ เป็นต้น

4. รสชาติ (Taste)

รสชาติในน้ำเกิดจากการละลายน้ำของพวกเกลืออนินทรีย์ (Dissolved inorganic salt) เช่น ทองแดง เหล็ก โพแทสเซียม โซเดียม เกลือสังเคราะห์ หรือสารประกอบของกรดและด่าง

5. อุณหภูมิ (Temperature)

การที่อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากธรรมชาติอันเนื่องมาจากสภาพอากาศซึ่งเป็นเรื่องปกติที่ไม่สามารถจะป้องกันแก้ไขได้ แต่ในบางครั้งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ อาจเกิดจากการที่น้ำได้รับการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์หรือจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ทำให้อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าปกติ

2.3.2 คุณสมบัติทางด้านเคมี (Chemical Characteristics)

คุณสมบัติของน้ำที่มีองค์ประกอบของสารเคมี และอาศัยหลักการหาโดยปฏิกิริยาเคมี ถูกกำหนดปริมาณโดยข้อบังคับหรือกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับน้ำสำหรับการบริโภค ได้แก่ พีเอช ความกระด้าง เหล็ก แมงกานีส คลอไรด์ ฟลูออไรด์ หรือโลหะหนักต่างๆ เป็นต้น

1. พีเอช (pH)

การหาค่าพีเอชคือการวัดค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน หรือการวัดถึงความสามารถของกรดหรือด่างที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน ใช้เครื่องมือในการวัดที่เรียกว่า พีเอชมิเตอร์ พีเอชมีค่าตั้งแต่ 0-14 น้ำบริสุทธิ์จะมีค่าพีเอชเป็น 7 ค่าพีเอชของน้ำมีผลต่อคุณภาพของน้ำ ปกติน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.0-8.5 การหาค่าพีเอชของน้ำช่วยให้เกิดประโยชน์ คือ ช่วยในการควบคุมการฆ่าเชื้อโรคในน้ำในกรณีที่พบว่าคุณภาพน้ำมีสภาพเป็นกรด โดยมีค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 อาจใช้โซดาไฟ ($NaOH$) ปูนขาว ($Ca(OH_2)$) โซดาแอช (Na_2CO_3) โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) แคลเซียมคาร์บอเนต (Ca_2CO_3) แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Na_4OH) แม้ว่าปูนขาวจะเป็นสารเคมีที่ราคาถูก แต่ละลายน้ำได้น้อยมาก ดังนั้นหากเราใช้สารเคมีจำนวนน้อยในการเพิ่มพีเอชก็ไม่ควรใช้ปูนขาว แต่ควรใช้โซดาไฟซึ่งละลายน้ำได้ดี แต่ถ้าต้องการปรับพีเอชให้เป็นกลางให้ใกล้เคียง 7 ควรใช้สารประกอบพวกโซดาแอช แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไบคาร์บอเนต ดีกว่าพวกปูนขาวหรือโซดาไฟ เพราะว่าจะคุมพีเอชได้ละเอียดกว่า

2. ความกระด้าง (Hardness)

น้ำกระด้างหมายถึงน้ำที่เมื่อทำปฏิกิริยากับสบู่แล้วทำให้สบู่เกิดฟองได้ยาก สาเหตุที่ทำให้เกิดความกระด้าง เนื่องจากน้ำมีไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) คลอไรด์ (Cl^-) และไนเตรท (NO_3^-) รวมตัวกับธาตุต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ความกระด้างของน้ำตามธรรมชาติเกิดจากไบคาร์บอเนต และซัลเฟตเป็นส่วนใหญ่ ความกระด้างของน้ำแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ ความกระด้างชั่วคราวและความกระด้างถาวร

- ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) หมายถึง น้ำกระด้างที่เกิดจากไบคาร์บอเนต (Carbonate Hardness) ความกระด้างชั่วคราวของน้ำนี้กำจัดออกจากน้ำด้วยการต้มเพื่อให้เกิดตะกรันของแคลเซียมคาร์บอเนต

- ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness) หมายถึง ความกระด้างของน้ำที่เกิดจากซัลเฟต หรือคลอไรด์ รวมตัวกับแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ซึ่งบางครั้งเรียกความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต (Noncarbonate Hardness)

3. เหล็กและแมงกานีส (Iron and Manganes)

ธาตุเหล็กโดยทั่วๆ ไปจะอยู่ในรูปสารไม่ละลายน้ำ (Insoluble form) ถ้าอยู่ในดินและแร่ธาตุก็จะอยู่ในรูปของสารไม่ละลายน้ำในรูปเฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ในดินบางแห่งจะมีเฟอรัสคาร์บอเนตซึ่งละลายน้ำเล็กน้อย และถ้ามีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ก็จะยิ่งทำให้เหล็กละลายน้ำได้ดี เหล็กละลายน้ำได้ดีที่พีเอชต่ำกว่า 3.5 เหล็กและแมงกานีสไดออกไซด์ (manganese dioxide) ไม่ละลายน้ำที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากเมื่อน้ำอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน จึงจะทำให้ละลายน้ำได้โดยเปลี่ยนวาเลนซี (Valency) จาก 4 เป็น 2

4. คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์ที่ละลายอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ จะละลายอยู่ในปริมาณความเข้มข้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับว่าน้ำจะไหลผ่านพื้นดินหรือชั้นดินที่มีปริมาณคลอไรด์อยู่มากเพียงใด โดยเฉพาะในน้ำผิวดินที่ใกล้ปากแม่น้ำ หรือบริเวณที่มีน้ำทะเลหนุนขึ้นมาถึงได้ โดยปกติคลอไรด์ในน้ำไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่อาจเป็นครรชนีของความสกปรกในน้ำเช่นเดียวกับแอมโมเนียและไนเตรท สิ่งสกปรกที่เข้ามาปะปนอาจจะมาจากเกลือที่อยู่ในน้ำเสียที่อยู่ในปัสสาวะหรือเหงื่อไคล คลอไรด์ของน้ำใต้ดินมาจากบริเวณที่มีเกลือสินเธาว์หรือคลอไรด์ของเกลือในน้ำทะเล

5. ฟลูโอไรด์ (Fluoride)

โดยปกติแล้วในน้ำธรรมชาติมักไม่มีฟลูโอไรด์ละลายอยู่ แต่ฟลูโอไรด์มีความสำคัญต่อสุขภาพฟัน ถ้ามีฟลูโอไรด์มากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ฟันเกิดเป็นคราบ ถ้ามีฟลูโอไรด์น้อยเกินไปอาจทำให้เกิดโรคฟันเปราะหรือหักง่าย (Dental carries) ขนาดที่เหมาะสมที่ควรมีในน้ำดื่มคือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. ตะกั่ว (Lead)

โดยทั่วไปแล้วในน้ำธรรมชาติมักไม่มีตะกั่ว การที่น้ำมีตะกั่วจึงมักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และอุตสาหกรรม เช่น น้ำไหลผ่านท่อที่ทำด้วยเหล็กหรือมีเหล็กเป็นส่วนผสม ไอเสียของรถยนต์ การใช้สีตะกั่วหรือสีผสมตะกั่ว การใช้ยาฆ่าแมลงในการเกษตร เครื่องสำอาง เป็นต้น ในน้ำดื่มไม่ควรมีตะกั่วจนถึงระดับที่วัดได้ น้ำบาดาลอาจมีตะกั่วสูงถึง 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะนี้ยังไม่มีข้อมูลที่บอกถึงระดับตะกั่วที่ร่างกายมนุษย์สามารถทนได้ พิษจากตะกั่วทำให้ร่างกายมีความผิดปกติต่างๆ เช่น กล้ามเนื้อแขนวายอย่างช้า ๆเป็นต้น ร่างกายสามารถขับถ่ายตะกั่วออกมาได้

เพียงบางส่วนเท่านั้นและส่วนที่เหลือสะสะอยู่ในร่างกายซึ่งเป็นอันตรายได้ภายหลัง ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง เช่น ทางอาหาร ลมหายใจ และทางควันยาสูบ รวมทั้งทางน้ำดื่มและเครื่องดื่มมึนเมา ตะกั่วอาจรวมอยู่ในสารอื่นของน้ำธรรมชาติและสามารถกำจัดออกไปโดยกระบวนการตกตะกอนด้วยสารเคมี และการกรอง

7. ทองแดง (Copper)

ธาตุทองแดงเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ แต่มนุษย์ต้องการทองแดงน้อยมาก ส่วนที่ร่างกายได้รับมากเกินไปจะถูกขับออกไปโดยไม่มีการสะสมเหมือนกับปรอทหรือตะกั่ว การบริโภคทองแดงประมาณ 60-100 มิลลิกรัมอาจทำให้เกิดอาการผิดปกติกับกระเพาะอาหาร น้ำประปาอาจได้รับทองแดงจากการผุกร่อนหรือละลายตัวของท่อทองแดง การใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ในการป้องกันสาหร่ายในแหล่งน้ำดิบ ทำให้ระดับทองแดงในน้ำดิบและน้ำประปามีปริมาณสูงจนก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

8. สังกะสี (Zinc)

โดยทั่วไปในน้ำผิวดินธรรมชาติมักจะมีปริมาณสังกะสีละลายอยู่ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำที่มีปริมาณสังกะสีสูง 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้และเป็นลมได้ การกำจัดปริมาณสังกะสีให้อยู่ที่ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ดูเหมือนว่าเป็นไปเพื่อป้องกันมิให้เกิดรสมากกว่าจะเป็นเหตุผลทางการแพทย์ ทั้งนี้เพราะสังกะสีละลายอยู่ในน้ำอาจเกิดจากสาเหตุต่างๆ เช่น เกิดจากการกัดกร่อนท่อน้ำหรือภาชนะที่ทำด้วยทองแดง เหล็กอาบสังกะสี และยางรถยนต์ เป็นต้น สังกะสีมีอยู่ในน้ำเสียของโรงงานชุบโลหะ โรงงานประกอบรถยนต์หรือจักรยานยนต์ โรงงานผลิตเส้นใย การกำจัดสังกะสีออกจากน้ำทำโดยวิธี Ion Exchange หรือตกผลึกด้วยปูนขาว หรือสารประกอบซัลไฟด์ วิธีป้องกันไม่ให้น้ำมีสังกะสีอยู่สูงกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจทำได้โดยทำให้พีเอชของน้ำสูงกว่า 8 แล้วกรองด้วยเครื่องกรองน้ำ

9. ไนไตรท (Nitrite)

โดยปกติน้ำในธรรมชาติที่ไม่ได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกนั้นจะไม่มีไนไตรทละลายอยู่ ไนไตรทเกิดจากปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ในการออกซิเดชันแอมโมเนียได้ไนไตรทเป็นอันดับแรกก่อนที่จะกลายเป็นไนเตรท

10. ไนเตรท (Nitrate)

ไนเตรทมีอยู่ในธรรมชาติในปริมาณน้อยมาก อาจเกิดจากพวกพืชหรือสัตว์ที่มีอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ และอาจเกิดจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเช่นเดียวกันกับที่กล่าวแล้วในเรื่องของการเกิดไนไตรท และการที่น้ำมีไนเตรทอาจจะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นไนไตรทในสภาวะที่ไม่มีอากาศ

11. สารหนู (Arsenic)

การที่ในน้ำมีสารหนูอาจเกิดเนื่องจากการไหลของน้ำผ่านชั้นดินหรือหินที่มีสารหนูส่วนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์อันได้แก่ การใช้ยาฆ่าศัตรูพืชหรือสัตว์ ปุ๋ย ผงซักฟองที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ หรืออาจมีในอาหารทะเลบางชนิด นอกจากนี้ยังเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ในน้ำที่ใช้ดื่มต้องไม่มีสารหนูเลย เนื่องจากถ้าบริโภคสารหนูเพียง 100 มิลลิกรัม สามารถเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ สารนี้สามารถสะสมอยู่ในร่างกายและทำให้เป็นอันตรายได้ในระยะยาว นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกด้วยว่าสารหนูเป็นต้นเหตุของมะเร็ง สารพิษตัวนี้อาจมีโอกาสพบได้ในน้ำบาดาลได้บ่อยกว่าสารพิษตัวอื่น

2.3.3 คุณสมบัติทางด้านชีวภาพ (Biological Characteristic)

หมายถึง การที่น้ำมีสิ่งมีชีวิตต่าง ๆอยู่ในน้ำ สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำมีมากมายหลายอย่าง ตั้งแต่พืช สัตว์น้ำ แพลงตอน และจุลินทรีย์ซึ่งมีทั้งประโยชน์และโทษต่อมนุษย์ จุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค (Nonpathogenic Microorganism) ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว สาหร่าย หรือราบางชนิด จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค(Pathogenic Microorganism) ได้แก่ ไวรัส แบคทีเรีย โปรโตซัว หนอนพยาธิ เป็นต้น โดยเชื้อเหล่านี้ปะปนไปในแหล่งน้ำ ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรียจึงให้ข้อมูลเบื้องต้นแสดงถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรียในน้ำ ซึ่งแบคทีเรียที่มีผลต่อคุณภาพน้ำนั้นแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ

1. Pathogenic Bacteria

แบคทีเรียพวกนี้ทำให้เกิดโรคโดยตรง อาศัยน้ำเป็นสื่อ เช่น อหิวา บิดมีเชื้อ ท้องร่วง เชื้อพวกนี้มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้น้อยมักตายได้ง่าย เมื่อออกจากร่างกายมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่น การวิเคราะห์ค่อนข้างยากลำบาก ต้องใช้เทคนิคสูงจึงไม่นิยมนำมาเป็นมาตรฐานการตรวจคุณภาพน้ำ เว้นเสียแต่ต้องการทราบแน่ชัดว่าเป็นโรคอะไรแน่จึงจะทำการตรวจวิเคราะห์หาเชื้อชนิดนั้น ๆ

2. Non - Pathogenic Bacteria

แบคทีเรียพวกนี้ไม่ทำให้เกิดโรคร้ายแรงพบได้ในอุจจาระของมนุษย์ และสัตว์เลือดอุ่น มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมได้ดี ถ้าตรวจพบแสดงว่าน้ำอาจจะมีการปนเปื้อนกับอุจจาระมาแล้ว จึงได้นิยมใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสกปรกของน้ำ และเป็นการชี้เตือนว่าอาจจะมีเชื้อโรคที่เป็นอันตรายปะปนมาด้วย เชื้อโรคในกลุ่มนี้ได้แก่ Coliform group , Escherichia coli (E.coli) หรือ Streptococcus faecalis เป็นต้น

การประเมินคุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรีย มักใช้จุลินทรีย์ที่สำคัญ 2 กลุ่ม เป็นเครื่องชี้บอกหรือแสดงการปนเปื้อนของแบคทีเรีย กลุ่มของแบคทีเรียเหล่านี้ได้แก่

- โคลิฟอร์มแบคทีเรียหมายถึง กลุ่มของ aerobic และ facultative anaerobic bacteria เป็นแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ มีรูปร่างเป็นแท่งและสามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโตสที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสภายในเวลา 24-28 ชั่วโมง และให้ผลเป็นกรดและแก๊ส แบคทีเรีย กลุ่มนี้พบทั่วไปในดิน น้ำ อากาศ โดยเฉพาะในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น โคลิฟอร์มแบคทีเรียเหล่านี้ได้แก่ Escherichia , Enterobacter , Citrobacter และ Serratia

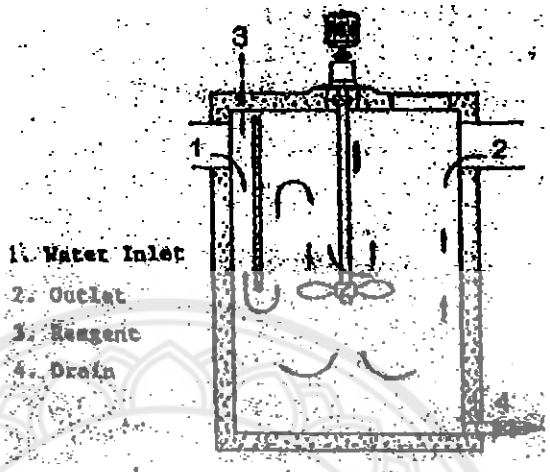
- ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้แก่ ที่มีแหล่งกำเนิดจากอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่น แบคทีเรียชนิดนี้สามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโตสที่อุณหภูมิ 44.5±0.2 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ได้แก่แบคทีเรียในสกุล Escherichia

แบคทีเรียในน้ำเป็นพิษในน้ำบริโภคที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นสาเหตุของโรคที่เกิดน้ำเป็นสื่อ เช่น บิด อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ และโรคระบบทางเดินอาหารต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญของประเทศไทยและประเทศกำลังพัฒนาทั่วโลก และจากการสำรวจคุณภาพน้ำบริโภคในประเทศไทยพบว่า แบคทีเรียเป็นมลพิษสำคัญในน้ำ ทำให้น้ำบริโภคไม่ได้มาตรฐานถึงร้อยละ 70 แบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคมีหลายชนิด แต่การวิเคราะห์หาชนิดของแบคทีเรียดังกล่าวทำได้ยากในการตรวจหาเชื้อโรคที่เป็นอันตรายนั้น โดยทั่วไปตรวจหาเชื้อโรคซึ่งมีอยู่ในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์และสัตว์แทน เชื้อโรคชนิดนี้เรียกว่า "Coliform Group" ซึ่งจะเป็นตัวชี้ว่ามีเชื้อโรคอันตรายอยู่มากน้อยแค่ไหน เชื้อโรค "Coliform Group" นี้จะปนเปื้อนกับอุจจาระ ถ้าตรวจพบเชื้อโรคกลุ่มนี้มากในน้ำแสดงว่าน้ำนั้นไม่ปลอดภัย

2.4 ระบบผลิตน้ำประปา

2.4.1 การบวนการโคแอกกูเลชั่น ฟล็อกกูเลชั่น และการตกตะกอน

2.4.1.1 ถังกวนเร็ว (Rapid mixing)



รูปที่ 2.1 ถังกวนเร็วแบบใช้ใบพัด

ที่มา : http://www.prapathai.com/

ถังกวนเร็วเป็นส่วนที่เติมสารสร้างตะกอน (coagulant) หรือสารช่วยตกตะกอนและกวนให้เข้ากันเพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาค ให้จับตัวกันกับตะกอนอย่างทั่วถึง

ก. การกวนโดยไม่ใช้เครื่องจักรกล เหมาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนาเพราะไม่ต้องใช้เครื่องจักร ทำให้ไม่ต้องเสียค่าดูแลรักษาบำรุงเครื่องจักร ทำให้เกิดความปั่นป่วนของน้ำโดยการลดขนาดทางไหล ลดระดับการไหล แต่มีข้อเสียคือทำให้เกิดความปั่นป่วนได้ไม่มากนัก และการสูญเสียของระดับน้ำในถัง

ข. การกวนโดยใช้เครื่องจักรกล วิธีนี้การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานมีค่าน้อยและไม่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของอัตราการไหลน้ำ

ในการคำนวณออกแบบถังกวนเร็ว ถ้าใช้เครื่องกวนสามารถคำนวณหากำลังงานที่ต้องการของเครื่องกวนได้โดยสมการ

$$P=\mu VG^2$$

เมื่อ P = กำลังงานที่ต้องใช้ , วัตต์

μ = ค่า Dynamic viscosity ของของน้ำ , นิวตัน · วินาที/ม^2

V = ปริมาตรของน้ำในถังผสม , ลบ.ม.

