



การศึกษาประสิทธิภาพระบบผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลของตำบลวัดจันทร์  
 The Efficiency Study of Ground water Treatment Plant at Tampon  
 Watchan

นายปวีรบรรต บุญนักรหัส 52364636  
 นางสาวนฤมล เทียงเอมรหัส 52364582

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
 สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร  
 ปีการศึกษา 2555

ห้องสมุด คณะวิศวกรรมศาสตร์  
 วันที่รับ..... - 7. ส.ค. 2556  
 เลขทะเบียน..... 16340301  
 เลขเรียกหนังสือ..... ๕๕.  
 มทส. ๒๕๕๖ ๗ ๕๖1 ๑

255๕



## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ	การศึกษาประสิทธิภาพระบบผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลของตำบลวัดจันทร์		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายปริวรรต	บุญนิก	รหัส 52364636
	นางสาวนฤมล	เที่ยงเอม	รหัส 52364582
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์วรงค์ลักษณ์	ช่อนกลิ่น	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2555		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(นางสาววรงค์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น)

.....กรรมการ  
(นายอำพล เตโชวานิชย์)

.....กรรมการ  
(ดร.อนุปол เพ็ญรัตน์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การศึกษาประสิทธิภาพพระบบผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลของตำบลวัดจันทร์		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายปวิวรรต	บุญนิก	รหัส 52364636
	นางสาวนฤมล	เพียงแอม	รหัส 52364582
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์วรางค์ลักษณ์	ช่อนกลิ่น	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2555		

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาประสิทธิภาพการผลิตน้ำประปาจากบาดาลขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบผลิตและในเส้นท่อ ทั้งหมด 6 แห่ง ตั้งแต่ เดือน สิงหาคม 2555 – มกราคม 2556 เป็นเวลา 6 เดือน จำนวน 10 ครั้ง และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ

จากผลการศึกษาพบว่าน้ำประปาแต่ละจุดเก็บ มีสมบัติ ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ สภาพการนำไฟฟ้า ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด ความกระด้าง ซัลเฟต ไนเตรทไนโตรเจน ไนไตรทไนโตรเจน คลอไรด์ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของกรมอนามัย พ.ศ. 2543 ยกเว้น สมบัติของน้ำ ได้แก่ สี เหล็ก ทั้งหมด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของกรมอนามัย

จากผลการตรวจวิเคราะห์น้ำประปาจากระบบผลิต พบว่าระบบผลิตน้ำประปาจากบาดาลขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กทั้งหมดได้เท่ากับร้อยละ 47.98 และประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับร้อยละ 54.1

**Project title** The Efficiency Study of Ground water Treatment Plant at  
Tampon Watchan

**Name** Mr.Pariwat Bunnak ID. 52364636  
Miss.Naruemon Thieng-em ID. 52364582

**Project advisor** Miss.Warangluck Sonklin

**Major** Environmental Engineering

**Department** Civil Engineering

**Academic year** 2012

---

### Abstract

This research aimed to determined the efficiency of groundwater treatment plant at Tampon Watchan. Four samples of the water treatment process and 2 samples of in the pipeline were collected from August 2012 to January 2013 for 6 months as 10 times. And then analyzed of the physical, chemical and biological characteristics.

The study found that the water characteristics in each samples such as pH, temperature, total solids, conductivity, hardness, turbidity, nitrate-N, nitrite-N, chloride and sulfate, also met the tap water quality standards of the Department of Health. While the rest, i.e. total iron, color and total coliform bacteria, did not met the tap water quality standards of the Department of Health.

The results were shown that the removal efficiency of total iron was 47.98 %, and color removal efficiency was 54.10 %.



## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน การดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาคืออาจารย์วรงค์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น ที่ได้ให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย คำแนะนำตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์อำพล เตโชวานิชย์ และ ดร.ชนพล เพ็ญรัตน์ กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ แก้ไข และให้แนวคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณยุพา เอี่ยมบัวหลวงและคุณวิชญา อัมกระจำง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยอำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน และความช่วยเหลือในทุกๆด้าน

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องและเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆที่ให้ความช่วยเหลืออีกมาก ซึ่งไม่อาจกล่าวถึงได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

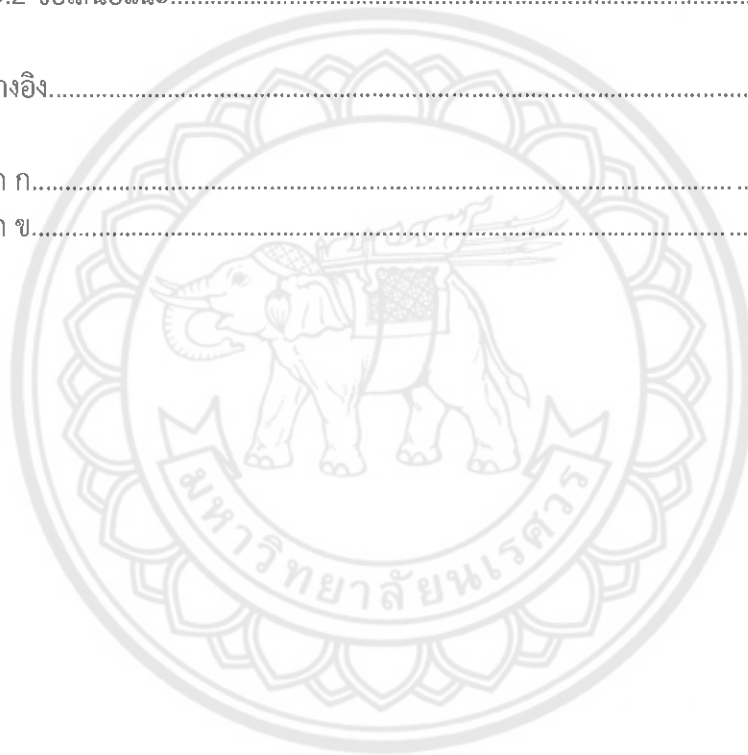
คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม  
นายปวิวรรต บุญนั๊ก  
นางสาวนฤมล เทียงเอม  
20 มีนาคม 2556

## สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงการ.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....	2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ.....	3
<b>บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....</b>	<b>4</b>
2.1 น้ำประปา.....	4
2.2 น้ำใต้ดิน.....	4
2.3 กระบวนการผลิตน้ำประปา.....	6
2.4 กระบวนการผลิตน้ำประปาแบบบาดาล.....	7
2.5 กระบวนการกวนเร็ว กวนช้า และการกรอง.....	13
2.6 กระบวนการโคแอกกูเลชันและฟลอคคูเลชัน.....	18
2.7 คุณสมบัติของน้ำ.....	29
2.8 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา.....	34
2.9 ข้อมูลจังหวัดพิษณุโลกและองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์.....	39
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ.....</b>	<b>45</b>
3.1 ระบบผลิตประปาจากน้ำบาดาลขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์.....	45
3.2 การเก็บน้ำตัวอย่าง.....	45
3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำประปา.....	48
3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์.....	50
3.5 การทำจาร์เทส.....	50

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....	52
4.1 คุณสมบัติของน้ำดิบ.....	52
4.2 คุณสมบัติขิงน้ำประปา.....	52
4.3 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของน้ำประปา.....	66
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	70
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	70
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	71
เอกสารอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก ก.....	74
ภาคผนวก ข.....	88



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณภาพน้ำใต้ดินทั่วไป.....	5
2.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคกรมอนามัย พ.ศ. 2543.....	34
2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค.....	35
2.4 มาตรฐานการประปานครหลวง.....	37
2.5 มาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อทำประปา.....	38
3.1 แสดงพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์.....	50
4.1 สมบัติของน้ำดิบจากน้ำประปาช่วงเดือนสิงหาคม 2555 – ธันวาคม 2555.....	52
4.2 ผลการวิเคราะห์พีเอช.....	52
4.3 ผลการวิเคราะห์คลอไรด์.....	53
4.4 ผลการวิเคราะห์ความกระด้าง.....	54
4.5 ผลการวิเคราะห์เหล็ก.....	55
4.6 ผลการวิเคราะห์ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด.....	57
4.7 ผลการวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน.....	58
4.8 ผลการวิเคราะห์สี.....	59
4.9 ผลการวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย.....	60
4.10 ผลการวิเคราะห์ซัลเฟต.....	61
4.11 ผลการวิเคราะห์ความขุ่น.....	62
4.12 ผลการวิเคราะห์คลอรีน.....	63
4.13 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิ.....	64
4.14 ผลการวิเคราะห์สภาพการนำไฟฟ้า.....	65
5.1 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิตและน้ำประปา.....	70
5.2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประพากับมาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัย.....	71