G = ค่าความลาดชันความเร็ว (Velocity gradient) , เมตรต่อวินาที

การผสมเร็วนั้นขึ้นกับค่า Velocity gradient (G) เป็นอย่างมากถ้ามีการผสมเร็วเกิดขึ้นหรือช้าเกินไป น้ำบางส่วนจะสัมผัสกับสารเคมีมากเกินไปและบางส่วนจะไม่สัมผัสกับสารเคมีถ้ากวนแรงมากไปฟล็อกที่เกิดขึ้นแล้วจะแตกหลุดเป็นอนุภาคคอลลอยด์อีก

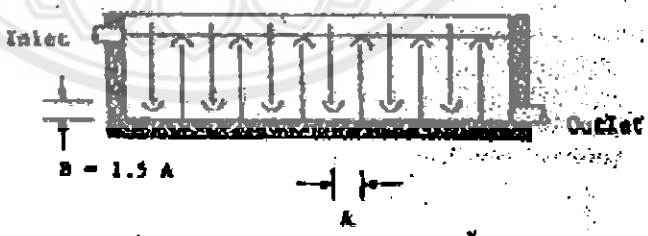
ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ออกแบบถังผสมเร็ว

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ค่า G , ต่อวินาที	300-1500
เวลาเก็บกักน้ำในถังกวนเร็ว (t) , วินาที	20-60
ค่า Gt , ไม่มีหน่วย	30,000-60,000
กำลังงานที่ต้องใช้ , วัตต์/ลบ.ม. ของถังกวนเร็ว	4-8

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.4.1.2 ถังกวนช้า (Flocculation Tank)

รูปที่ 2.2 ถังกวนช้าแบบไหลแนวนอน



รูปที่ 2.3 ถังกวนช้าแบบไหลแนวตั้ง

ที่มา : http://www.prapathai.com/

ฟล็อกกูเลชั่นเป็นกระบวนการที่ทำให้ตกตะกอนทางเคมีด้วยการสร้างเป็นตะกอนขนาดใหญ่ในสภาพที่เสถียรมากขึ้น โดยทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมี ซึ่งพิจารณาจากองค์ประกอบหลายประการ อาทิ ค่าการละลายที่ค่าพีเอช ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับตะกอนที่มีอยู่ในน้ำจะเกิดเป็นตะกอนของแข็งที่ง่ายต่อการแยกออกจากน้ำด้วยการตกตะกอน โดยปกติแล้วกระบวนการฟล็อกกูเลชั่นประกอบด้วยขั้นตอนของการทำลายเสถียรภาพของตะกอนเดิมก่อน

ด้วยการกวน จากนั้นจึงปล่อยให้เกิดการสร้างตะกอนใหม่เองหรือด้วยการกวนช้าจนได้เป็นตะกอนขนาดใหญ่แล้วทำการแยกออกจากน้ำด้วยการตกตะกอน

เมื่อสารเคมีกับน้ำผสมกันดีแล้วในถังกวนเร็ว ขั้นต่อมาน้ำที่ไหลออกจากถังกวนเร็วจะไหลเข้าสู่ถังกวนช้า เพื่อที่จะทำให้สารเคมีมีโอกาสเกาะติด หรือจับตะกอนแขวนลอยต่างๆ ในน้ำดิบ มีผลทำให้ตะกอนต่างๆ มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักของตะกอนเหล่านี้เพิ่มขึ้น ตะกอนเหล่านี้เรียกว่า ฟล็อก (Floc) การเกิดฟล็อกจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆดังนี้

1. ปริมาณของตะกอน
2. ขนาดของตะกอน
3. อัตราเร็วของการรวมตัวกันระหว่างประจุบวกกับประจุลบ
4. ความสามารถในการเกาะจับตัวกันระหว่างสารเคมีกับตะกอน
5. ระดับการกวน ดูจากค่าของ Gt หรือ G
6. อุณหภูมิของน้ำ
7. ความหนาแน่นของน้ำ
8. พื้นที่ผิวของแผ่นกวน
9. ลักษณะของน้ำที่ถูกกวน
10. ปริมาณสารเคมีที่ใส่ลงในถังกวนเร็ว

จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ระบบการกวนช้ามีปัจจัยต้องคำนึงถึงมากมาย ซึ่งมากกว่าของกระบวนการกวนเร็ว ดังนั้นการทดลองเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับช่วยในการวิเคราะห์ระบบกวนช้า ถังกวนช้ามีอยู่ด้วยกันหลายแบบ แต่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน และถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นวางสลับกัน

ก. ถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน

สมการที่ใช้ในการคำนวณออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน ซึ่งทำด้วยแผ่นไม้หรือพลาสติก ฯลฯ

$$P=1/2C_DA\rho V^3$$

เมื่อ P = กำลังงานที่ต้องใช้ , วัตต์

C_D = ค่าสัมประสิทธิ์ของใบกวน (สำหรับแผ่นกวนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีค่าเท่ากับ 1.8)

A = พื้นที่ของใบกวน , ม.^{2}

ρ = ความหนาแน่นของเหลว , กก./ม.^{3}

V = ความเร็วสัมพัทธ์ใบกวน , ม./วินาที

ใช้สมการข้างต้นเพื่อคำนวณหาค่า G ให้ได้ค่าที่เหมาะสม โดยตารางที่ 2.5 ได้แสดงเกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้ใบกวน

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ค่า G , ต่อวินาที	20-75
เวลาเก็บกักน้ำในถังผสม (t) , วินาที	15-30
ค่า Gt , ไม่มีหน่วย	10^4-10^5
ความเร็วหมุนของแผ่นกวน (V_p) , เมตร/วินาที	0.6-0.9

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ข. ถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางสลับกัน

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า G โดยถ้ามีการผสมมากจะมีค่า G ประมาณ 100 ต่อนาที และถ้ามีการผสมน้อยมากจะมีค่า G ประมาณ 20 ต่อ นาที โดยตารางที่ 2.6 ได้แสดงเกณฑ์การออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน

$$G = \left(\frac{\rho g h_L}{\mu t}\right)^{0.5}$$

เมื่อ G = ค่าความลาดชันความเร็ว Velocity gradient , ต่อวินาที

ρ = ความหนาแน่นของเหลว , กก./ม.^{3}

μ = ค่า Dynamic viscosity ของน้ำ , นิวตัน · วินาที/ม^2

h_L = ค่าสูญเสียความดันของถังผสมช้า , ม.

g = 9.81 ม./วินาที^{2}

t = เวลาเก็บกักน้ำ , วินาที

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางสลับกัน

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ค่า G , ต่อวินาที	20-50
เวลาเก็บกักน้ำในถังผสม (t) , วินาที	20-50
ความเร็วของน้ำภายในถังกวนช้า , ม./วินาที	0.15-0.45
ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นขวาง , ซม.	มากกว่า 45
ความลึกของถังแบบไหลคดเคี้ยวไปมา , ม.	มากกว่า 0.90
ความลึกของถังแบบไหลขึ้นไปมา , ม.	น้อยกว่า 0.90
ค่าสูญเสียความดันของถัง (h_L) , ม.	0.004-0.035

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ค. ถังตกตะกอน (Sedimentation tank)

การตกตะกอนในการผลิตน้ำประปาเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ

ทำหน้าที่แยกตะกอนจากน้ำดิบ ทำให้น้ำใส สำหรับตะกอนที่อยู่ก้นถังจะถูกสูบออกหรือปล่อยออกเครื่องสูบตะกอน

ถังตกตะกอนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยแบ่งตามลักษณะทิศทางการไหลของน้ำ

1. ถังตกตะกอนแบบไหลแนวนอน (Horizontal flow) โดยมากจะเป็นถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2. ถังตกตะกอนแบบไหลแนวดิ่ง (Vertical flow) โดยมากจะเป็นถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและทรงกลม

3. ถังตกตะกอนแบบไหลไปตามแผ่นหรือท่อเอียง (Plate type หรือ Tube type) โดยมากจะเป็นถังที่มีแผ่นหรือท่อวางเอียงอยู่ในน้ำ

ถังตกตะกอนที่มีระบบ Coagulation-Flocculation ซึ่งนิยมเรียกว่า Solid contact ทำหน้าที่ทั้งเกิดปฏิกิริยาเคมีและการตกตะกอน เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายทั้งระบบประปาขนาดเล็กและขนาดใหญ่

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความกว้างของถัง ,ม.	1.50-7.50
ความกว้าง : ความยาว ,ม./ม.	1:3-5
ความยาวของถัง ,ม.	30
ความยาวของถัง (ยาวที่สุด) ,ม.	75
ความลึกของน้ำในถัง (ตื้นที่สุด) ,ม.	2.50
ความลึกของน้ำในถัง ,ม.	3.00-5.50
ความเร็วของน้ำไหลในแนวนอน (มากที่สุด) ,ม./วินาที	0.15
ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นกับผิวกำแพงทางเข้า , เท่ากับความยาวของถัง	0.05-0.10
ความลาดของพื้นก้นถัง , ม./ม.	0.01
อัตราน้ำล้นฝาย ,ลบ.ม./(ม^2.วัน)	
- มีปริมาณตะกอนสารส้มน้อย (น้ำดิบมีความขุ่นน้อย)	143-179
มีปริมาณตะกอนสารส้มมาก (น้ำดิบมีความขุ่นมาก)	
- มีปริมาณปูนขาวมาก (กำจัดความกระด้าง)	180-268
อัตราน้ำล้นของถัง ,ลบ.ม./(ม^2.วัน)	
- มีตะกอนฟลือกจากสารส้มหรือเหล็ก	269-322
- มีตะกอนฟลือกจากปูนขาว	14-22
เวลาเก็บกักของถัง , ชม.	

- มีตะกอนฟล็อกจากสารส้มหรือปูนขาว	23-82
- มีตะกอนฟล็อกจากปูนขาว	2-4

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปทรงกลม

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ขนาดความกว้างหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง , ม.	น้อยกว่า 45
ความลาดของพื้นก้นถังแบบใช้เครื่องกวาดตะกอน , ม./ม.	0.60-0.61
ความลาดของพื้นก้นถังแบบไม่ใช้เครื่องกวาดตะกอน ,องศา	45-65
อัตราน้ำล้นของถังขนาดไม่เกิน 0.35 ลบ.ม./นาที	12-24
อัตราน้ำล้นของถังขนาดเกิน 0.35 ลบ.ม./นาที	30-45
ความลึกของน้ำในถัง ,ม.	3-5
เวลาตกตะกอน ,ชม.	1-3
อัตราน้ำล้นฝาย ,ลบ.ม./($ม^2$.วัน)	170
รางน้ำล้นห่างจากขอบถัง ,เท่าขนาดของรัศมีถัง	0.15-0.20

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนแบบท่อหรือแผ่นเอียง

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความลาดของท่อหรือแผ่นเอียง ,องศา	5-60
ระยะห่างระหว่างท่อเอียงกับทางน้ำเข้า ,เท่าของความยาวของถัง	0.3-0.5
พื้นที่ของท่อเอียงคลุมพื้นที่ถัง ,เท่าของพื้นที่ถัง	0.5-0.75
ระยะจุ่มน้ำของปลายบนท่อเอียง ,ม.	0.60-1.20
อัตราน้ำล้นของถัง ,ลบ.ม./($ม^2$.วัน)	
- ถังสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือถังทรงกลม	117-147
- ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า	117-176

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

ตารางที่ 2.10 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนแบบ Solid-Contact

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
เวลาเกิดฟลือก ,นาที	20
เวลาตกตะกอน ,ชม.	1-2
อัตราน้ำล้นของถัง ,ลบ.ม./(ม^2.วัน)	50-75
ความเร็วที่ไหลขึ้น ,มม./นาที	175-350

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.4.2 การกรองน้ำ

การทำให้น้ำสะอาดโดยวิธีการกรองเป็นขั้นสุดท้ายที่จะกำจัดสารซึ่งไม่สามารถตกตะกอนได้โดยการกักสารเหล่านั้นไว้บนผิวหน้าของสารกรอง (Filter media) แต่จะยอมให้น้ำเท่านั้นที่ผ่านช่องว่าง (void) ของตัวกรอง ดังนั้นสารแขวนลอยต่างๆ เช่น ตะกอนเบาที่ไม่ยอมให้ตกตะกอน สารคอลลอยด์ ตะกอนของเหล็กแมงกานีส สาหร่าย แบคทีเรีย และไวรัส จะถูกกักไว้

ตารางที่ 2.11 ขนาดของอนุภาคและวัสดุต่างๆ ที่กรองได้

อนุภาคและวัสดุต่าง ๆ	ขนาด (มิลลิไมครอน)
ตะกอนต่าง ๆ	50,000
แบคทีเรีย	5,000
ไวรัส	50
อนุภาคคอลลอยด์	1-1,000

ที่มา : ณรงค์ วุฑฒเสถียร , 2540

2.4.2.1 การกรองแบบติดผิวชั้นกรอง (Surface Filtration)

ตะกอนแขวนลอยหรือความขุ่นที่ถูกดักจับและติดค้างอยู่บนผิวของสารกรองซึ่งอาจเป็นแผ่นใยสังเคราะห์ แท่งกรอง เครื่องกรองที่อาศัยหลักการกรองแบบติดผิว แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

1. เครื่องกรองแบบใช้แผ่นกรอง อาจจะเป็นผ้า แผ่นใยสังเคราะห์ หรือโลหะ
2. เครื่องกรองแบบใช้แท่งกรอง มักเป็นแท่งวัสดุที่มีรูพรุนขนาดเล็กเต็มไปหมด ซึ่งยอมให้น้ำไหลผ่านเท่านั้น ตะกอนความขุ่นต่าง ๆ จะติดค้างอยู่บนผิวแท่งกรอง เช่น เครื่องกรองน้ำสำเร็จรูปที่จำหน่ายเพื่อให้ไปติดที่หัวก๊อกน้ำประปาที่บ้าน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. เครื่องกรองน้ำแบบที่มีสารกรองชั่วคราว เครื่องกรองน้ำทั้งสองแบบที่กล่าวไปแล้วข้างต้นเป็นแบบถาวร ซึ่งอาจล้างแล้วใช้ใหม่ได้ในกรณีที่สกปรก แต่เครื่องกรองน้ำชนิดนี้ใช้สารกรองชนิดที่เตรียมขึ้นมาจากสารบางอย่างที่นิยมใช้กัน เช่น Diatomaceous Earth และ Perlite เมื่อใช้จนหมดประสิทธิภาพแล้วก็จะทิ้งไป เวลากรองน้ำก็จะเตรียมขึ้นมาใหม่

2.4.2.2 การกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง (In-Depth Filtration)

เป็นการกรองน้ำแบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไปในโรงผลิตน้ำประปา สารกรองที่นิยมใช้คือทราย สามารถจำแนกได้ดังนี้

แบ่งตามอัตราการกรองได้ 2 อย่างคือ

- เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)
- เครื่องกรองทรายแบบกรองช้า (Slow Sand Filter)

แบ่งตามชนิดของสารกรองที่ใช้

- เครื่องกรองทราย (Sand Filter)
- เครื่องกรองถ่าน (Carbon Filter)
- เครื่องกรองแบบสองชั้นกรอง (Dual Media Filter)
- เครื่องกรองแบบสามชั้นกรอง หรือมากกว่า (Mixed Media Filter)

แบ่งตามทิศทางการไหลของน้ำที่ผ่านสารกรอง

- แบบไหลลง (Downflow Filter)
- แบบไหลขึ้น (Upflow Filter)
- แบบไหลสองทาง (Biflow Filter)

แบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของสารกรอง

- แบบหยาบ-ละเอียด (Coarse to fine Filter)
- แบบละเอียด-หยาบ (Fine to coarse Filter)

แบบตามสภาพของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกรอง

- แบบความดัน (Pressure Filter)
- แบบไหลตามแรงโน้มถ่วง (Gravity Filter)

15510600
ม.
ว782ก
2553

2.4.2.3 ชนิดของสารกรอง

1. ทรายละเอียด (Fine Sand)

ทรายที่ใช้เป็นสารกรองส่วนใหญ่จะเป็นทรายซิลิกา (Silica) มีความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ประมาณ 2.65 ขนาดที่ใช้ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร แต่ในบางกรณีก็ใช้ไม่ได้เพราะซิลิกาจะละลายน้ำเกิดปัญหาต่อไปในการใช้งาน นอกจากนี้กรวดและทรายที่ใช้เป็นสารกรองต้อง

ไม่มีหินปูน (Limestone) ซึ่งละลายน้ำได้ดีปะปนอยู่ เพราะเมื่อใช้ในการกรองมีการล้างและกวนมากเข้าจะทำให้มีการสึกกร่อนขนาดเล็กลงได้ วิธีทดสอบว่าในกรวดและทรายมีหินปูนอยู่มากแค่ไหนทำได้โดยแช่ในกรดเกลือเข้มข้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจะมีน้ำหนักหายไปไม่เกินร้อยละ 5

2. ถ่านแอนทราไซต์ (Antracite Coal)

ใช้ในกรณีที่ใช้ทรายเป็นสารกรองไม่ได้ เพราะจะให้ซิลิกาออกมา เพราะความร้อนและความเป็นด่างสูง ถ่านแอนทราไซต์มีขนาดเท่ากับทรายละเอียดจะมีประสิทธิภาพเท่ากัน ถ่านแอนทราไซต์ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดจะมีขนาดของทรายกรอง (Effective Size : E.S.) ใหญ่ และความสม่ำเสมอของเม็ดสารกรอง (Uniformity Coeficient : U.C.) ก็มีค่ามากด้วยเช่นกัน ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการกรองลดลงไม่สามารถทำการกรองให้มีความขุ่นเหลือเพียง 4-5 NTU แล้วควรเปลี่ยนไปใช้ทรายละเอียดแทน หรือใช้สารกรองสองชั้น คือมีทรายละเอียดอยู่ใต้ชั้นถ่านอีก 8-10 นิ้ว ถ่านแอนทราไซต์มีข้อดีคือ ดักจับตะกอนและอนุภาคต่างๆ ได้มากกว่าทรายเพราะมีรูปร่างเกลี้ยงกลมกว่า ใช้น้ำล้างในตอนล้างย้อน (Back Wash) น้อยลง ยืดอายุการใช้งานของเครื่องกรองสามารถกรองได้ที่อัตรากรองสูงขึ้น

3. ทรายกาเน็ท (Garnet Sand)

มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 3.8 ขนาดที่ใช้ประมาณ 0.3 มิลลิเมตร

4. ถ่าน (Activated Carbon)

สามารถขจัดสารอินทรีย์ในน้ำได้โดยการดูดซึม (Adsorption) การดูดซึมเกิดจากพื้นที่ผิวของถ่านซึ่งมีค่าประมาณ 50-1,400 ตารางเมตรต่อกรัม ถ่านนี้สามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดกลิ่น รส และสีในน้ำได้ดี เพราะบนพื้นผิวจะมีรูพรุนอยู่มากมาย รูพรุนนี้ขนาดเท่ากับโมเลกุลของสารนั้น

2.4.2.4 ประเภทของถังกรองแบบกรองติดค้างในชั้นกรอง

1. ถังกรองช้า (Slow Sand Filter)

กรณีน้ำที่มีความขุ่นต่ำ การกรองน้ำด้วยอัตราต่ำ สามารถกำจัดความขุ่นได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมีช่วยในการรวมตะกอน เพื่อให้เป็นฟล็อก และไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนเพื่อกำจัดความขุ่นและฟล็อกดังกล่าว ทำให้ระบบผลิตน้ำประปาเป็นแบบที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องกลน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ทำให้สามารถกรองน้ำโดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้า จึงเหมาะสมใช้ในชนบท ถังกรองช้ามีอัตราการกรองประมาณ 0.13 – 0.42 ม.^{3}/ม.^{2} – ชั่วโมง

ในปัจจุบันถังกรองทรายแบบกรองช้ามีที่ใช้จำกัด เพราะต้องการเนื้อที่มาก ถังกรองเร็วจึงเป็นที่นิยมมากกว่า อย่างไรก็ดีในหมู่บ้านที่อยู่ห่างไกลจากความเจริญและไม่มีเครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ ราคาที่ดินต่ำทำให้ถังกรองช้ามีความเหมาะสมมากกว่าแบบอื่นประกอบกับหลักการควบคุมถังกรองช้าสามารถกระทำได้ง่ายโดยไม่ต้องการผู้ที่มีความรู้พิเศษและไม่ต้องใช้

ไฟฟ้า แต่มีข้อเสียในการทำความสะอาดทรายกรองสำหรับการกรองช้าต้องทำการลอกหน้าทรายออกแล้วนำไปทำความสะอาด ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากและเปลืองแรงงาน

ตารางที่ 2.12 เกณฑ์การออกแบบถังกรองช้า (Slow Sand Filter)

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความหนาของชั้นกรอง :	
ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน)	0.6 – 1.2
ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง)	0.3
ระดับน้ำเหนือชั้นทราย, ม.	0.9 – 1.6
อัตรากรองน้ำ, ม.^{3}/(ม.^{2} ชม.)	0.13 – 0.6
ค่าสูญเสียความดันที่ควรหยุดทำงานเพื่อการล้างชั้นกรอง, ม.	1.0
ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, วัน	2 – 180
การล้างชั้นกรองกระทำด้วยการตักผิวชั้นทรายออกหนา, ซม.	5 - 10

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2. ถังกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)

ถังกรองเร็วสามารถกรองน้ำได้ในอัตราที่สูงกว่าถังกรองช้าหลายสิบเท่า ถังกรองเร็วมีอัตราการกรองประมาณ 5 – 7.5 ม.^{3}/ม.^{2} - ชั่วโมง การทำความสะอาดถังกรองเร็วสามารถทำได้โดยไม่ต้องนำทรายไปล้างข้างนอก เหมือนในกรณีของถังกรองช้า วิธีล้างถังกรองเร็วกระทำโดยปล่อยให้น้ำไหลย้อนทิศทางกรอง คือ ให้น้ำสะอาดไหลจากข้างล่างขึ้นข้างบน ชั้นกรองจะขยายตัวทำให้เกิดมีช่องว่างเพิ่มขึ้น ความขุ่นที่จับอยู่ภายในหลุดออกไปกับน้ำสะอาด การล้างย้อนจะได้ผลดียิ่งขึ้นถ้ามีการช่วยให้เม็ดทรายเสียดสีกัน เพื่อขจัดเอาความสกปรกที่จับอยู่บนผิวทรายให้หลุดออกไป อาจช่วยให้ขัดสีเพื่อให้การล้างย้อนได้ผลดีขึ้น โดยฉีดลมหรือน้ำที่มีแรงดันสูง วิธีการกรองเร็วมี 2 ลักษณะ คือ

1) การกรองโดยตรง (Direct Filtration) ที่ไม่ต้องการกำจัดความขุ่นก่อนด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและการตกตะกอน การกรองโดยตรงอาจมีการเติมสารเคมีให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรองหรือไม่ก็ได้ การกรองโดยตรงที่ไม่ใช้สารเคมี การกรองแบบนี้จำเป็นต้องให้แน่ใจว่าคุณภาพน้ำไม่แปรปรวนและต้องไม่ขุ่นเกินไป มิฉะนั้นแล้วจะเกิดปัญหาอุดตันเร็ว และได้น้ำที่มีคุณภาพไม่ดี ส่วนการกรองโดยตรงที่ใช้สารเคมีให้กับน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง ต้องให้แน่ใจว่าเกิดการกวนเร็ว (Rapid Mixing) ก่อนมีการกรองเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะการเติมสารเคมีเพื่อทำลายความคงตัว

(Destabilization) ของความขุ่น เป็นผลให้การดูดติดผิวระหว่างความขุ่นกับสารกรอง หรือความขุ่นกับความขุ่นเกิดขึ้นได้แน่นอน ดังนั้นสารเคมีที่นิยมจึงเป็นโคแอกกูแลนท์ต่างๆ เช่น สารส้ม แต่อาจทำให้ชั้นทรายเหนียวและจับกันมากเกินไป จนเป็นเหตุให้อุดตันเร็วและล้างได้ยาก อาจจำเป็นต้องมีการปรับพีเอชก่อน หรือเติมโคแอกกูแลนท์เอด เช่น สารโพลิเมอร์ แต่มักมีข้อเสียคือ ทำให้การล้างถังกรองทำได้ยากขึ้น การใช้แรงลมหรือฉีดน้ำที่ผิวหน้าของชั้นกรอง เพื่อช่วยการขัดสีของเม็ดทรายมักเป็นสิ่งจำเป็นในกรณีนี้

2) การกรองตะกอนโดยใช้น้ำดิบที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน และตกตะกอนแล้ว โรงผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ในปัจจุบันใช้ถังกรองทรายแบบเร็ว จนอาจถือได้ว่าถังกรองแบบนี้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของอุตสาหกรรมผลิตน้ำ ถังกรองมักมีทรายเป็นสารกรองและมีการเรียงขนาดจากละเอียดไปหาหยาบ น้ำจะไหลจากบนลงล่างเสมอ นอกจากเวลาล้างเครื่องกรอง โดยปกติถังกรองทรายแบบกรองเร็วเป็นแบบถังเปิดฝาน้ำไหลด้วยแรงธรรมชาติ แต่ในบางครั้งเพื่อลดขนาดของถังกรองโดยเฉพาะในด้านความสูง ถังกรองอาจออกแบบให้เป็นแบบถังปิด เพื่อให้การกรองเกิดขึ้นภายใต้แรงดันที่สูงกว่าบรรยากาศปกติ ลักษณะเช่นนี้ทำให้ถังกรองไม่จำเป็นต้องมีความสูงมาก ทำให้เหมาะสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆที่มีการผลิตน้ำขึ้นมาใช้เอง โดยปกติการตรวจสอบสภาพของสารกรองที่อยู่ภายในถังความภายในถังความดันกระทำได้ยาก ดังนั้นถ้ามีอะไรเกิดขึ้นกับสารกรอง ผู้ควบคุมก็จะไม่สามารถมองเห็นได้ การทำงานภายใต้แรงดันสูง ทำให้อาจมีปัญหาต่างๆเกิดขึ้นกับสารกรองในกรณีที่เกิดการสูญเสียหรือลดความดันอย่างกะทันหันในด้านทางออกของเครื่องกรอง ด้วยเหตุดังกล่าวระบบประปาสำหรับชุมชนจึงไม่ได้ให้ความเชื่อถือกับถังกรองภายใต้แรงดันสูง และทำให้ถังกรองแบบมีความดันถูกจำกัดให้ใช้เฉพาะน้ำที่มีความขุ่นน้อย

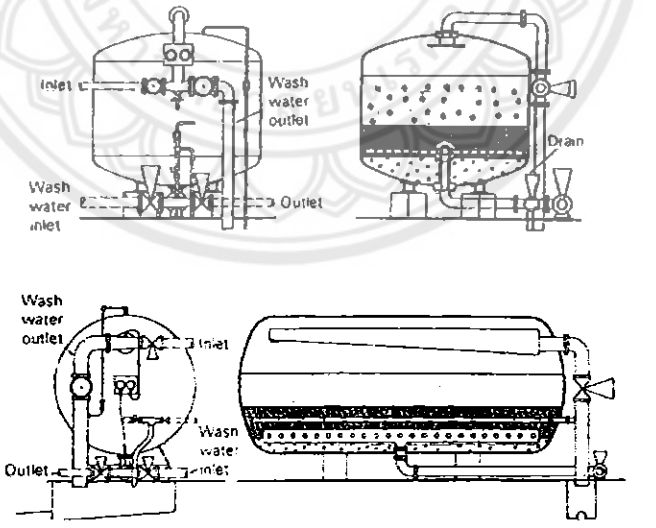
ตารางที่ 2.13 เกณฑ์การออกแบบถังกรองเร็ว

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความหนาของชั้นกรอง :	
ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน)	0.4 – 0.7
ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง)	0.3 – 0.6
ระดับน้ำเหนือชั้นทราย, ม.	0.9 – 1.5
อัตรากรองน้ำ, ม.^{3}/(ม.^{2} ชม.)	4 – 6
ค่าสูญเสียความดันที่ควรหยุดทำงานเพื่อการล้างชั้นกรอง, ม.	2.5
ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, ชม.	6 – 24
ระยะเวลาในการกรองล้างชั้นกรอง, นาที	5 – 10
อัตราล้างชั้นกรอง, ม.^{3}/(ม.^{2} วัน)	800 -900
พื้นที่ผิวของเครื่องกรองแต่ละชุดมากที่สุด, ม.^{2}	100

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

3. ถังกรองภายใต้ความดัน (Pressure Filter)

มีหลักการคล้ายถังกรองเร็วจะออกแบบให้รับแรงดันน้ำได้ 150 ปอนด์/ตร.นิ้ว ตัวถังมักทำด้วยโลหะปิดสนิท



Pressure filters. Top: Vertical pressure filter, Bottom: Horizontal pressure filter

รูปที่ 2.4 ถังกรองภายใต้ความดัน

ที่มา : http://www.thewatertreatments.com/water-filters-filtration/pressure-filter-water-filtration

ตารางที่ 2.14 เกณฑ์ออกแบบเครื่องกรองใช้ความดัน

เกณฑ์ออกแบบ	ค่าออกแบบ
ความหนาของชั้นกรอง :ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน)	0.45 – 0.6
ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง)	0.4 – 0.6
อัตรากรองน้ำ, ม.^{3}/ (ม.^{2} ชม.)	5 – 25
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังทรงกระบอกตั้งในแนวดิ่ง , ม.	0.4 – 2.5
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังทรงกระบอกตั้งในแนวนอน, ม.	2 – 2.5
ความยาวของถัง, ม.	2.5 – 7.5
ขนาดความดันที่ใช้กับระบบ, ม. ของน้ำ	30 – 70
ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, ชม.	ต่ำกว่า 8

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

โดยทั่วไปค่า head loss ในชั้นกรองที่สะอาดจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.4 – 0.8 เมตร และถ้าค่า head loss สูงขึ้นถึง 2.4 – 3.0 เมตร สำหรับชั้นกรองที่สกปรก (มีตะกอนมากมายสะสมอยู่ในชั้นกรอง) ควรทำการล้างสารกรองเพื่อให้ค่า head loss ลดลง

ค่า head loss ในชั้นกรอง เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นกรองจะขึ้นอยู่กับค่าต่างๆดังแสดงในสมการ

$$h = F(\alpha, d, v, \mu, \emptyset, g, L, S, f)$$

เมื่อ h = head loss ในชั้นกรอง, ม.

α = ค่าความพรุนในชั้นกรอง (porosity)

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสารกรองในชั้นกรอง, ม.

v = ความเร็วในการกรองน้ำ, ม. / วินาที

μ = Dynamic viscosity, นิวตัน.วินาที / ตร.ม.

$\emptyset$ = ความหนาแน่นของน้ำ, กก. / ลบ.ม.

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, ม. /วินาที^{2}

L = ความลึกของชั้นกรอง, ม.

S = Shape factor

f = Friction factor

มีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาการหาค่า head loss ในชั้นกรองสะอาดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับทางปฏิบัติจริง

สมการ Carmen – Kozeny

$$h = \frac{fLv^2}{Sdg}\left(\frac{1-\alpha}{\alpha^3}\right)$$

โดยที่ $$f = \frac{150(1-\alpha)}{N_R} + 1.75$$

โดยที่ $$N_R = \frac{dv\phi}{\mu}$$

$$S = 1.0$$

สมการ Fair-Hatch

$$h = KVS^2 \frac{(1-\alpha)^2}{\alpha^3}\frac{Lv}{gd^2}$$

เมื่อ K = ค่าคงที่ของการกรองน้ำ (ประมาณ 5-6)

V = Kinematic viscosity, ตร.ม. /วินาที

S = Shape factor (ประมาณ 6-7.7)

สมการ Rose

$$h = \frac{1.067C_d}{S\alpha^4}\frac{Lv^2}{gd}$$

เมื่อ C_d = ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่วง

$$= \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34$$

S = 1.0

สมการHazen

$$h = \frac{60Lv}{C(T+10)d_{10}^{\ 2}}$$

เมื่อ C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการอัดแน่น (ประมาณ 600-700)

d_{10} = Effective size ของเส้นผ่าศูนย์กลางของสารกรองในชั้นกรอง, มม.

T = อุณหภูมิของน้ำในชั้นกรอง, ° ฟ.

สำหรับชั้นกรองสกปรก คือมีตะกอนสะสมอยู่ในชั้นกรอง ทำให้ช่องว่างในชั้นกรองมีน้อยลง ทำให้มีค่า head loss เพิ่มขึ้น Ives ได้แสดงค่า head loss สำหรับสภาวะข้างบน โดยใช้สมการด้านล่างนี้

$$\frac{dH}{dL} = \left(\frac{dH}{dL}\right)_0\left[1+\frac{(2b+1)q}{\alpha}+(b+1)^2\left(\frac{q}{\alpha}\right)^2\right]$$

เมื่อ $\left(\frac{dH}{dL}\right)_0$ = ค่า head loss สำหรับชั้นกรองสะอาด

b = Packing constant = $\frac{\alpha}{(1-\alpha)}$

q = ปริมาตรตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรองต่อปริมาตรของชั้นกรอง

S = 1.0

$$h = \frac{fLv^2}{Sdg}\left(\frac{1-\alpha}{\alpha^3}\right)$$

4. การเดินระบบกรองน้ำ

ระหว่างการผลิตน้ำให้ทำการตรวจการทำงานของระบบกรองน้ำโดยตรวจวัดค่า Head Loss ซึ่งเป็นค่าที่แสดงการอุดตันของระบบกรองน้ำและคุณภาพของน้ำที่ออกจากถังกรอง ซึ่งแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบของถังกรองน้ำ เช่น ถังกรองน้ำประเภท Rapid Sand Filter จะกำหนดค่า Head Loss ไว้ที่ประมาณ 1.3 ถึง 1.8 เมตรน้ำ แล้วให้ทำการล้างย้อน ในขณะที่ถังกรองน้ำประเภท Pressure Sand Filter จะกำหนดค่า Head Loss ไว้ที่ประมาณ 2.1 ถึง 3.5 เมตรน้ำ เป็นต้น และคุณภาพของน้ำที่ออกจากถังกรอง นอกจากขึ้นกับคุณภาพของน้ำที่เข้าสู่ถังกรองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของถังกรองด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังกรอง ได้แก่

- ขนาดของเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์
- ความสูงของชั้นทรายหรือแอนทราไซต์
- อัตราเร็วในการกรอง
- ระยะเวลาการเดินระบบถังกรองน้ำ โดยปกติจะมีระยะเวลาการเดินระบบประมาณ 24 – 48 ชั่วโมงแล้วจึงหยุดเดินระบบ เพื่อทำการล้างทำความสะอาด

อนึ่งน้ำออกจากถังกรอง (Filter Tank) ควรจะมีคุณภาพดังนี้

- Turbidity น้อยกว่า 5 NTU
- pH อยู่ในช่วง 7.5 ± 1
- สีไม่เกิน 15 NTU

5. การทำความสะอาดถังกรองน้ำ

การล้างทำความสะอาดถังกรองน้ำทำได้โดยการล้างย้อนกลับ โดยป้อนน้ำและอากาศเข้าไปในถังภายใต้ความดันที่เพียงพอ สิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในชั้นกรองจะหลุดออกมา

6. ระบบล้างสารกรองในชั้นกรอง

- ระบบใช้น้ำล้างสารกรองเพียงอย่างเดียว พยายามทำให้สารกรองในชั้นกรองลอยกระจายขึ้นมา เพื่อปล่อยให้ตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรองหลุดออกมาได้ โดยออกแบบให้ค่าความพรุนของชั้นกรองขณะที่กำลังลอยกระจัดกระจายขึ้นมาประมาณ 0.68 – 0.71

- ระบบใช้น้ำล้างสารกรองพร้อมกับมีระบบชะล้างสารกรอง จะมีระบบชะล้างบริเวณผิวบนของชั้นกรอง เพื่อให้แน่ใจได้ว่าการล้างสารกรองเป็นไปตามที่ต้องการ การดำเนินการของระบบล้างสารกรองนี้ ทำการชะล้างผิวบนของชั้นกรองเสียก่อนประมาณ 1-2 นาที จากนั้นจึงล้าง

สารกรอง ให้ไหลย้อนผ่านชั้นกรอง อัตราการชะล้างผิวบนของสารกรองควรมีประมาณ 1.2-2.4 ลบ.ม./(ตร.ม.-ชม.)

- ระบบใช้น้ำล้างสารกรอง พร้อมกับมีระบบพ่นอากาศเพื่อช่วยในการขัดถูให้ตะกอนหลุดออกจากชั้นกรองได้ง่ายขึ้น คือ พ่นอากาศเข้าไปในชั้นกรองประมาณ 3-4 นาที ก่อนการล้างสารกรองด้วยวิธีปกติ โดยทั่วไปจะพ่นอากาศเข้าไปด้วยอัตราการพ่นอากาศประมาณ 10-16 ลบ.ม./(ตร.ม.-นาที)

- ระบบน้ำล้างรวมกับพ่นอากาศ ระบบนี้ใช้น้ำและอากาศพ่นพร้อมกันเข้าไปภายในชั้นกรองประมาณ 2-3 นาที หลังจากเสร็จสิ้นการล้างสารกรองด้วยวิธีนี้แล้วจำเป็นต้องทำการล้างสารกรองอีกประมาณ 2-3 นาที ด้วยน้ำเพื่อไล่ฟองอากาศที่ยังเหลืออยู่ภายในชั้นกรองออกจากสารกรอง

2.4.3 การฆ่าเชื้อโรค

การฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปาโดยทั่วไปจะเป็นกระบวนการสุดท้ายภายหลังการกรองน้ำก็จะนำมาฆ่าเชื้อโรคที่มีหลงเหลืออยู่ในน้ำใส ซึ่งมักเลือกใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา แต่ในต่างประเทศหลายแห่งได้เปลี่ยนจากการใช้คลอรีนไปใช้โอโซนสำหรับการฆ่าเชื้อโรค การฆ่าเชื้อโรค 2 วิธี คือ

- Disinfection คือ การฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นต้นเหตุของโรคต่างๆ
- Sterilization คือ การทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดที่อยู่ในน้ำทั้งที่ก่อให้เกิดโรคและไม่ก่อให้เกิดโรค

การทำ Sterilization ให้กับน้ำประปานั้นไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก ในทางปฏิบัติระบบประปาจึงฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยวิธี Disinfection สารที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคเรียกว่า Disinfection ได้แก่ ก๊าซคลอรีน หรือสารประกอบคลอรีน โอโซน โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต เงิน นอกจากนี้การฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อนและแสงอัลตราไวโอเลตก็จัดอยู่ในแบบ Disinfection

2.4.3.1 วิธีการฆ่าเชื้อโรค

กระบวนการฆ่าเชื้อโรคแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

ก. ทางกายภาพ ได้แก่ การใช้รังสียูวี ความร้อน

ข. ทางเคมี ได้แก่ การเติมคลอรีน โบรมีน ไอโอดีน โอโซน โลหะหนัก ซึ่งได้แก่ ทองแดง เงิน แต่อาจใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ

เป็นต้น ในกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีทางเคมี ควรจะพิจารณา พีเอช อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณน้ำที่นำมาบำบัด และปริมาณของเชื้อโรคที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ รวมทั้งการคาดการณ์ที่เกี่ยวกับปริมาณเชื้อโรคที่อาจมีตามแนวท่อส่งน้ำประปา เป็นต้น

ค. ทางกัมมันตภาพรังสี ได้แก่ การใช้โคบอลต์ 60 เป็นต้น

2.4.3.2 ชนิดของคลอรีน

คลอรีนเป็นสารเคมีที่ใช้สำหรับฆ่าเชื้อโรคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคลอรีนมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์และฆ่าเชื้อโรคได้ดีในช่วงพีเอชของน้ำประปาอยู่ระหว่าง 6.5-8.0 อีกทั้งยังมีปริมาณคงเหลือ เพื่อให้สามารถทำปฏิกิริยากำจัดเชื้อโรคที่อาจเข้าสู่ระบบเส้นท่อ ดังนั้นการประปานครหลวงจึงได้ควบคุมปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือในทุกพื้นที่บริการให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.2 มก./ล. เพื่อเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรค ตลอดทุกขั้นตอนนับจากกระบวนการผลิตจนถึงการนำส่งผู้บริโภค ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคสูงและราคาไม่แพง ไม่เป็นที่รังเกียจ แต่อาจมีกลิ่นเล็กน้อย สารคลอรีนโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ คลอรีนชนิดก๊าซและชนิดผง

ก. ก๊าซคลอรีน

มีสีเหลืองแกมเขียว มีความหนาแน่นประมาณ 2.5 เท่าของอากาศ และเมื่อเป็นของเหลว(คลอรีนเหลว 99%) จะมีสีเหลืองอำพัน มีความหนาแน่นเป็น 1.44 เท่าของน้ำ เป็นอันตรายต่อปอดและเนื้อเยื่อต่างๆ โดยจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ เยื่อบุจมูก และผิวหนัง ผลกระทบที่เป็นอันตรายจากการสัมผัสกับก๊าซคลอรีนเริ่มเห็นได้ชัดเจนที่ความเข้มข้น 5-10 ppm ทำให้การหายใจติดขัด น้ำตาไหล ระคายเคืองผิวหนัง ระคายเคืองปอด และเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น หากได้รับก๊าซคลอรีนในปริมาณ 1,000 ppm จะทำให้เสียชีวิตได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ความระมัดระวัง และต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งและควบคุมการทำงาน คลอรีนไม่ไหม้ไฟ แต่ช่วยในการสันดาปเหมือนออกซิเจน พบว่าก๊าซคลอรีนทำปฏิกิริยารุนแรงกับไขมัน แอมโมเนีย เทอร์เพนไทน์ และไฮโดรคาร์บอน ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า ไม่กัดกร่อนเมื่อแห้ง

ข. คลอรีนผงหรือที่รู้จักในนามของ "ผงปูนคลอรีน"

1. แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Calcium hypochlorite) เป็นผงสีขาวละลายน้ำได้ดีมีสูตรทางเคมีคือ $Ca(OCl)_2$ มักจะผลิตให้มีความเข้มข้นระหว่าง 60-70% โดยน้ำหนัก คลอรีนผงชนิดนี้หาได้ง่าย ราคาไม่แพง เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์น้อย ไม่ทำให้เสียรสชาติ ฆ่าเชื้อโรคในเวลาไม่นานเกินไป และยังคงมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคต่อไปได้อีก สะดวกต่อการใช้งาน และสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด

2. โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) เป็นสารละลายใสสีเหลืองอมเขียว มีสูตรทางเคมี คือ NaOCI มีความเสถียรน้อยกว่าแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ทำให้เสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว จึงควรเก็บไว้ในที่มืดและอุณหภูมิไม่สูงกว่า 30° C เพื่อชะลออัตราการเสื่อมคุณภาพและอายุในการเก็บไม่ควรเกิน 60-90 วัน สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์เมื่ออยู่ในสภาวะพีเอชต่ำจะระเหยเป็นหมอกคลอรีนสามารถระเบิดได้

3. ปูนคลอไรด์ (Chlorinated Lime หรือ Chloride of Lime หรือ Bleaching Powder) หรือบางทีเรียกว่า "ผงฟอกสี" มีสูตรทางเคมี คือ $CaOCI_2$ ผลิตได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างคลอรีนและปูนขาว มีความเข้มข้นประมาณ 35% โดยน้ำหนัก

ไม่ว่าจะทำการเติมสารคลอรีนในรูปใดก็ตามสิ่งที่ต้องการมากที่สุด คือ ปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้ว่าค่าเท่าใด และปริมาณสารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคมีการตกค้างอยู่ในระบบท่อน้ำดังกล่าวเท่าใด ซึ่งค่าดังกล่าวเรียกว่า ปริมาณสารเคมีอิสระที่เหลืออยู่ หากเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน เรียกว่า ปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่

กระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน มีการเติมลงในน้ำอยู่ 2 ลักษณะคือ

1. การเติมคลอรีนในน้ำดิบที่ไหลเข้าระบบ ซึ่งเรียกกระบวนการดังกล่าวว่า การเติมคลอรีนก่อน (Prechlorination Process) โดยมีวัตถุประสงค์

- ช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการ Coagulation-Flocculation
- ช่วยลดกลิ่นและรสของน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่มาจากตะกอนอินทรีย์ในถังตกตะกอน
- ช่วยป้องกันการเกิดสาหร่ายในกระบวนการกรอง

2. การเติมสารคลอรีนหลังจากที่น้ำผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีอื่นแล้วเรียกว่า การเติมคลอรีนภายหลัง (Postchlorination Process) ปริมาณคลอรีนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาฆ่าเชื้อโรคประมาณ 30 นาที อยู่ในช่วง 0.25-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้เกิดปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในน้ำ 0.1-0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามในบางเมืองอาจมีการเติมคลอรีนเป็นช่วง เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำ กระบวนการนี้เรียกว่า การเติมคลอรีนซ้ำ (Re-chlorination)

ในบางครั้งอาจพบว่ามีกลิ่นของคลอรีนที่เหลืออยู่ในน้ำ เมื่อเปิดน้ำมาใช้ ปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน ซึ่งการคาดคะเนเกี่ยวกับปริมาณเชื้อโรคที่มีอยู่ในน้ำ อาจจะมีความถูกต้องน้อยมาก จึงต้องเติมมากกว่าปกติ ให้เกิดคราบสีขาวของตะกอนเมื่อทิ้งน้ำดังกล่าวไว้ระยะหนึ่ง และกลิ่นที่เกิดขึ้นจะหายไปด้วย เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว จึงควรที่จะทำการลดปริมาณคลอรีนที่มีอยู่ในน้ำลงด้วยกระบวนการที่เหมาะสมดังนี้

- การเติมอากาศ
- การใช้ถ่านกัมมันต์ หรือวัสดุดูดซับอื่นๆที่เหมาะสม
- การใช้โซเดียมไธโอซัลเฟต
- การเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมไบซัลไฟต์ โซเดียมซัลไฟต์ เพื่อให้คลอรีนเปลี่ยนเป็นคลอไรด์

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCL + H^+ + Cl^- \quad (\text{Hyporchlorous acid})$$

$$HOCL \longleftrightarrow H^+ + OCl^- \quad (\text{Hyporchlorite ion})$$

ปริมาณคลอรีนอิสระที่มีอยู่ในน้ำ คือ HOCl และ OCL^- ซึ่งพบว่าความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคของ HOCl มีค่ามากกว่า OCL^- ประมาณ 40-80เท่า ที่พีเอชต่ำ HOCl ละลายน้ำได้ดีกว่า

3. ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของผงปูนคลอรีน

การใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรคอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

3.1 ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (Free chlorine residual) ความเข้มข้นและปริมาณของคลอรีนที่เติมลงในน้ำไม่ใช่สิ่งที่สำคัญที่สุดในการฆ่าเชื้อโรค หากแต่เป็นปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ในน้ำซึ่งวัดได้หลังจากระยะเวลาสัมผัส การเติมคลอรีนน้อยเกินไปจะไม่ทำให้เกิดคลอรีนอิสระขึ้นและอาจจะทำลายเชื้อโรคในน้ำได้ไม่หมด การเติมคลอรีนในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้น้ำมีกลิ่นฉุนของคลอรีนและทำให้รสชาติของน้ำเสียไปด้วย ทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองคลอรีน นอกจากนี้ คลอรีนยังมีฤทธิ์กัดกร่อน อาจทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆเสียหายได้ ดังนั้นในการเติมคลอรีนลงไปในน้ำจึงต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อฆ่าเชื้อโรคได้หมด รวมทั้งก่อให้เกิดคลอรีนอิสระ 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ณ เวลาสัมผัส 30 นาที

3.2 ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อโรค (Duration of contact)ทั้งนี้โดยเริ่มตั้งแต่เวลาที่เติมสารละลายผงปูนคลอรีนลงไปในน้ำจนถึงเวลาที่ผู้ใช้เริ่มใช้น้ำเป็นรายแรกไม่ควรน้อยกว่า 30นาที หรือถ้านานกว่านั้นการฆ่าเชื้อโรคของสารละลายผงปูนคลอรีนจะมีมากขึ้นด้วยและทำให้กลิ่นลดลง

3.3 อุณหภูมิ (Temperature) ถ้าอุณหภูมิสูงประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของผงคลอรีนจะลดลงแต่ในทางตรงข้ามถ้าอุณหภูมิต่ำ ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคจะมีมากขึ้นด้วย และทำให้กลิ่นลดลง

3.4 ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) อนุภาคความขุ่นในน้ำอาจเป็นเกราะกำบังให้เชื้อโรคทำให้คลอรีนไม่สามารถเข้าไปสัมผัสและฆ่าเชื้อโรคได้ ดังนั้น ถ้าต้องการให้คลอรีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคดีจึงต้องทำให้น้ำใส มีความขุ่นน้อยกว่า 10 NTU โดยการเติมสารส้มเพื่อให้อนุภาคของความขุ่นจับตัวรวมกัน ตกตะกอน และผ่านการกรอง

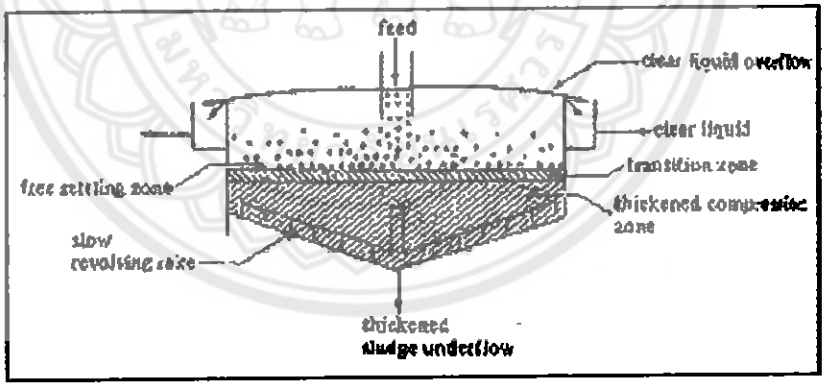
3.5 สภาพพีเอช มีผลต่อการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนเนื่องจากคลอรีนจะแตกตัวเป็นกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) ซึ่งมีอำนาจในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีเมื่อน้ำมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย หากพีเอชสูงกว่า 7.5 จะทำให้เกิด OCl^- มากขึ้น ซึ่ง OCl^- นี้มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคด้อยกว่า HOCl จะทำให้ต้องสิ้นเปลืองคลอรีนมากขึ้น และหากค่าพีเอชสูงถึง 9.5 จะเกิด OCl^- ถึง 100%

2.5 กระบวนการกำจัดสลัดจ์

กระบวนการกำจัดสลัดจ์ มีอยู่หลายวิธีแต่มีหลักการร่วมกันโดย ต้องนำออกจากสลัดจ์ให้ได้มากที่สุดด้วยวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด มีกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด ก่อนที่จะนำสลัดจ์ที่เหลือในน้ำน้อยที่สุดไปทิ้ง

2.5.1 ถังทำให้สลัดจ์เข้มข้น (Thickening)

โดยทั่วไปจะเป็นกระบวนการแยกน้ำออกจากสลัดจ์ที่ต้องดำเนินการก่อนกระบวนการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ แต่ในบางครั้งอาจดำเนินการก่อนปรับเสถียรสลัดจ์ก็ได้ เนื่องจากสลัดจ์ที่ถูกทำให้ข้นจะมีปริมาตรลดลงมาก ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ ในการออกแบบจะพิจารณาค่าอัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate, SLR มีหน่วยเป็น กก.ของแข็ง/(ม^2.วัน)) ดังนั้นสามารถนำค่า SLR ดังกล่าวมาคำนวณออกแบบขนาดถังนี้ได้ ซึ่งจะมีวิธีคล้ายกับการออกแบบถังตกตะกอนวงกลมทั่วไป



รูปที่ 2.5 ถังทำให้สลัดจ์เข้มข้นแบบ Gravity Thickener

ที่มา http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/SEDIMENT/sedreactors.html

2.5.2 บ่อตากตะกอน (Lagoons)

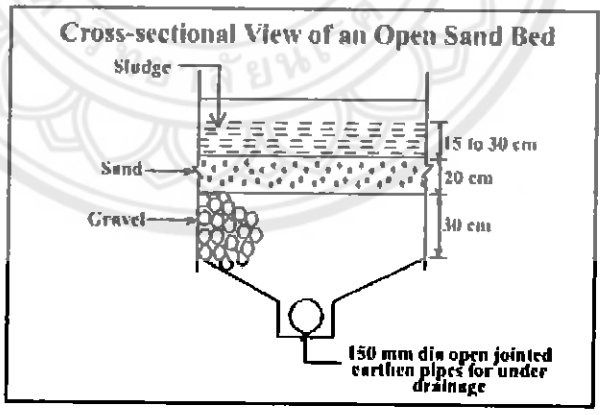
มีลักษณะที่เป็นบ่อดินขุดขึ้นมา อาจมีคอนกรีตบุข้างบ่อ บ่อนี้ทำหน้าที่เป็นทั้งบ่อเก็บสลัดจ์และบ่อตากแห้ง ดังนั้นส่วนก้นบ่อต้องให้แน่ใจว่าไม่ยอมให้น้ำผ่านลงสู่น้ำใต้ดินได้ อาจจำเป็นต้องบุด้วยแผ่นยางเพื่อป้องกันการซึมของน้ำลงสู่น้ำใต้ดิน แต่มีราคาค่อนข้างแพง โดยทั่วไปเมื่อบ่อเต็มควรสูบน้ำส่วนบนออกให้เหลือแต่เพียงสลัดจ์เปียกที่ตกตะกอนลงในบ่อ จากนั้นปล่อยให้น้ำในสลัดจ์เปียกระเหยออกตามธรรมชาติ ซึ่งอาจใช้เวลาเป็นปี

เกณฑ์การออกแบบขนาดบ่อตากแดด

- พื้นที่ผิวของบ่อตากแดดที่นิยมใช้เท่ากับ 2,000-6,000 ตร.ม.
- ความลึกของบ่อตากแดดเท่ากับ 2-10 ม. บางแห่งอาจลึกมากกว่า 10 ม.
- น้ำตะกอนที่ไหลเข้าสู่บ่อตากแดดไม่ควรทำให้เกิดการปั่นป่วนในบ่อ
- การนำน้ำใสส่วนบนออกจากบ่อตากแดดควรออกแบบทางออกที่สามารถปรับขึ้นลงตามระดับของน้ำใสได้ ซึ่งเปลี่ยนแปลงระดับเสมอ

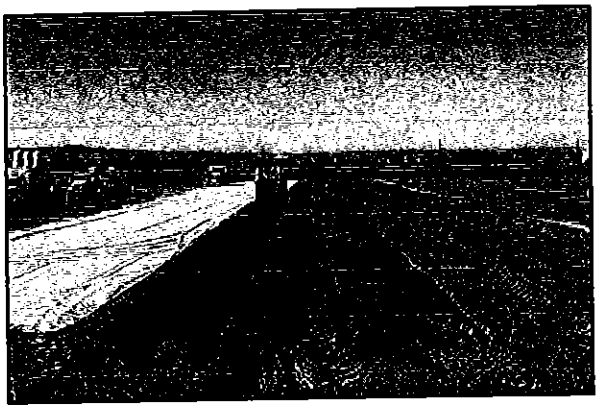
2.5.3 ลานทรายตากตะกอน (Sand-drying beds)

มีชั้นทราย ชั้นกรวดหรือชั้นหิน มีแผ่นคอนกรีตรับการกระแทกของสลัดจ์ที่ไหลชะลงบนผิวชั้นทรายและมีระบบระบายน้ำไหลออกที่ส่วนล่างของลานทราย น้ำจะระเหยออกจากสลัดจ์และน้ำส่วนเกินจะไหลลงสู่ส่วนล่างของลานทราย เพื่อระบายออกจากระบบต่อไป



รูปที่ 2.6 แบบลานทรายตากตะกอน (Sand-drying beds)

ที่มา : nptel.iitm.ac.in



รูปที่ 2.7 ลานทรายตากแดด (Sand-drying beds)

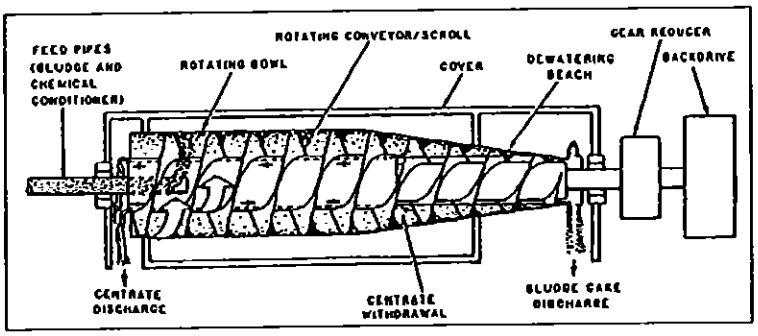
ที่มา: mariostutz.girlshopes.com

เกณฑ์การออกแบบลานทรายตากตะกอน

- ค่าSLRประมาณ100 กก. ของแข็ง/(ตร.ม.ปี) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศและหรือมีการติดตั้งหลังคาโปร่งแสงกันฝนหรือไม่
- มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 4-20ม. X ยาว 15-50ม.
- ชั้นทรายหนา 100-230มม. วางอยู่บนชั้นกรวดหรือหินหนา 200-460มม.
- ท่อระบายส่วนล่างของลานควรมีขนาดไม่เล็กกว่า 4" ติดตั้งห่างกัน 2-6 ม. ความลาดของท่ออย่างต่ำ 1%

2.5.4 การหมุนเหวี่ยง (Centrifuging)

ระบบนี้อาศัยการหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วหมุนตั้งแต่ 800-2,000 รอบต่อนาที อาจต้องเติม Polymers ลงไปช่วยทำให้การนำน้ำออกจากสลัดจ์ได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

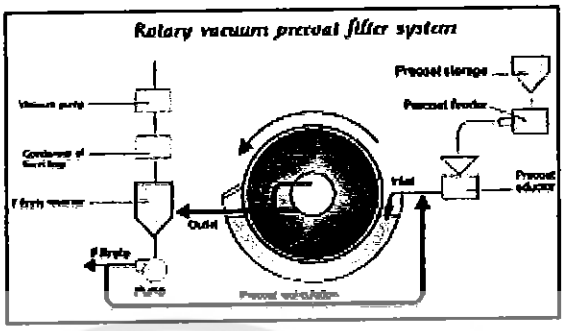


รูป 2.8 เครื่อง Solid Bowl Centrifuge

ที่มา : web.deu.edu.tr

2.5.5 การกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum filtration)

ประกอบด้วยถังกระบอกขนาดใหญ่ซึ่งมีผ้ากรองใยสังเคราะห์หุ้มอยู่รอบถัง ถังนี้จะหมุนด้วยความเร็วต่ำมีระบบสุญญากาศอยู่ภายในถัง เพื่อแยกน้ำออกจากสลัดจ์ที่เกาะอยู่บนผิวผ้ากรอง

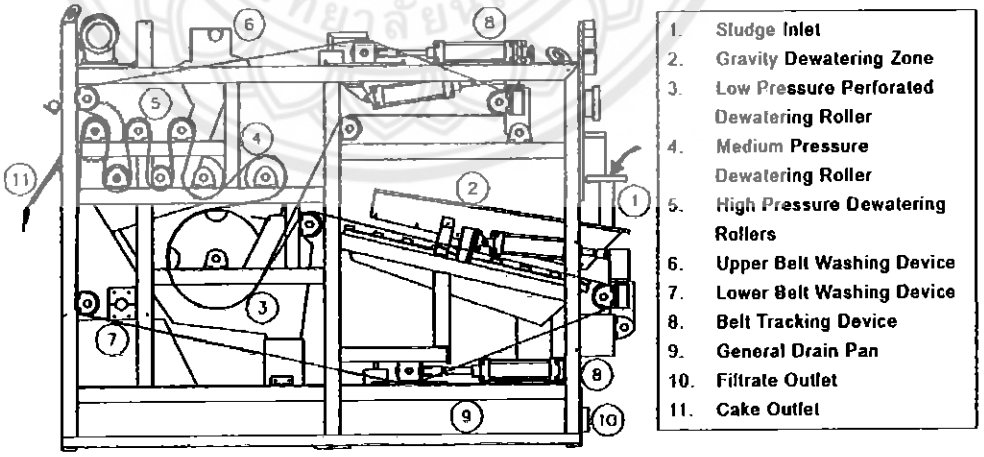


รูป 2.9 เครื่องกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum filtration)

ที่มา : perliteco.com

2.5.6 การรีดกรองด้วยสายพาน (Belt filtration press)

ประกอบด้วยลูกกลิ้งหลายลูกที่มีแผ่นผ้ากรองเคลื่อนที่ ซึ่งแผ่นผ้ากรองจะทำหน้าที่รีดกรองสลัดจ์นำน้ำออก ระบบนี้จำเป็นต้องใช้สาร Polymer เติมลงไป เพื่อช่วยทำให้การนำน้ำออกจากสลัดจ์ได้มีประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นทำการปล่อยให้น้ำไหลออกจากสลัดจ์ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ตามด้วยการรีดสลัดจ์ให้น้ำไหลออกด้วยระบบลูกกลิ้ง

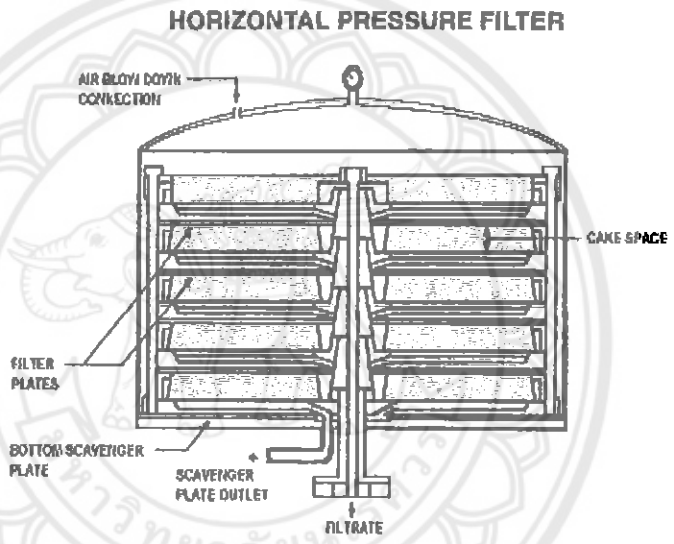


รูป 2.10 เครื่องรีดกรองด้วยสายพาน Belt filter press

ที่มา : ecologixsystems.com

2.5.7 การอัดกรองด้วยแผ่น (Plate pressure filters)

ประกอบด้วยแผ่นที่มีผ้ากรอง เพื่อทำหน้าที่อัดสลัดจ์ให้น้ำไหลผ่านแผ่นผ้ากรองลงสู่ภาชนะรองรับข้างล่าง ต้องเติมสาร Polymer ลงไปช่วยให้การนำน้ำออกจากสลัดจ์ได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การใส่สลัดจ์เข้าไปในระบบอาจใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที จนกระทั่งสลัดจ์บรรจุเต็มในระบบ ระบบนี้ต้องอาศัยแรงดันสูงในการกรองประมาณ 700-1,700 kPa ใช้เวลาในการกรองประมาณ 1-4ชั่วโมง เพื่อให้สลัดจ์ที่ถูกอัดแห้งได้ผลดีที่สุด ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการนำน้ำออกจากสลัดจ์ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ ที่ใช้เครื่องจักรกล ระบบนี้จะทำความสะอาดด้วยการฉีดน้ำที่มีแรงดันสูงและบางช่วงอาจใช้กรดช่วยในการล้างด้วย



รูป 2.11 เครื่องอัดกรองด้วยแผ่น (Plate pressure filters)

ที่มา : dicalite-europe.com

2.5.8 การทิ้งกากสลัดจ์ (Sludge disposal)

การทิ้งสลัดจ์ที่มาจากโรงผลิตน้ำประปา หลังจากผ่านกระบวนการกำจัดน้ำออกจากสลัดจ์ได้บางส่วนแล้วจะนำสลัดจ์ที่มีลักษณะคล้ายขนมวุ้นหรือคล้ายยาสีฟันขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในสลัดจ์ที่ยังหลงเหลืออยู่ไปทิ้งด้วยวิธีต่างๆ เช่น นำสลัดจ์ส่งไปโรงบำบัดน้ำเสียเพื่อไปรวมกับสลัดจ์ที่เกิดจากระบบน้ำเสีย นำสลัดจ์ไปถมที่ หรือนำสลัดจ์ไปทิ้งที่พื้นดินทั่วไป เป็นต้น

ตารางที่ 2.15 ความเข้มข้นของสลัดจ์ที่จะได้รับจากแต่ละวิธี

ระบบกำจัดสลัดจ์	สลัดจ์ปูนขาว (Lime sludge)%	สลัดจ์สารสร้างตะกอน (Coagulation sludge)
การทำสลัดจ์เข้มข้น	15-30	3-4
การหมุนเหวี่ยง		
-แบบ Basket	-	10-15
-แบบ Scroll	55-65	10-20
การรีดกรองด้วยสายพาน	-	10-15
การกรองแบบสุญญากาศ	45-65	-
การอัดกรองด้วยแผ่น	55-70	30-45
ลานทรายตากตะกอน	50	20-25
บ่อตากตะกอน	50-60	7-15

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.6 ระบบจ่ายน้ำประปา

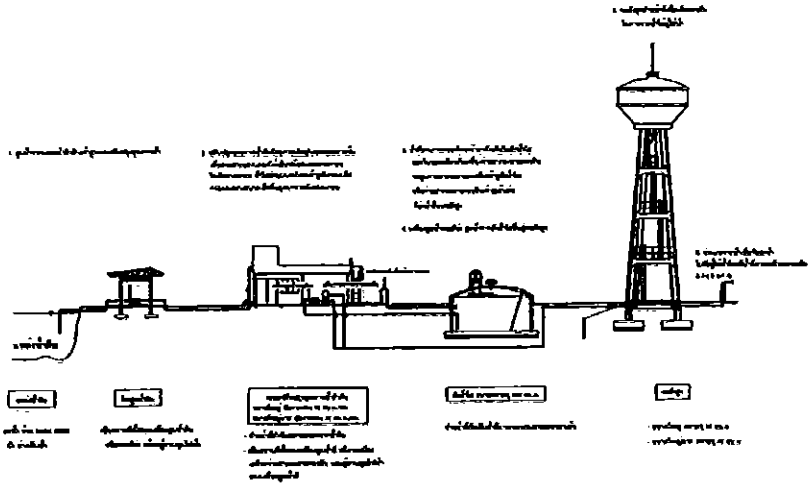
หลังจากที่ได้ผลิตน้ำประปาแล้ว จะนำน้ำประปาไปแจกจ่ายทั่วบริเวณของชุมชนด้วยท่อประปาขนาดเหมาะสม มีระบบวาล์วประเภทต่างๆติดตั้งอยู่ตามท่อประปาทั่วบริเวณแล้วแต่ความเหมาะสม

2.6.1 วิธีการจ่ายน้ำประปา

วิธีการจ่ายน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำประปามายังชุมชนสามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธีดังนี้

1. วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

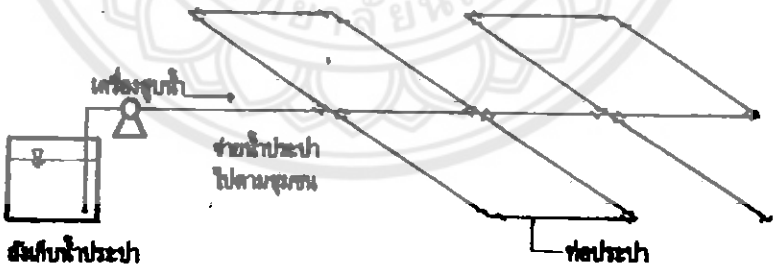
วิธีอาศัยหลักการระดับน้ำจากแหล่งอยู่สูงกว่าชุมชนมากเพียงพอ ที่ทำให้น้ำประปาไหลจากแหล่งไปตามท่อประปาได้อย่างดี คือ มีทั้งความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่ออย่างเหมาะสม โดยมากจะอาศัยความสูงของระดับดินปกติ และหอถังสูง เพื่อเป็นจุดที่ปล่อยน้ำประปาเพื่อแจกจ่ายไปรอบๆบริเวณ วิธีการจ่ายน้ำประปาวิธีนี้เป็นวิธีที่เชื่อถือได้ เพราะถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าดับ ระบบแจกจ่ายน้ำประปายังคงสามารถจ่ายน้ำได้ช่วงเวลาหนึ่ง อาจได้นานถึงหนึ่งหรือสองวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของหอถังสูง



รูปที่ 2.12 ระบบจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้ถังสูง
ที่มา http://202.129.59.73/nana/water Treatment_200552/treatment.htm

2. วิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง

อาศัยเพียงเครื่องสูบน้ำจ่ายน้ำประปาไปตามท่อประธานของระบบโดยตรง ความเร็วของน้ำไหลและความดันของน้ำภายในท่อจะถูกควบคุมโดยเครื่องสูบน้ำและขนาดท่อประธานที่ออกแบบไว้ ระบบจ่ายน้ำประปาวิธีนี้ไม่ต้องใช้หอสูงแต่จะมีถังเก็บน้ำประปาไว้ เพื่อให้เครื่องสูบน้ำไปแจกจ่ายชุมชนโดยอาศัยความดันภายในท่อ ถ้ากระแสไฟฟ้าดับก็ไม่สามารถแจกจ่ายน้ำประปาได้ในทันทีทำให้เป็นข้อเสียหลักของระบบนี้

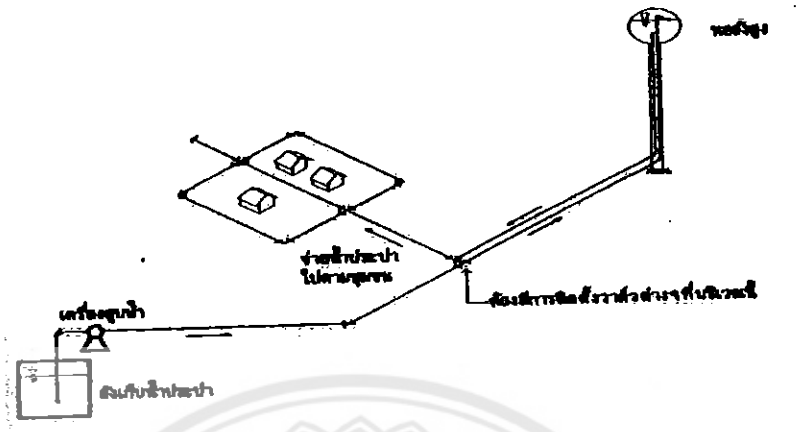


รูปที่ 2.13 ระบบจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรงแบบใช้เครื่องสูบ
ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

3. วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกร่วมกับการสูบจ่ายน้ำ

อาศัยทั้งสองหลักการด้วยกัน เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก การแจกจ่ายน้ำประปาจะอาศัยทั้งเครื่องสูบน้ำไปยังท่อประธานพร้อมกันนั้นจะมีหอถังสูงทำหน้าที่แจกจ่ายน้ำประปาไปด้วย

ข้อดีคือสามารถแจกจ่ายน้ำประปาในปริมาณมาก ได้ สามารถเลือกวิธีแจกจ่ายน้ำประปาไปยังท่อประธานได้ อาจจ่ายน้ำประปาโดยใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเดียวหรือใช้หอสูงอย่างเดียวก็ได้



รูปที่ 2.14 ระบบจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำร่วมกันกับหอสูง
ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.6.2 ระบบจ่ายน้ำประปา

ระบบจ่ายน้ำประปามีอยู่ 2 ระบบ คือ

1. ระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่อง (Continuous System)

ระบบจะจ่ายน้ำประปาตลอดเวลา เหมาะกับงานที่ต้องการน้ำประปาที่ใช้งานตลอดเวลา มีแหล่งน้ำดิบที่เพียงพอ และมีโรงผลิตน้ำประปาที่สามารถผลิตได้เพียงพอ

2. ระบบจ่ายน้ำแบบเดิน ๆ หยุด ๆ

ระบบนี้อาจจ่ายน้ำประปาเป็นเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมงในแต่ละวันก็ได้เช่น จ่ายน้ำให้ในช่วงเช้าและช่วงเย็น ระบบนี้จะใช้เมื่อปริมาณน้ำดิบในแหล่งน้ำไม่เพียงพอสำหรับการจ่ายประปาให้ตลอดเวลา

2.6.3 ถังเก็บกักน้ำประปา

วัตถุประสงค์ของการเก็บกักน้ำประปาด้วยถังเก็บกักน้ำประปา มีดังต่อไปนี้

- ต้องการเก็บกักน้ำประปาไว้สำหรับการดับเพลิง
- ต้องการรักษาระดับความดันของน้ำในท่อประปาได้ตลอดเวลา
- ต้องการเก็บกักน้ำประปาสำรองไว้เมื่อมีการใช้น้ำประปามากกว่าปกติ

โดยทั่วไปขนาดความจุของถังเก็บกักน้ำประปาจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั่วโมงที่จ่ายน้ำประปา อัตราการสูบจ่ายน้ำประปา และการแปรเปลี่ยนปริมาณความต้องการใช้น้ำประปาของชุมชนนั้น

2.7 อัตราการใช้น้ำของประชากร

2.7.1 อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคล

โดยทั่วไป อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคลคิดในหน่วยลิตรต่อคนต่อวัน อัตราการใช้น้ำในแต่ละชุมชนอาจเปลี่ยนแปลงได้มาก ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ขนาดของชุมชน ขนาดของชุมชนปกติแล้วเป็นผลในทางอ้อมในการที่จะเพิ่มอัตราการบริโภคน้ำให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามหากมีชุมชนใหญ่แล้วปริมาณน้ำที่ถูกน้ำไปใช้ประโยชน์ก็จะมีปริมาณมากไปด้วย

2. จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในชุมชนนั้น หากในชุมชนใดมีโรงงานอุตสาหกรรมมากปริมาณน้ำที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ก็จะมาก ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมมักต้องการใช้น้ำเป็นปริมาณมากในกรรมวิธีต่างๆ

3. คุณภาพของน้ำ หากน้ำมีคุณภาพดีและเป็นที่นิยมของประชาชน อัตราการใช้น้ำก็จะเพิ่มขึ้น เพราะประชาชนย่อมต้องการใช้น้ำที่มีความปลอดภัยมากกว่าน้ำที่ก่อให้เกิดโทษ โรงงานอุตสาหกรรมก็เช่นเดียวกันหากน้ำนั้นมีคุณสมบัติทางเคมีที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น น้ำที่มีสารเคมีเจือปนอยู่มาก หรือมีความกระด้างสูงแล้วหม้อน้ำหรือท่อน้ำก็อาจชำรุดได้ง่าย เมื่อเป็นเช่นนี้ ปริมาณการใช้น้ำก็จะลดลง ในทางตรงกันข้าม หากน้ำมีคุณภาพดีปริมาณการใช้น้ำก็จะเพิ่มมากขึ้น

4. ค่าน้ำประปา เมื่อน้ำมีราคาถูกการใช้น้ำก็ย่อมมีมาก

5. สภาพอากาศ สภาพอากาศนี้นับว่ามีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมาก ในเขตหนาวประชาชนจะใช้น้ำน้อยตรงกันข้ามกับในเขตร้อนจะมีปริมาณการใช้น้ำสูง หรืออาจเป็นช่วงหนึ่งของฤดูกาลหรือของวัน อัตราการใช้น้ำจะแตกต่างกันออกไป เช่น ในฤดูร้อนอัตราการใช้น้ำจะสูงมาก เพราะใช้สำหรับอาบ นำไปรดพืชผัก ผลไม้และอื่นๆ ตลอดจนปริมาณที่นำมาใช้ดื่มก็จะสูงขึ้น

6. สภาพความเป็นอยู่และอาชีพของประชาชน อัตราการใช้น้ำของประชาชนย่อมเปลี่ยนแปลง และแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการดำรงชีพและอาชีพ ประชาชนในชนบทมีอาชีพทางด้านเลี้ยงสัตว์และเกษตรกรรมจะใช้น้ำไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะประชาชนที่อาศัยอยู่ในชนบทมักจะอาศัยน้ำที่หาได้ตามท้องถิ่นมาใช้สำหรับอาบและใช้ในกิจกรรมอื่นเป็นส่วนมาก ต่างกับประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนหนาแน่นเช่นในเมือง จะมีปริมาณการใช้น้ำสูงกว่า

นอกจากนี้ อัตราการใช้น้ำยังขึ้นอยู่กับแรงดันของระบบจ่ายน้ำ ระบบบริหารและจัดการของระบบประปา และความสะดวกในการดำเนินกิจกรรมประปาส่วนบุคคล

ตารางที่ 2.16 อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคลในบางประเทศ

ประเทศ	อัตราการใช้น้ำ (ลิตรต่อคนต่อวัน)
อังกฤษ	135-225
สหรัฐอเมริกา	300-900
อิตาลี (โรม)	1000-1600
ประเทศไทย (กรุงเทพฯ)	200
อินเดีย	50-450

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ , 2542

2.7.2 ประเภทของการใช้น้ำ

การใช้น้ำประปา อาจแยกออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1 การใช้น้ำภายในครัวเรือน

2 การใช้น้ำเพื่อการค้าและอุตสาหกรรม

3 การใช้น้ำเพื่อสาธารณประโยชน์

4 การใช้น้ำที่ไม่ได้ตั้งใจ

ความต้องการน้ำประเภทต่างๆ ของชุมชนย่อมเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างกว้างขวางและขึ้นอยู่กับลักษณะและสิ่งแวดล้อมของชุมชน รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ อีกด้วย

ตารางที่ 2.17 ประเภทของการใช้ อัตราการใช้ และค่าร้อยละ ของการผลิตน้ำประปา

ประเภทการใช้	อัตราการใช้ (ลิตรต่อวันต่อคน)	% ของการผลิตทั้งหมด
ที่พักอาศัย	140	31
การค้า – อุตสาหกรรม	166	38
สาธารณะ	49	11
สูญเสีย	95	20
รวม	450	100

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ , 2542

2.7.2.1 การใช้น้ำในครัวเรือน

การใช้น้ำในกลุ่มนี้มีหลายวัตถุประสงค์ด้วยกัน เช่น การดื่ม การอาบ การซักล้าง การครัว การทำความสะอาด การกำจัดสิ่งปฏิกูล ฯลฯ อัตราการใช้น้ำของอาคารที่พักอาศัยมักจะไม่ค่อยแน่นอนนัก ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น ชนิดและความหนาแน่นของชุมชน ฐานะทางเศรษฐกิจ นิสัยและความเป็นอยู่ สภาวะด้านการสุขาภิบาล และบริการของการประปา เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้น้ำได้อย่างมาก จากการสำรวจพบว่าอัตราการใช้น้ำของอาคารที่พักอาศัยโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่างประมาณ 40 – 230 ลิตรต่อคนต่อวัน

ค่าเฉลี่ยที่นิยมใช้โดยทั่วไปสำหรับชุมชนเมืองคือ 100 – 200 ลิตรต่อคนต่อวัน แต่สำหรับท้องที่ชานเมืองและในชนบท ก็มีอัตราการใช้น้ำต่ำกว่าชุมชนเมืองหรือในเขตเทศบาล

สำหรับประเทศไทย อัตราที่ใช้สำหรับการคำนวณเพื่อผลิตน้ำประปา การประปาภูมิภาคใช้อัตราเฉลี่ยประมาณ 120 ลิตรต่อคนต่อวัน การประปานครหลวงใช้อัตราเฉลี่ยประมาณ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน ส่วนในประเทศที่พัฒนาแล้วทั้งในยุโรปและอเมริกาโดยเฉพาะตามนครใหญ่จะสูงกว่า 200 ลิตรต่อคนต่อวันขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของการใช้เครื่องสุขภัณฑ์ที่นิยมติดตั้งในอาคารที่พักอาศัยมีลักษณะที่ต้องการใช้น้ำในปริมาณมากกว่า โดยปกติแล้ว ปริมาณการใช้น้ำสำหรับอาคารที่พักอาศัยจะมีไม่น้อยกว่า 30 % ของปริมาณน้ำประปาที่ผลิตได้ทั้งหมด

2.7.2.2 ใช้น้ำเพื่อการค้าและอุตสาหกรรม

การใช้น้ำประปาในประเภทนี้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงขนาดและชนิดของกิจกรรมนั้นๆ ประกอบด้วยปริมาณน้ำสำหรับใช้ในการประกอบธุรกิจการค้าและสำนักงานมีจำนวนไม่มากนัก คือคนละ 20 – 60 ลิตรต่อวัน ปริมาณน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์ ในบางครั้งความต้องการน้ำสำหรับธุรกิจการค้าและอุตสาหกรรม อาจคิดต่อจำนวนพื้นที่หรือหน่วยอื่นก็ได้

2.7.2.3 การใช้น้ำเพื่อการสาธารณประโยชน์และดับเพลิง

การใช้น้ำประเภทนี้เป็นการใช้เพื่อกิจกรรมสาธารณประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น การล้างถนน รดน้ำสนามหญ้า สวนดอกไม้ สวนหย่อมและสวนสาธารณะ ใช้เพื่อเป็นน้ำพุ ป้องกันสาธารณภัย ฯลฯ อัตราการใช้น้ำประปาประเภทนี้เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะและขนาดของชุมชน ความหนาแน่น ชนิดและจำนวนของระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในชุมชนนั้น เกณฑ์เฉลี่ยที่อาจถือ

เป็นค่าโดยประมาณสำหรับการคำนวณ คือ 40 – 80 ลิตรต่อคนต่อวัน สำหรับปริมาณน้ำประปาเพื่อป้องกันอัคคีภัยนี้ มีค่าไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอัคคีภัยที่เกิดขึ้นและระยะเวลาที่ใช้ในการดับเพลิงแต่ละครั้ง โดยปกติแล้ว จะต้องมีการพิจารณาเกี่ยวกับขนาดและอัตราการสูบน้ำของรถดับเพลิงที่มีอยู่ในท้องถิ่นนั้นๆด้วย

2.8 การทำนายอัตราความต้องการน้ำในอนาคต

ในการศึกษาเพื่อคาดคะเนหรือทำนายอัตราความต้องการน้ำต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ เช่น จำนวนประชากร อัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม แนวโน้มของการใช้น้ำ การขยายตัวของพื้นที่บริการ โครงการประปามักวางแผนล่วงหน้าเป็นเวลา 25 ปี หรือมากกว่า บันทึกแสดงอัตราความต้องการน้ำและอัตราที่เพิ่มขึ้นในอดีตจะมีประโยชน์อย่างมากในการทำนายความต้องการในอนาคต ในทางปฏิบัติควรใช้วิธีต่าง ๆ ในการทำนายความต้องการใช้น้ำในอนาคต การวิเคราะห์ผลในขั้นสุดท้ายจะเป็นการตัดสินใจเลือกข้อมูลที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบทำนายได้อัตราความต้องการใช้น้ำ

- เมื่อทำนายได้อัตราความต้องการใช้น้ำแล้ว แผนการขั้นต่อไปในการออกแบบคือต้องตัดสินใจว่าจะสร้างระบบทำความสะอาดน้ำทั้งหมดพร้อมกันเลยทีเดียว หรือสร้างเป็นระยะ ๆ ปัจจัยที่ควรพิจารณาเพื่อการตัดสินใจได้แก่
  - อายุของการใช้งานของส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ
  - ความสะดวกในการขยายระบบ
  - อัตราการขยายตัวของพื้นที่บริการ
  - อัตราดอกเบี้ยของเงินกู้ และ
  - สมรรถนะของระบบทำความสะอาดน้ำในระยะแรกของโครงการ

อย่างไรก็ตามแนวทางปฏิบัติที่นิยมคือออกแบบและสร้างส่วนของระบบซึ่งไม่ประหยัดและไม่สะดวกในการสั่งซื้อทีหลังให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน จากนั้นจึงค่อย ๆ สร้างส่วนที่เหลือตามความจำเป็นในอนาคต สิ่งที่ควรสร้างให้เสร็จเลยในระยะแรกคือ สถานีสูบและจ่ายสารเคมี (เป็นอาคารเดียวกัน) ถังกรองและถังอื่น ๆ อาจสร้างเฉพาะเท่าที่จำเป็นก่อนแล้วค่อยสร้างเพิ่มเติมทีละระยะในภายหลัง

ในการออกแบบและคำนวณระบบทำความสะอาดน้ำประปาควรมีการคิดเผื่อเป็นการสำรองไว้ด้วย การคิดขนาดสำรองอาจกระทำพร้อม ๆ กับการคำนวณขนาดของระบบทำความสะอาดน้ำ กับการคำนวณขนาดของระบบทำความสะอาดน้ำ ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

ก. การใช้เกณฑ์คำนวณออกแบบที่มีการเสี่ยงน้อยที่สุด (Conservation Design Criteria)

ข. การคำนวณออกแบบธรรมดาและเพิ่มจำนวนหน่วยของส่วนต่าง ๆเป็นกำลังสำรอง

โดยปกติควรออกแบบให้มีถังตกตะกอน ถังกรอง ถังกวนเร็ว และถังกวนช้าเผื่อไว้อย่างละ 1 ถังเป็นอย่างน้อย ส่วนประกอบใดของระบบที่มีความสำคัญมากก็ควรมีสำรองไว้ เช่น การสำรองเครื่องป้อนโคแอกกูแลนท์ไว้สำหรับใช้ในกรณีที่มีน้ำขุ่นผิดปกติ หรือการสำรองเครื่องป้อนคลอรีนและเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น เครื่องป้อนสารป้องกันกัดกร่อนท่ออาจไม่จำเป็นหรือต้องมีการสำรองไว้ก็ได้

2.9 การคาดการณ์จำนวนประชากร

ในการออกแบบระบบประปาจำเป็นต้องทราบก่อนว่าจำนวนผู้รับบริการทั้งหมด (ใช้ชั่วอายุการใช้งานของระบบประปา) มีมากน้อยเท่าใด เพื่อให้สามารถคำนวณหาขนาดของระบบประปาสำหรับอนาคต ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีการทำนายจำนวนประชากรสำหรับอนาคตให้ได้อย่างใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด การทำนายจำนวนประชากรสูงเกินไปทำให้ระบบประปามีขนาดใหญ่และสิ้นเปลืองเกินความจำเป็น ส่วนการทำนายจำนวนประชากรน้อยเกินไปมีผลทำให้ได้ระบบประปาที่มีขนาดเล็กเกินไป และทำให้ต้องมีการขยายระบบประปาเร็วเกินกว่าที่คาดหมายไว้

วิธีทำนายประชากรในอนาคตมีหลายวิธี ดังจะกล่าวได้ต่อไปนี้ การจะเลือกวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของวิศวกรผู้ออกแบบ สิ่งที่วิศวกรควรจำแนกให้ออก คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรนั้นเกิดขึ้นตามธรรมชาติ (การเกิดและการตาย) หรือเกิดเพราะความจำเป็นจากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ (การอพยพ การหนีภัย ฯลฯ)

2.9.1 การทำนายประชากรระยะสั้น

1. Arithmatric Progression $dy/dt = k_a$ (การเพิ่มไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร)

โดยที่ $k_a = (y_1-y_e)/(t_1-t_e)$

สูตรที่ใช้คำนวณประชากร

Intercensal , $y_m = y_e + (y_1-y_e)(t_1-t_e) \;/\; (t_1-t_e)$

Postcensal , $y_m = y_1 + (y_1-y_e)(t_1-t_e) \;/\; (t_1-t_e)$

โดยที่ y_1 = จำนวนประชากรในปีปัจจุบัน

y_e = จำนวนประชากรในอดีต

k_a = อัตราการเพิ่มประชากร

y_m = ปีปัจจุบัน

2. Geomatric Progression $dy/dt = k_g y$ (การเพิ่มขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร,y)

โดยที่ $k_g = (\log y_1 - \log y_e)/(t_1 - t_e)$

สูตรที่ใช้ทำนายประชากร

Intercensal , $y_m = \log y_e + (\log y_1 - \log y_e)(t_1 - t_e) / (t_1 - t_e)$

Postcensal , $y_m = \log y_1 + (\log y_1 - \log y_e)(t_1 - t_e) / (t_1 - t_e)$

2.9.2 การทำนายประชากรระยะยาว

1. Graphical Comparision with Growth Curves of Similar or Lager Cities

วิธีนี้เป็นการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากร โดยการเปรียบเทียบกับเมืองหรือชุมชนอื่น ๆที่มีลักษณะใกล้เคียงกันทั้งในด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม

2. Logistic Curve Method

สูตรที่ใช้ทำนายประชากร

$$y = L/(1+me^{nt})$$

โดยที่ y = จำนวนประชากรที่ t วัดจากจุดเริ่ม

L = จำนวนประชากรสูงสุดที่อิ่มตัว

m , n = สปส. ที่ขึ้นอยู่กับ background ต่าง ๆและหาได้จากข้อมูลสำมะโนประชากร

ถ้าให้ $t_1 = 2t_0$ และ $t_2 = 3t_0$ คือมีระยะห่างเท่า ๆ กัน

หากรู้จำนวนประชากรที่เวลา t_0 , t_1 และ t_2 จะได้

$$L = \frac{2y_0y_1y_2 - y_1^2(y_0 + y_2)}{y_0y_2 - y_1^2}$$

โดยที่ $m = (L-y_0) / y_0$

$n = (1-t)\ln [y_0(L-y_1) / y_1(L-y_0)]$

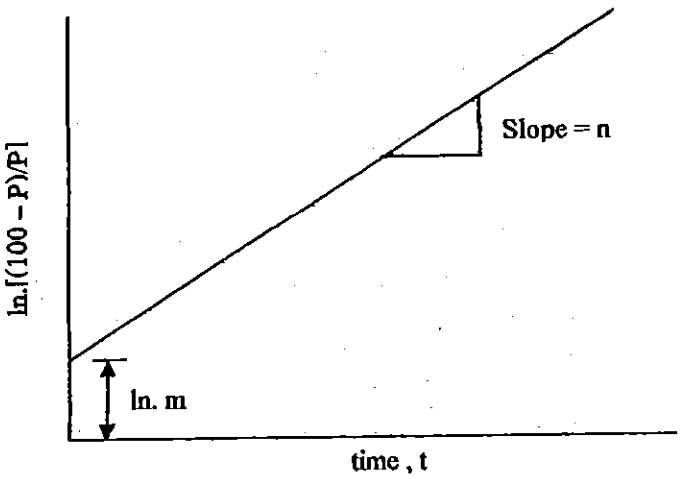
p = อัตราหรือระดับอิ่มตัวของประชากร = 100/L

เนื่องจาก $y = L/(1+me^{nt})$

ฉะนั้น $p = 100 / (1+me^{nt})$

หรือ $\ln. [(100-p)/p] = \ln.m+nt$

เมื่อพล็อต $\ln. [(100-p)/p]$ กับ t



รูปที่ 2.15 กราฟระหว่าง ln. [(100-p)/p] กับ t

ที่มา : มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ , 2542

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การดำเนินงานได้ทำการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

3.1.1 ตรวจวัดคุณภาพน้ำตั้งแต่น้ำดิบจนถึงผู้ใช้ โดยเก็บน้ำตัวอย่างเป็นเวลา 4 เดือน สัปดาห์เว้นสัปดาห์ รวมทั้งหมด 6 ครั้ง ดังนี้

ตารางที่ 3.1 วันที่เก็บน้ำตัวอย่าง

ครั้งที่	วันที่
1	10/11/53
2	24/11/53
3	8/12/53
4	12/01/54
5	26/01/54
6	9/02/54

3.1.2 จุดเก็บน้ำตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 5 จุด ได้แก่

- จุดที่ 1 เก็บตัวอย่างน้ำดิบ(ที่สูบขึ้นมาจากโรงสูบริมแม่น้ำน่าน)

รูปที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำดิบ

- จุดที่ 2 เก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากถังกรองช้า

รูปที่ 3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากถังกรองช้า

- จุดที่ 3 เก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน

รูปที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน

- จุดที่ 4 เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านถังทรายกรอง

รูปที่ 3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านถังทรายกรอง

- จุดที่ 5 เก็บตัวอย่างน้ำประปา

รูปที่ 3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำประปา

3.2 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำประปา

เก็บตัวอย่างน้ำประปาโดยใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง(grab sample) ใช้ขวดพลาสติกจำนวน 3 ขวด ขนาด 1.5 ลิตร สำหรับแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การดำเนินงานได้ทำการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยจะใช้พารามิเตอร์ในการวัดคุณภาพน้ำ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด

พารามิเตอร์	จุดเก็บน้ำตัวอย่าง				
	น้ำดิบ	น้ำที่ออกจากถังกวนช้า	น้ำที่ออกจากถังตกตะกอน	น้ำที่ผ่านถังทรายกรอง	น้ำประปา
1. อุณหภูมิ	✓	✓	✓	✓	✓
2. พีเอช	✓	✓	✓	✓	✓
3. ออกซิเจนละลายน้ำ	✓	✓	✓	✓	✓
4. ความขุ่น	✓	✓	✓	✓	✓
5. เหล็ก	✓	✓	✓	✓	✓
6. บีโอดี	✓	-	-	-	✓
7. ซัลเฟต	✓	✓	✓	✓	✓
8. คลอไรด์	✓	✓	✓	✓	✓
9. ของแข็งทั้งหมด	✓	✓	✓	✓	✓
10.ของแข็งแขวนลอย	✓	✓	✓	✓	✓
11. ไนไตรท	✓	✓	✓	✓	✓
12 ไนเตรท	✓	✓	✓	✓	✓
13 ความกระด้าง	✓	✓	✓	✓	✓

3.4 วิธีวิเคราะห์และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์

ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	เครื่องมือที่ใช้
1. อุณหภูมิ	Thermometer	Thermometer
2. พีเอช	Electrometric Method	pH meter
3. ออกซิเจนละลายน้ำ	เครื่องมือวัด	DO Meter
4. ความขุ่น	Nephelometric method	Spectrophotometer
5. เหล็ก	Phenanthrene	Vis- spectrophotometer
6. บีโอดี	Azide modification	ตู้อบ 20°C
7. ซัลเฟต	วิธีหาด้วยความขุ่น	เครื่องกวนผสมสารเคมีด้วยแม่เหล็ก
8. คลอไรด์	Titration Method	-
9. ของแข็งทั้งหมด	อบแห้งที่ 103-105° c	อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
10.ของแข็งแขวนลอย	การกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C	กรวยบุคเนอร์ ,เครื่องสูญญากาศ
11. ไนไตรท	Colorimetric analysis	Vis- spectrophotometer
12 ไนเตรท	Colorimetric analysis	Vis- spectrophotometer
13 ความกระด้าง	Titration Method	-

3.5 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

การดำเนินงานได้ทำการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับระบบผลิตน้ำประปาของโรงประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลกโดย

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบผลิตน้ำประปาและหน้าที่อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับระบบการผลิตน้ำประปา ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยสอบถามจากเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมระบบ
2. สำรวจขนาดของระบบประปาแต่ละถัง เพื่อนำมาคำนวณหาความสามารถของแต่ละถังบำบัด

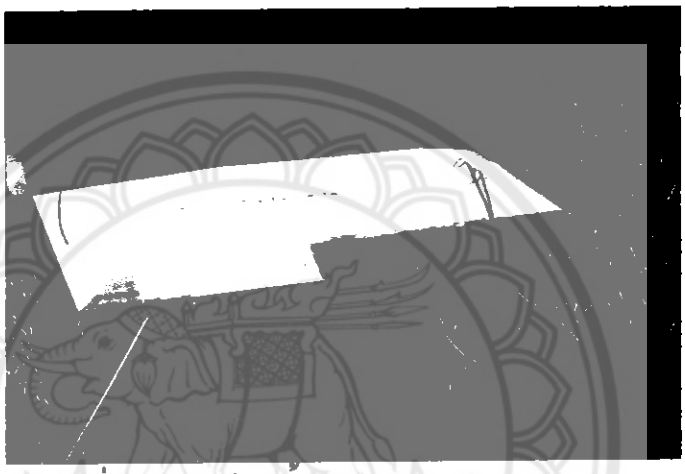
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ศึกษาระบบผลิตน้ำประปาหน่วยบริการวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

1. สถานีสูบน้ำ (Raw Water Pump House)

แหล่งน้ำดิบที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำประปาสูบน้ำดิบมาจากแม่น้ำน่าน ที่ไหลผ่านโรงผลิตประปา



รูปที่ 4.1 สถานีสูบน้ำ (Raw Water Pump House)

2. เครื่องสูบน้ำแรงดันต่ำ (Low Pressure Pump)

เครื่องสูบน้ำแรงต่ำขนาดกำลังสูบส่ง 42 ลิตรต่อวินาที แรงดัน 15 ม. เป็นแบบหอยโข่ง จำนวน 2 เครื่องต่อขนานกัน ทำหน้าที่สูบน้ำดิบไปยังระบบผลิตน้ำประปา โดยทำงานทีละ 1 เครื่อง สลับหมุนเวียนกันทำงาน

รูปที่ 4.2 เครื่องสูบน้ำแรงดันต่ำ (Low Pressure Pump)

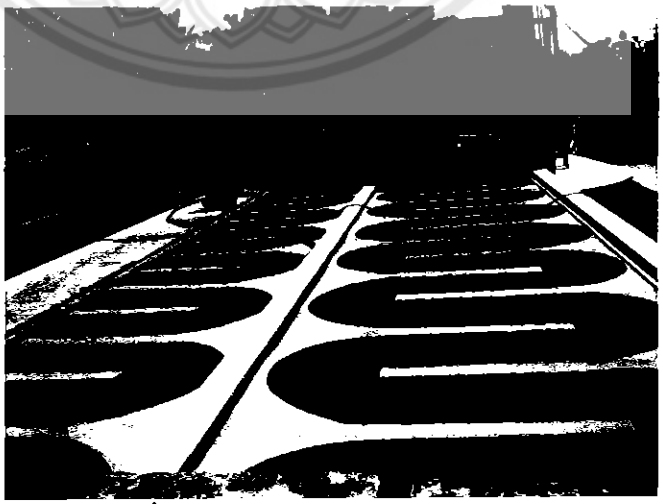
3. การทำลายเสถียรภาพของตะกอน (Coagulation)

สารที่ใช้ในการสร้างตะกอนคือ สารส้ม ซึ่งจะมีการเติมในขณะที่น้ำดิบไหลเข้าสู่ระบบก่อนเข้าสู่ถังกวนช้า เพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาคให้จับตัวกันเป็นตะกอนอย่างทั่วถึง ซึ่งนับเป็นการกวนโดยไม่ใช่เครื่องจักรกล แต่อาจจะมีข้อเสียคือทำให้เกิดความปั่นป่วนได้ไม่มากนัก

รูปที่ 4.3 การทำลายเสถียรภาพ (Coagulation)

4. การรวมตัวของตะกอน (Flocculation) ในถังกวนช้า

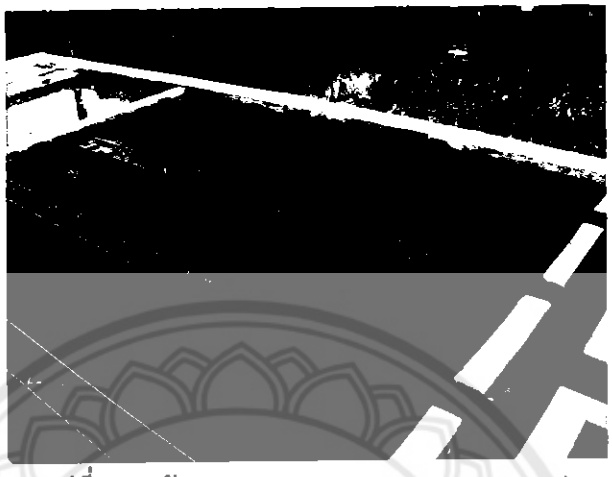
เมื่อน้ำและสารเคมีผสมกันดีแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือน้ำจะเข้าสู่ถังกวนช้าซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นกั้นขวางสลับกันทำให้น้ำไหลสลับไปมา ส่งผลให้ความปั่นป่วนของน้ำค่อย ๆลดลงจากต้นถังไปยังท้ายถัง เพื่อไม่ให้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเกิดการแตกตัวก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอน



รูปที่ 4.4 ถังกวนช้า (Slow mixing tank)

5. ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank)

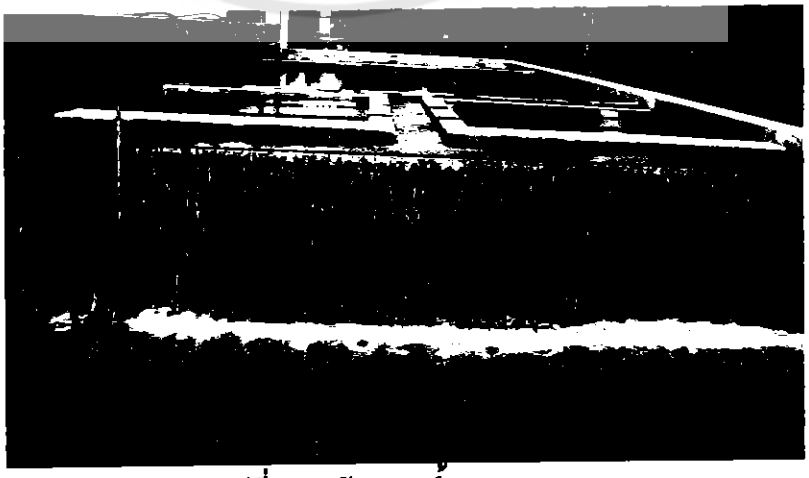
ทำหน้าที่แยกตะกอนจากน้ำดิบทำให้น้ำใส ซึ่งโรงประปาหน่วยบริการวังทอง ใช้ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบไหลในแนวนอน(Horizontal flow) ขนาด 9.75×5×3 เมตร จำนวน 1 ถัง และมีท่อตกตะกอน (tube settler) ติดตั้งในถัง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 2.5 นิ้ว



รูปที่ 4.5 ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank)

6. การกรองน้ำ (Filtration)

การกรองน้ำเป็นกระบวนการทำให้น้ำสะอาด โดยการกรองเป็นขั้นสุดท้ายที่จะกำจัดสารซึ่งไม่สามารถตกตะกอนได้ โดยการกักสารเหล่านั้นไว้บนผิวหน้าของสารกรอง (Filter media) โดยสารกรองที่ใช้คือ ทรายหยาบเบอร์ 1 และ Anthracite หนา 1.5 เมตร ซึ่งจะยอมให้น้ำเท่านั้นที่ผ่านช่องว่าง (void) ของตัวกรอง ดังนั้นสารแขวนลอยต่างๆ เช่น ตะกอนเบาที่ไม่ยอมให้ตกตะกอน สารคอลลอยด์ ตะกอนของเหล็กแมงกานีส สาหร่าย แบคทีเรีย และไวรัส จะถูกกักไว้ โดยถังกรองมีขนาด 3×5×3 เมตร



รูปที่ 4.6 ถังกรองน้ำ (Filtration tank)

7. การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคจะเป็นกระบวนการสุดท้ายภายหลังการกรองน้ำก็จะนำมาฆ่าเชื้อโรคซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคเกือบทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบน้ำประปา โดยกระบวนการฆ่าเชื้อโรคของโรงผลิตประปาหน่วยบริการวังทองใช้ก๊าซคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา โดยมีชุดผสมก๊าซคลอรีนให้ละลายในน้ำ แล้วจึงสูบเข้าไปในท่อ

รูปที่ 4.7 การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

8. ถังน้ำใส (Clear Well)

ถังน้ำใสเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็กรูปทรงกลม ขนาดความจุ 500 ลูกบาศก์เมตร ทำหน้าที่เก็บน้ำที่ผ่านการกรองแล้วเพื่อรอสูบขึ้นไปเก็บไว้บนถังสูง อีกทั้งในถังน้ำใสนี้ยังมีจุดเติมคลอรีน (Post Chlorination) เพื่อกำจัดเชื้อโรคอีกด้วย

รูปที่ 4.8 ถังน้ำใส (Clear Well)

9. ปั๊มสูบน้ำแรงดันสูงขึ้นถังน้ำสูงและแจกจ่าย

ปั๊มสูบน้ำขึ้นถังสูงเป็นแบบหอยโข่ง อัตราการสูบน้ำ 33 ลิตรต่อวินาที จำนวน 3 เครื่อง ต่อขนานกัน สูบน้ำดิบแจกจ่ายชุมชนและขึ้นถังสูงโดยทำงานทีละเครื่อง เครื่องละ 8 ชั่วโมง สลับหมุนเวียนกันใช้ตามลำดับ

รูปที่ 4.9 ปั๊มสูบน้ำแรงดันสูง

10. หอถังสูง (High tower tank)

ทำหน้าที่เก็บน้ำประปาที่สูบขึ้นมาจากถังน้ำใสเพื่อทำให้เกิดแรงดันน้ำในการจ่ายให้บริการไปได้ไกลและให้บริการแก่ประชาชนได้อย่างทั่วถึง

รูปที่ 4.10 หอถังสูง (High tower tank)

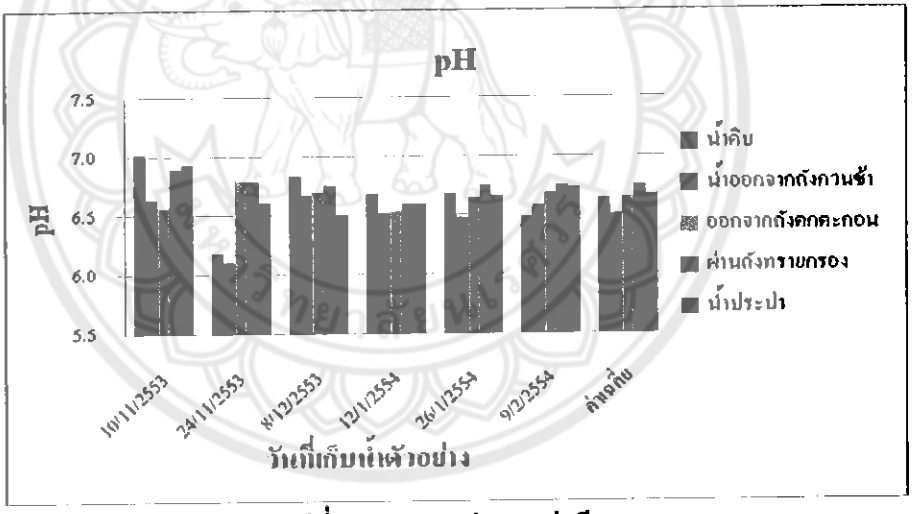
4.2 ศึกษาคุณภาพของน้ำประปา

จากการเก็บตัวอย่างน้ำนำมาทดลองวิเคราะห์ จะแสดงผลในรูปของกราฟและวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

พีเอช

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพีเอชของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	7.02	6.19	6.84	6.68	6.68	6.49	6.65
น้ำออกจากถังกวนช้า	6.64	6.11	6.67	6.52	6.49	6.58	6.50
น้ำออกจากถังตกตะกอน	6.57	6.80	6.70	6.54	6.65	6.69	6.66
น้ำผ่านถังทรายกรอง	6.89	6.79	6.76	6.60	6.76	6.76	6.76
น้ำประปา	6.94	6.61	6.51	6.60	6.67	6.74	6.68



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าพีเอช

วิเคราะห์ผลการทดลอง

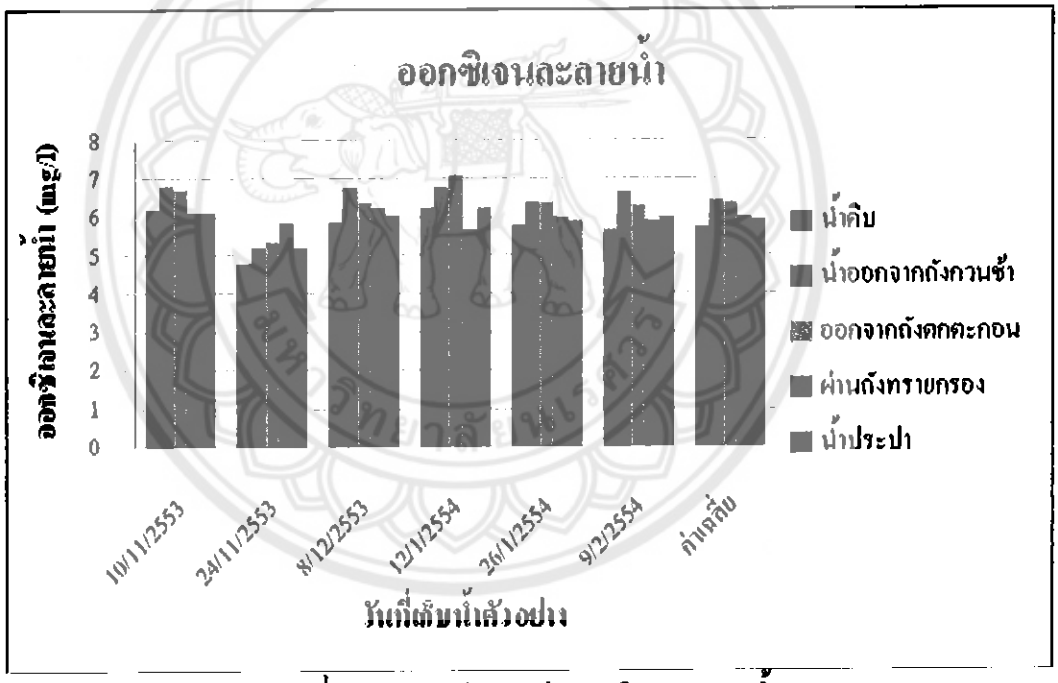
จากผลการทดลองการหาพีเอชของน้ำดิบหน่วยบริการวังทองซึ่งเป็นน้ำผิวดินพบว่าค่าพีเอชอยู่ในเกณฑ์ปกติ ระหว่าง 5.0-9.0 ตามค่ามาตรฐานน้ำผิวดินในประเทศไทย แต่การเติมสารส้มทำให้พีเอชมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆหากน้ำดิบมีความเป็นด่างไม่เพียงพอ เนื่องจากสารส้ม ($(Al_2(SO_4)_3)$) นั้น สามารถเพิ่มความเป็นกรดได้

พีเอชของน้ำประปาที่ระบบสามารถผลิตได้นั้นก็อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาคอยู่ในช่วงระหว่าง 6.5-8.5

ออกซิเจนละลายน้ำ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	6.20	4.79	5.88	6.23	5.78	5.69	5.76
น้ำออกจากถังกวนช้า	6.80	5.22	6.79	6.77	6.40	6.68	6.44
น้ำออกจากถังตกตะกอน	6.74	5.36	6.40	7.13	6.41	6.32	6.39
น้ำผ่านถังทรายกรอง	6.13	5.88	6.26	5.69	5.99	5.89	5.97
น้ำประปา	6.13	5.21	6.07	6.25	5.92	6.02	5.93



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำ

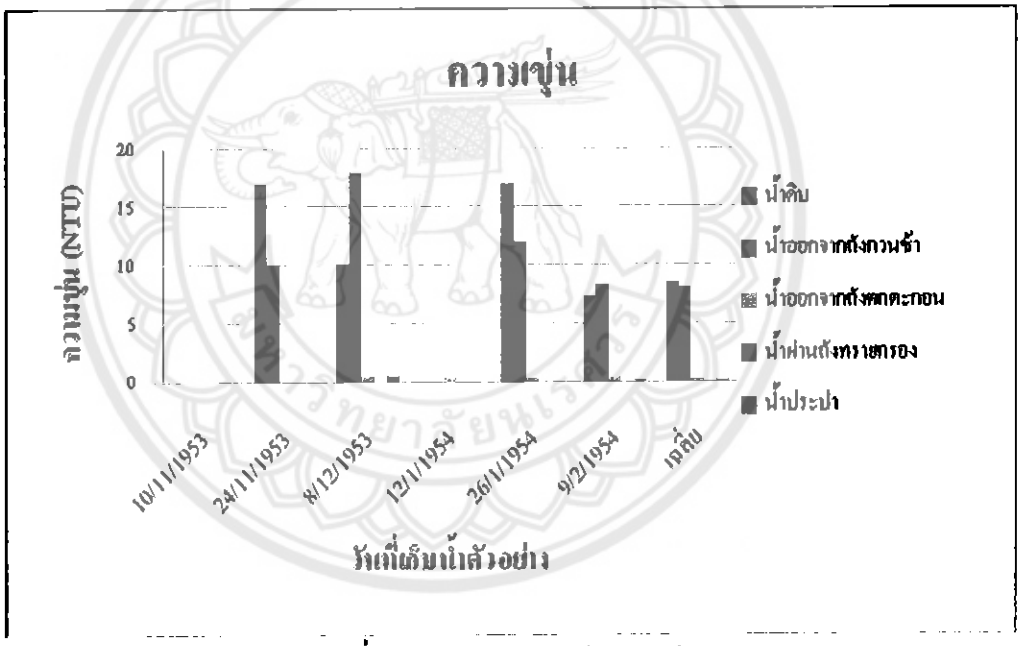
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองเพื่อหาค่าออกซิเจนละลายน้ำ พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 4-7 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดได้ว่ามีออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมาก ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ซึ่งต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำ $\geq$ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความขุ่น

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความขุ่นของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	0	17.000	10.000	0	17.000	7.333	8.555
น้ำออกจากถังกวนช้า	0	10.000	18.000	0	12.000	8.333	8.055
น้ำออกจากถังตกตะกอน	0	0	0.500	0.400	0.400	0.300	0.267
น้ำผ่านถังทรายกรอง	0	0	0	0	0	0	0
น้ำประปา	0	0	0.500	0	0	0.083	0.097



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าความขุ่น

วิเคราะห์ผลการทดลอง

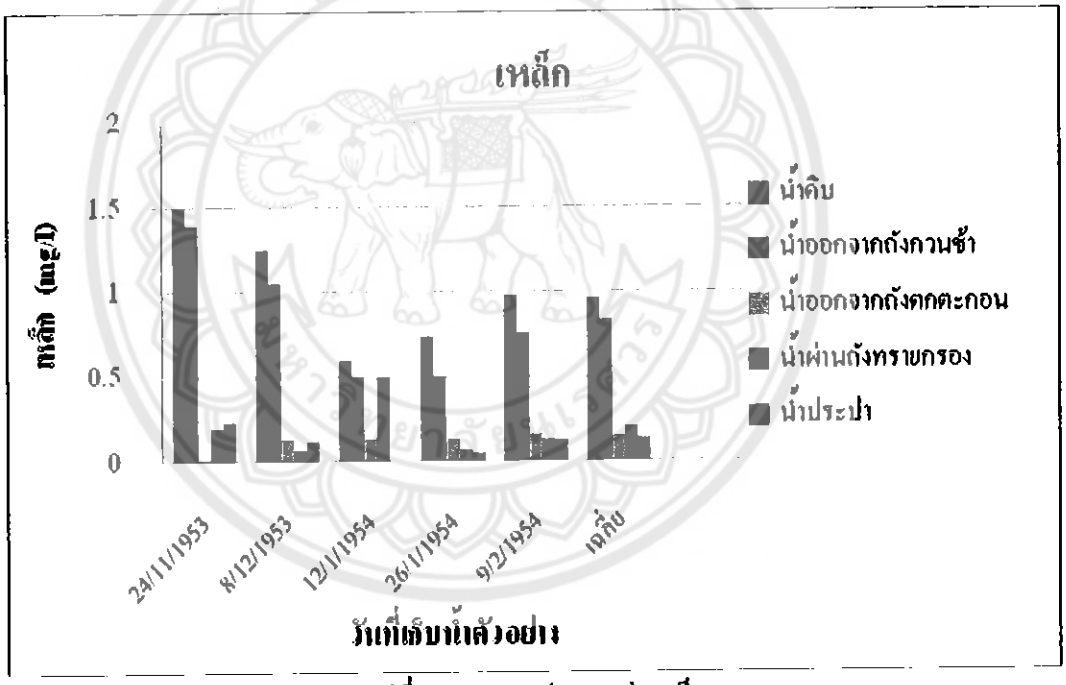
จากผลการทดลองการหาค่าความขุ่นของน้ำแต่ละครั้งมีค่าที่แตกต่างกัน จากการเก็บครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 6 เป็นวันที่มีฝนตก ทำให้ค่าความขุ่นในน้ำดิบมีค่าสูงมาก(7-18 NTU) เมื่อผ่านกระบวนการเติมสารเคมีและขั้นตอนการผลิตน้ำประปาทำให้น้ำมีค่าความขุ่นลดลงมากจนเป็นศูนย์

ค่าความขุ่นของน้ำประปาที่ระบบสามารถผลิตได้นั้นอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าไม่เกิน 5 NTU.

เหล็ก

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเหล็กของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	0.740	1.500	1.260	0.600	0.740	0.983	0.971
น้ำออกจากถังกวนช้า	0.800	1.400	1.060	0.510	0.510	0.760	0.840
น้ำออกจากถังตกตะกอน	0.340	0.020	0.140	0.140	0.140	0.163	0.157
น้ำผ่านถังทรายกรอง	0.280	0.200	0.070	0.50	0.070	0.135	0.209
น้ำประปา	0.300	0.240	0.120	0	0.050	0.127	0.140



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าเหล็ก

วิเคราะห์ผลการทดลอง

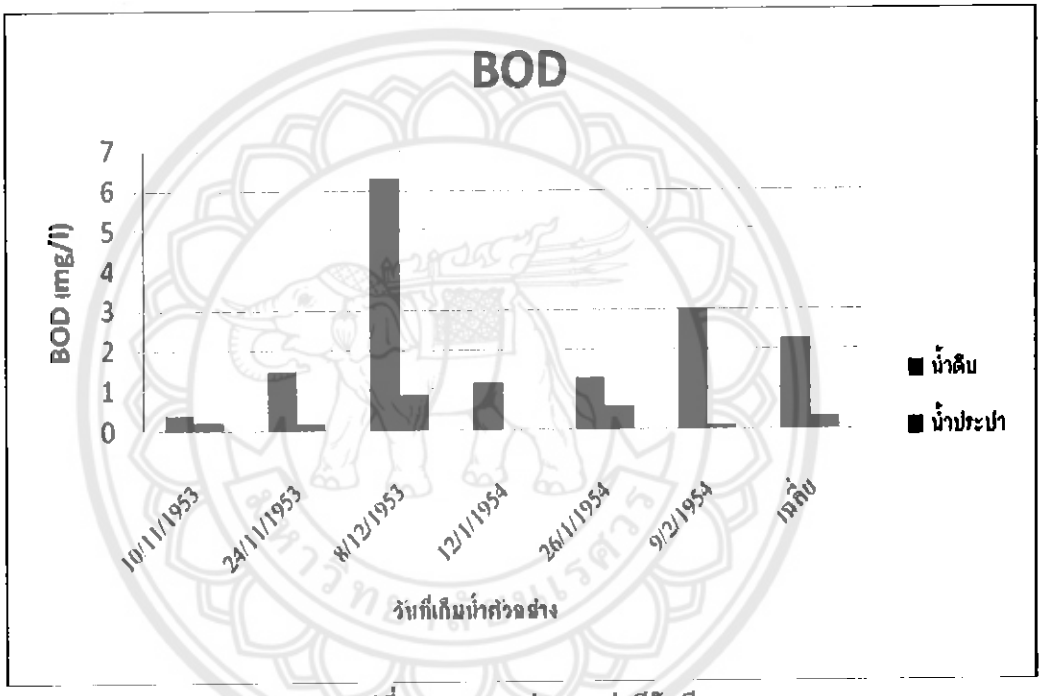
จากผลการทดลองการหาค่าเหล็กในน้ำดิบพบว่ามีปริมาณสูง(0.6 – 1.5 mg/l) ทำให้น้ำมีกลิ่นและเป็นสีแดงและเมื่อผ่านขั้นตอนการทำน้ำประปาพบว่าค่าเหล็กในน้ำมีค่าลดลง

ค่าเหล็กในน้ำของน้ำประปาที่ผลิตได้มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานซึ่งกำหนดปริมาณไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

บีโอดี

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าบีโอดีของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	0.400	1.500	6.300	1.200	1.300	3.000	2.283
น้ำประปา	0.220	0.200	0.900	0	0.600	0.100	0.337



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าบีโอดี

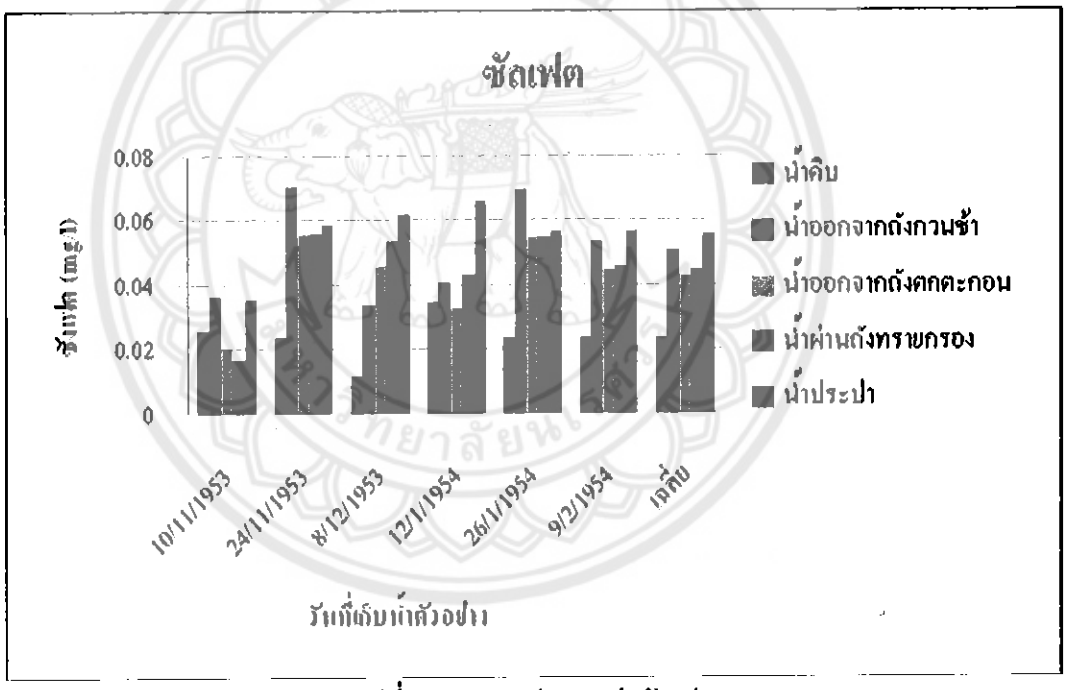
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง การหาค่าบีโอดีพบว่าในช่วงการเก็บน้ำตัวอย่างครั้งที่ 3 เป็นช่วงที่ฝนตก นั้นช่วงนี้จึงมีค่าบีโอดีสูงกว่าทุกครั้งที่ค่าที่ได้จากการทดลองไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของน้ำผิวดิน ประเภท 4 มีค่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

ซัลเฟต

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าซัลเฟตของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	0.026	0.024	0.012	0.035	0.024	0.024	0.024
น้ำออกจากถังกวนช้า	0.037	0.071	0.034	0.041	0.070	0.054	0.051
น้ำออกจากถังตกตะกอน	0.020	0.056	0.046	0.033	0.055	0.045	0.043
น้ำผ่านถังทรายกรอง	0.017	0.056	0.054	0.043	0.055	0.046	0.045
น้ำประปา	0.036	0.059	0.062	0.066	0.057	0.057	0.056



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าซัลเฟต

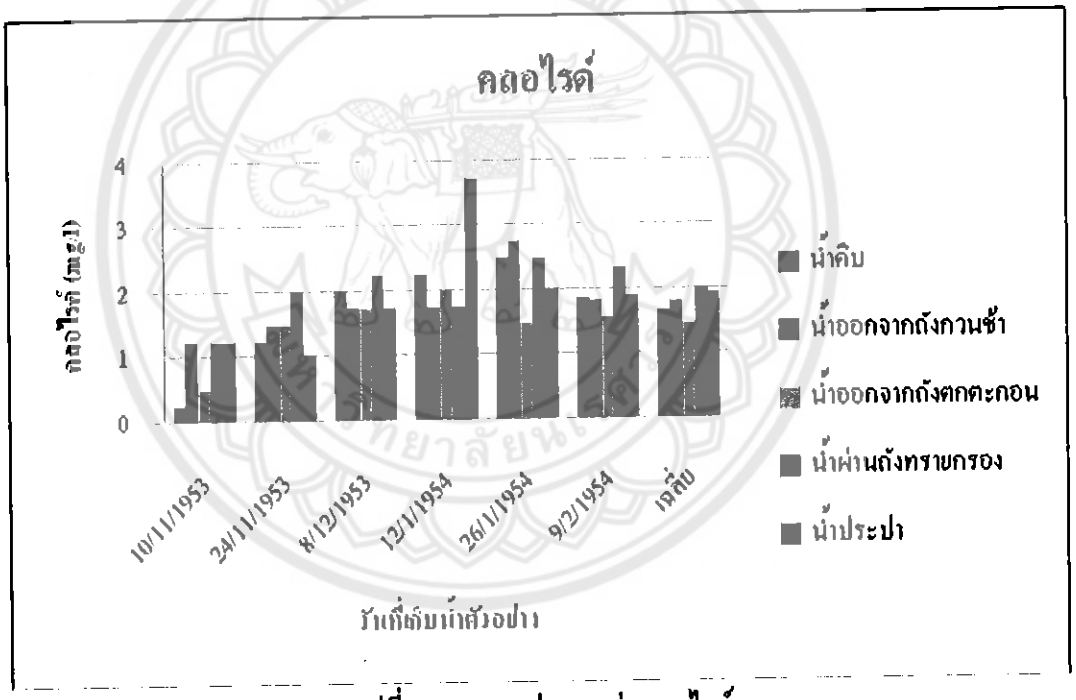
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองการหาค่าซัลเฟตของน้ำตัวอย่างพบว่า มีค่าน้อยมากและมีความผันผวนบ้างเล็กน้อย ซึ่งน้ำประปาที่ผลิตได้มีค่าตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าควรมีค่าซัลเฟตไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำประปา

คลอไรด์

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าคลอไรด์ของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	0.2503	1.2514	2.0022	2.2525	2.5028	1.8771	1.6894
น้ำออกจากถังกวนช้า	1.2514	1.5017	1.7519	1.7519	2.7530	1.8354	1.8076
น้ำออกจากถังตกตะกอน	0.5006	1.5017	1.7519	2.0022	1.5017	1.5851	1.4739
น้ำผ่านถังทรายกรอง	1.2514	2.0022	2.2525	1.7519	2.5028	2.3359	2.0161
น้ำประปา	1.2514	1.0011	1.7519	3.7541	2.0022	1.9188	1.9466



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าคลอไรด์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

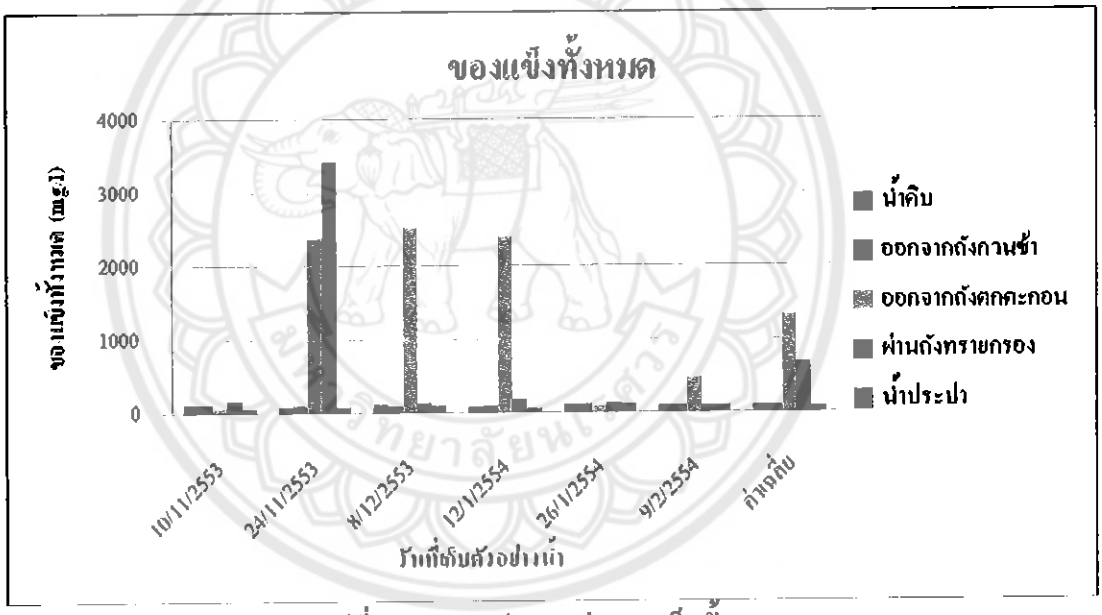
จากผลการทดลองการหาคลอไรด์ในน้ำตัวอย่างพบว่า คลอไรด์ในน้ำดิบจนถึงน้ำประปามีค่าน้อยมาก (0.25 – 3.75 mg/l) และมีการแปรปรวนบ้างตามสภาพน้ำดิบ

ค่าคลอไรด์ที่ทำการวิเคราะห์ได้มีค่าตามที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานการประปาส่วนภูมิภาค ควรมีค่าไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/ลิตร

ของแข็งทั้งหมด

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	102.67	80.00	99.33	78.67	100.00	94.00	92.44
น้ำออกจากถังกวนช้า	112.00	82.67	86.67	88.00	104.67	97.33	95.22
น้ำออกจากถังตกตะกอน	67.33	2370.67	2518.67	2388.67	82.67	458.00	1314.33
น้ำผ่านถังทรายกรอง	167.33	3407.33	120.00	171.33	125.33	80.67	678.67
น้ำประปา	47.33	75.33	90.67	61.33	98.67	88.00	76.89



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าของแข็งทั้งหมด

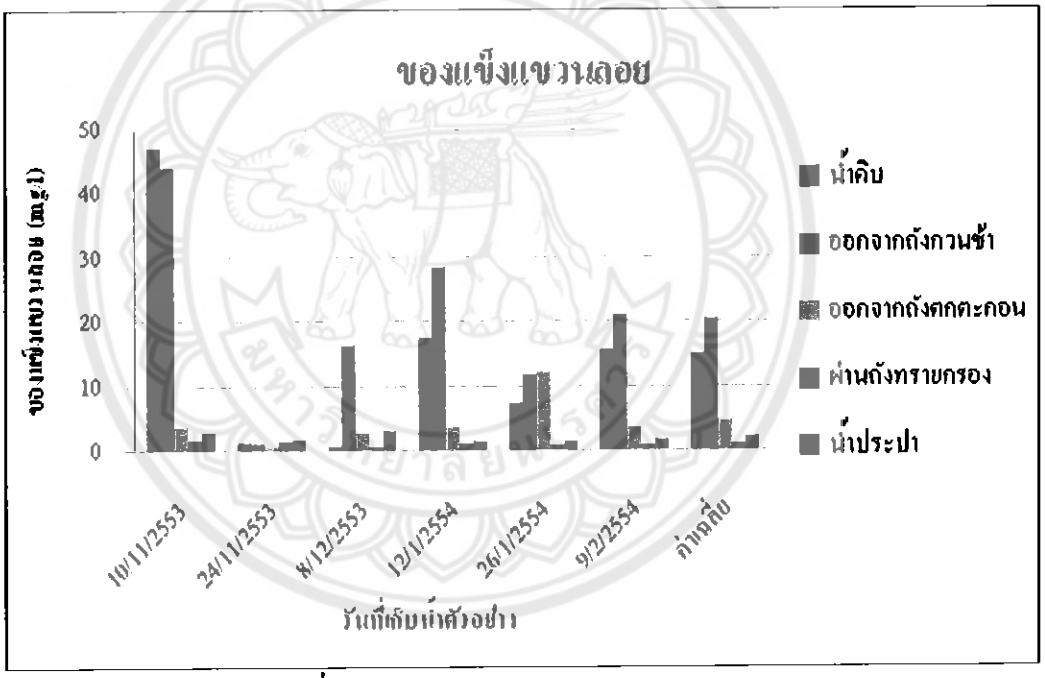
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองการค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำพบว่า ในบางครั้งพบว่าน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนของการตกตะกอนที่ไม่มีการทำความสะอาดถังตกตะกอนที่มีตะกอนค้างอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคที่ค่าไม่เกิน 600 มิลลิกรัมต่อลิตร

ของแข็งแขวนลอย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	47	1.2	0.4	17.4	7.2	15.6	14.80
น้ำออกจากถังกวนช้า	44	1	16.2	28.4	11.6	21	20.37
น้ำออกจากถังตกตะกอน	3.6	0.6	2.8	3.6	12.2	3.6	4.40
น้ำผ่านถังทรายกรอง	1.6	1.4	0.4	0.8	0.6	0.6	0.90
น้ำประปา	2.6	1.6	3	1.4	1.4	1.6	1.93



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าของของแขวนลอย

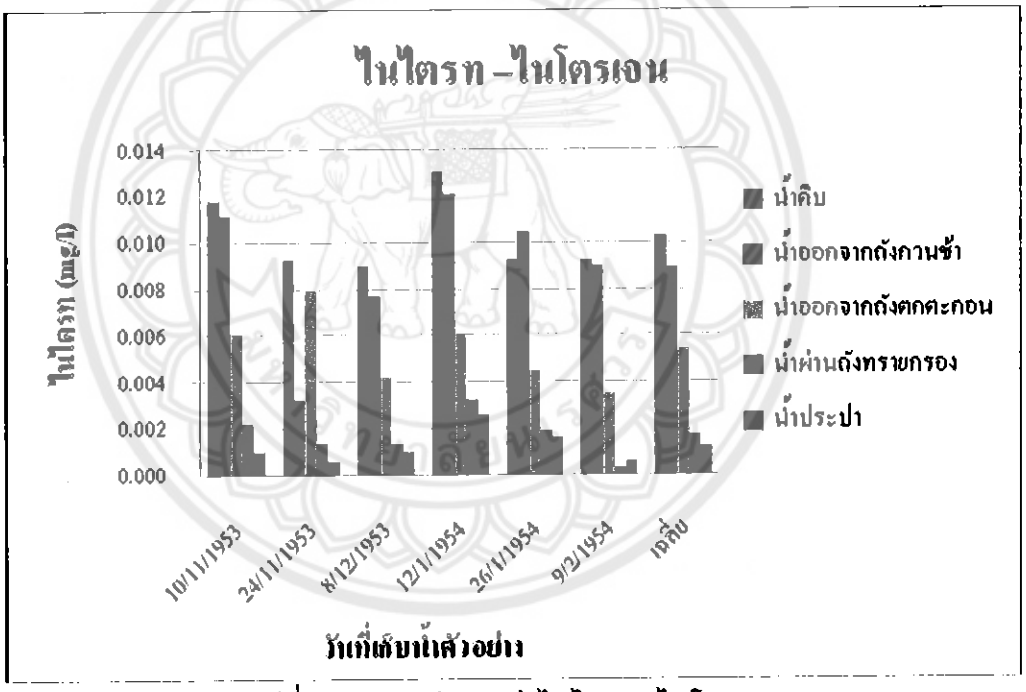
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองการหาค่าของแข็งแขวนลอยพบว่า บางครั้งน้ำที่ออกจากจากถังกรองช้ามีของแข็งแขวนลอยมากกว่าในน้ำดิบ เนื่องจากน้ำได้ผ่านกระบวนการเติมสารส้มเพื่อช่วยในการจับตัวของตะกอนทำให้มีของแข็งแขวนลอยเพิ่มมากขึ้น แต่ในน้ำประปาจะมีของแข็งแขวนลอยค่อนข้างน้อย (1.4-3 mg/l)

ไนไตรท –ไนโตรเจน

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าไนไตรท –ไนโตรเจนของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	0.012	0.009	0.009	0.013	0.009	0.009	0.010
น้ำออกจากถังกวนช้า	0.011	0.003	0.008	0.012	0.011	0.009	0.009
น้ำออกจากถังตกตะกอน	0.006	0.008	0.004	0.006	0.005	0.004	0.005
น้ำผ่านถังทรายกรอง	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.002
น้ำประปา	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าไนไตรท –ไนโตรเจน

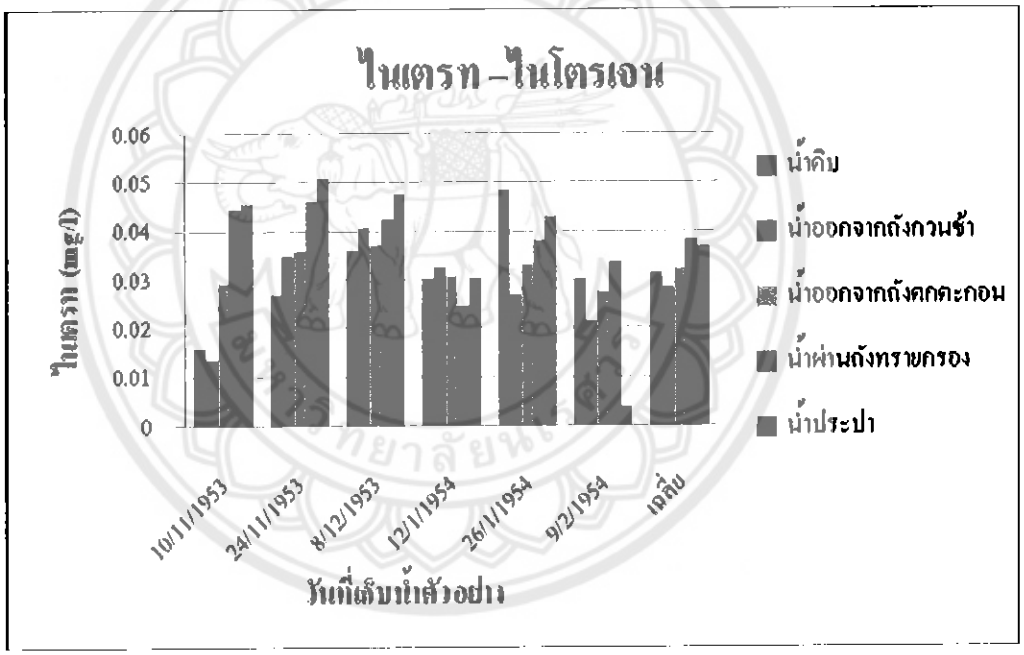
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองการหาค่าไนไตรท-ไนโตรเจนพบว่า น้ำดิบมีค่าไนไตรทน้อยมากเฉลี่ยเท่ากับ 0.01 mg/l และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อผ่านกระบวนการขั้นตอนต่าง ๆของระบบผลิตน้ำประปา ในแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะมีไนไตรทในปริมาณที่ต่ำจึงจะไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพโดยตรง

ไนเตรท –ไนโตรเจน

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าไนเตรท –ไนโตรเจนของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	0.016	0.027	0.036	0.030	0.049	0.030	0.031
น้ำออกจากถังกวนช้า	0.014	0.035	0.041	0.033	0.027	0.022	0.028
น้ำออกจากถังตกตะกอน	0.029	0.036	0.037	0.031	0.033	0.028	0.032
น้ำผ่านถังทรายกรอง	0.045	0.046	0.043	0.025	0.038	0.034	0.038
น้ำประปา	0.046	0.051	0.048	0.031	0.043	0.004	0.037



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าไนเตรท –ไนโตรเจน

วิเคราะห์ผลการทดลอง

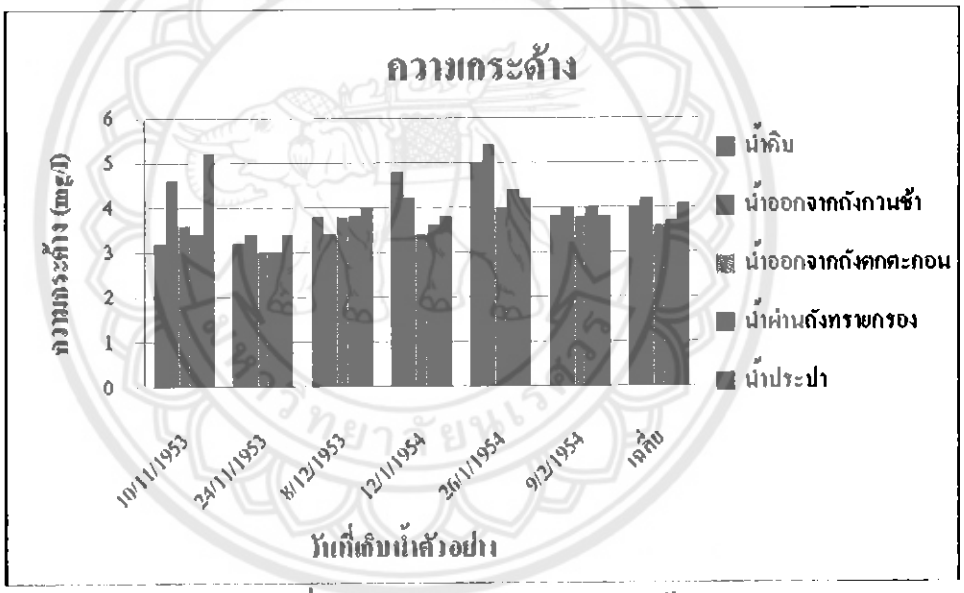
จากผลการทดลองการหาค่าไนเตรท-ไนโตรเจนพบว่า น้ำดิบและน้ำในขั้นตอนต่าง ๆ มีค่าไนเตรทน้อยมากและไม่แตกต่างกันมากนัก น้ำผิวดินตามธรรมชาติแล้วจะมีค่าไนเตรทไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

ค่าไนเตรทที่ได้อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานของน้ำประปาที่ 11.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (as N)

ความกระด้าง

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความกระด้างของน้ำตัวอย่าง

วันที่ / จุดเก็บ	10/11/53	24/11/53	8/12/53	12/01/54	26/01/54	9/02/54	เฉลี่ย
น้ำดิบ	3.2	3.2	3.8	4.8	5	3.8	4
น้ำออกจากถังกวนช้า	4.6	3.4	3.4	4.2	5.4	4.0	4.2
น้ำออกจากถังตกตะกอน	3.6	3.0	3.8	3.4	4.0	3.8	3.6
น้ำผ่านถังทรายกรอง	3.4	3.0	3.8	3.6	4.4	4.0	3.7
น้ำประปา	5.2	3.4	4.0	3.8	4.2	3.8	4.1



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าความกระด้าง

วิเคราะห์ผลการทดลอง

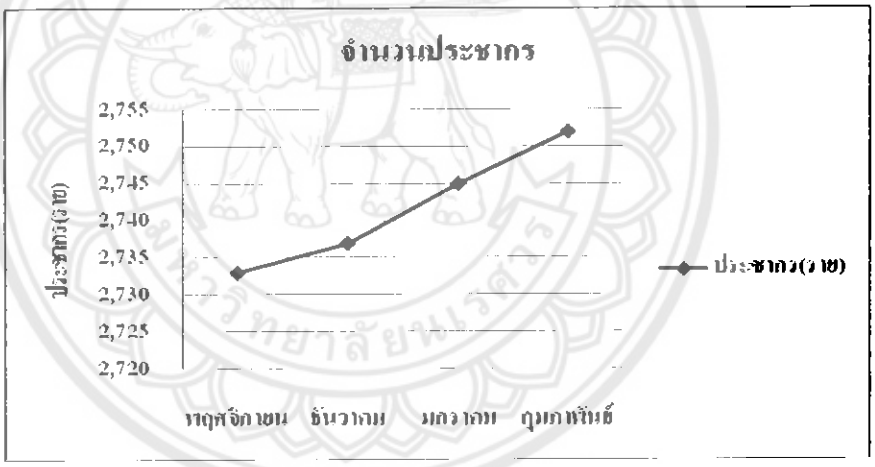
จากผลการทดลอง น้ำดิบมีค่าความกระด้างน้อยมากในช่วง 3.2 – 5.4 mg/l น้ำในขั้นตอนต่าง ๆมีความกระด้างไม่ต่างกันมากนัก เนื่องจากระบบประปาไม่ได้มีความสามารถในการกำจัดความกระด้าง น้ำประปาที่ผลิตได้จัดว่าเป็นน้ำอ่อน โดยปริมาณความกระด้างของน้ำมีค่าระหว่าง 0-75 mg/l ($asCaCO_3$)

4.3 ศึกษาอัตราการใช้น้ำของระบบผลิตน้ำประปาอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

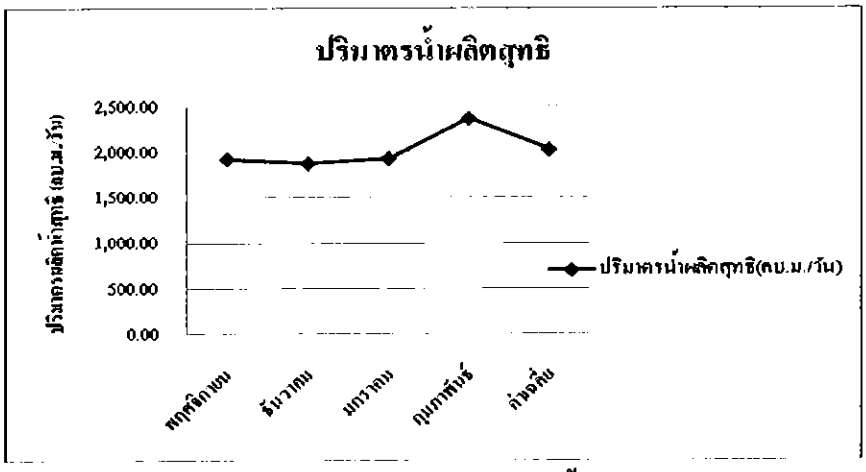
อัตราการใช้น้ำ

ตารางที่ 4.13 แสดงอัตราการใช้น้ำประชากรในหน่วยบริการวังทอง

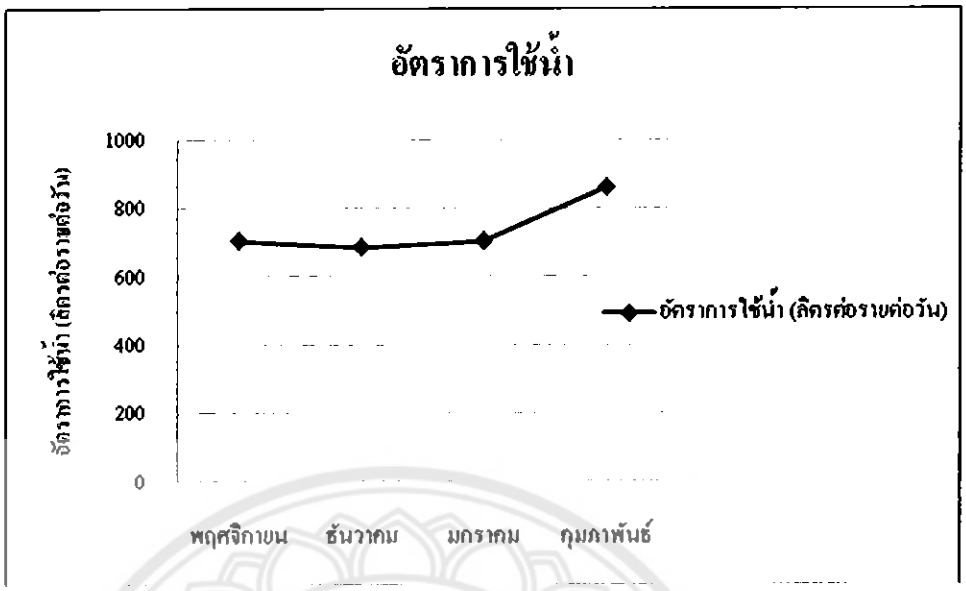
เดือน	ปี พ.ศ.	ประชากร(ราย)	ปริมาตรน้ำผลิตสุทธิ(ลบ.ม./วัน)	อัตราการใช้น้ำ (ลิตรต่อรายต่อวัน)
พฤศจิกายน	2553	2,733	1,927.57	705.295
ธันวาคม	2553	2,737	1,880.03	686.894
มกราคม	2554	2,745	1,933.81	704.485
กุมภาพันธ์	2554	2,752	2,372.96	862.267
เฉลี่ย		2,742	2,028.59	739.735



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าจำนวนประชากร



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าปริมาตรน้ำผลิตสุทธิ



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าอัตราการใช้น้ำ

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการใช้น้ำเดือนกุมภาพันธ์ 2554

อัตราในการสูบจ่ายเฉลี่ย = 2,372.96 ลบ.ม./วัน

$$\text{อัตราการใช้(ลิตรต่อคนต่อวัน)} = \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำ x วัน}}{\text{จำนวนประชากร}}$$

$$= \frac{2{,}372.96 \times 1000}{2{,}752}$$

= 862.267 ลิตรต่อรายต่อวัน

ฉะนั้น ในปี 2554 มีอัตราการใช้น้ำ 862.267 ลิตรต่อคนต่อวัน

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลคุณภาพน้ำตัวอย่าง

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำตัวอย่างของระบบผลิตน้ำประปาหน่วยบริการวังทอง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองเมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บน้ำตัวอย่าง

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 4	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 6
พีเอช	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ความขุ่น	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
เหล็ก	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ซัลเฟต	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
คลอไรด์	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ไนเตรท	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ความกระด้าง	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

สรุป

จากตารางที่ 5.1 ผลการทดลองที่ได้พบว่า ตัวอย่างน้ำที่ทำการเก็บทั้งหมด 6 ครั้ง เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ในแต่ละพารามิเตอร์พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำประปาส่วนภูมิภาคทั้งหมด

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยของแหล่งน้ำดิบเทียบกับมาตรฐานของน้ำผิวดินและน้ำดิบ

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยน้ำดิบจากแม่น้ำน่าน	มาตรฐานน้ำผิวดิน*		มาตรฐานน้ำดิบ**
		มาตรฐาน	ประเภท	
พีเอช	6.65	5.0-9.0	2-4	-
ออกซิเจนละลายน้ำ	5.76	2.0-6.0	2-4	-
เหล็ก	0.983	-	-	ไม่เกิน 50
บีโอดี	2.28	1.5-4.0	2-4	ไม่เกิน 0.5
ไนเตรท	0.0053	5.0	2-4	ไม่เกิน 10.2

* อ้างอิงจากตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

** อ้างอิงจากตารางที่ 2.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก

สรุป

จากตารางที่ 5.2 ผลการทดลองที่ได้พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำดิบในแต่ละพารามิเตอร์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำผิวดินและเกณฑ์มาตรฐานน้ำดิบทั้งหมด

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำประปาเทียบกับมาตรฐานของน้ำประปาส่วนภูมิภาค

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยน้ำประปา	มาตรฐานน้ำประปา*	ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
พีเอช	6.68	6.5-8.5	ผ่าน
ความขุ่น	0.083	5	ผ่าน
เหล็ก	0.127	0.3	ผ่าน
ซัลเฟต	0.057	250	ผ่าน
คลอไรด์	1.92	250	ผ่าน
ของแข็งทั้งหมด	0.0769	600	ผ่าน
ไนเตรท	0.0046	11.3	ผ่าน
ความกระด้าง	4.0667	300	ผ่าน

*อ้างอิงจากตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

สรุป

จากตารางที่ 5.3 ผลการทดลองที่ได้พบว่า ค่าจากผลการทดลองของแต่ละพารามิเตอร์ที่ได้ทำการตรวจวัดนั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

5.2 ประสิทธิภาพการบำบัด

ตารางที่ 5.4 แสดงประสิทธิภาพการบำบัด

พารามิเตอร์	ก่อนการบำบัด	หลังการบำบัด	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)
ความขุ่น	7.333	0.083	98.868
เหล็ก	0.983	0.127	87.080
บีโอดี	2.28	0.55	75.877
ของแข็งทั้งหมด	92.4	76.89	16.786
ของแข็งแขวนลอย	14.8	1.93	86.959

สรุป

จากตารางที่ 5.4 ผลการทดลองที่ได้พบว่า ระบบผลิตน้ำประปามีประสิทธิภาพในการบำบัดเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ความขุ่น 98.868% เหล็ก 87.080% ของแข็งแขวนลอย 86.959% บีโอดี 75.877% และของแข็งทั้งหมด 16.786%

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีถังสัมผัสคลอรีนเนื่องจากจะช่วยให้ก๊าซคลอรีนได้มีเวลาฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้มากกว่าการฉีดเข้าเส้นท่อโดยตรง
2. ควรมีการเก็บและวิเคราะห์น้ำเปรียบเทียบทั้ง 3 ฤดู เพราะสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลอาจมีผลต่อการเก็บน้ำมาตรวจวิเคราะห์ผล
3. อาจมีมาตรวัดน้ำเพื่อช่วยประเมินอัตราการผลิตน้ำประปาได้ชัดเจน
4. ควรทำการวิเคราะห์หาการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และโลหะหนักในน้ำ

บรรณานุกรม

[1] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์.วิศวกรรมการประปา.พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์ ,2549

[2] การประปานครหลวง: http://www.mwa.co.th/water_technology1.html

[3] การประปาส่วนภูมิภาค: http://reg10.pwa.co.th/pwa10/Knowledge/StandWaterUse.php

[4] ข้อมูลประชากร: http://www.dopa.go.th/xstat/popyear.html

[5] มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่มที่1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

[6] มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. วิศวกรรมการประปาเล่มที่2. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาวสุชัญญา เรืองรอง

ภูมิลำเนา 28/2 ม.7 ต.วังขนาย อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนแคมป์สนวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: panama_him@hotmail.com

ชื่อ นางสาวสุภาวรรณ ศรีรัตนา

ภูมิลำเนา 177 หมู่ 4 ต. ทุ่งฝาย อ. เมือง จ. ลำปาง

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: vanilla_i-tim.gang@hotmail.com

ชื่อ นางสาวชนิดา อกตัน

ภูมิลำเนา 73 หมู่ 5 ต. ลำปางหลวง อ. เกาะ จ. ลำปาง

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน อรุโณทัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: cake_kluayhom@hotmail.com