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะน้ำใต้ดิน.....	4
2.2 รูปแบบกระบวนการผลิตน้ำประปาจากบาดาลที่มีความสะอาดปลอดภัยจากสารปนเปื้อนที่เป็นอันตราย.....	8
2.3 รูปแบบกระบวนการผลิตน้ำประปาจากบาดาลที่มีปริมาณเหล็กละลายน้ำไม่เกิน 3 – 4 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	9
2.4 รูปแบบการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลที่มีปริมาณเหล็กเท่ากับหรือมากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร.....	10
2.5 เครื่องจ่ายสารละลายคลอรีน.....	11
2.6 เครื่องสูบน้ำดี.....	12
2.7 หอถังสูง.....	12
2.8 ระบบถังกวนเร็วแบบต่างๆ.....	13
2.9 ถังกวนเร็วแบบแผ่นกั้นน้ำ.....	14
2.10 อุปกรณ์กวนเร็วแบบ Static mixer.....	14
2.11 ถังกวนช้าที่ใช้ใบพาย.....	15
2.12 ระบบถังกวนช้าแบบต่างๆ.....	16
2.13 ถังกวนช้า.....	16
2.14 เครื่องกรองเร็ว.....	17
2.15 เครื่องกรองความดัน.....	17
2.16 การจำแนกขนาดของสารต่างๆในน้ำ.....	18
2.17 ผลของการเติมอ็อกซิเจนที่มีประจุตรงกันข้ามให้กับคอลลอยด์ (ก) ก่อนเติมอ็อกซิเจน (ข) หลังจากการเติมอ็อกซิเจนแล้ว.....	19
2.18 การเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูแลนต์ ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วย กลไกแบบต่างๆ จะเห็นว่าแบบ (ก) ซึ่งเป็นการลดความหนาของชั้นกระจายด้วย $Al^{+3}$ , $Ca^{+2}$ และ $Na^{+}$ ต้องการสารเคมีมากที่สุด ส่วนแบบ (ง) ซึ่งเป็นการใช้พอลิเมอร์เป็นตัวเชื่อมโยง(สะพาน)ให้ออนุภาค คอลลอยด์มารวมตัวกัน มีความต้องการสารโคแอกกูแลนต์ น้อยที่สุด.....	20
2.19 เภณท์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคต่างๆทั้ง 5 ประเภท.....	20
2.20 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มและค่าพีเอช.....	21
2.21 กลไกในการสร้างโคแอกกูแลชันด้วยสารส้ม.....	23
2.22 โครงสร้างทางเคมีของ LapoflocPACl และ Alum.....	25
2.23 แสดงกระบวนการ Coagulation และ Flocculation ของ $FeCl_3$ .....	26
2.24 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูแลชันด้วยเฟอริกคลอไรด์.....	27
2.25 อุปกรณ์ทำ Jar Test .....	29
2.26 แผนที่จังหวัดพิษณุโลก.....	39
2.27 อาณาเขตติดต่อเขตตำบลวัดจันทร์.....	41
3.1 กระบวนการผลิตน้ำประปาองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์.....	45
3.2 จุดที่ 1 น้ำดิบ.....	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 จุดที่ 2 น้ำที่ผ่านถาดเติมอากาศ.....	46
3.4 จุดที่ 3 น้ำที่ผ่านถังกรองทรายมาเก็บในถังน้ำใส.....	46
3.5 จุดที่ 4 น้ำที่ออกจากระบบผลิต.....	47
3.6 จุดที่ 5 น้ำในเส้นท่อ จากบ้านที่มีการสำรองน้ำไว้ใช้.....	47
3.7 จุดที่ 6 น้ำในเส้นท่อ จากบ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง.....	47
3.8 ภาพแสดงจุดเก็บน้ำขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์.....	48
3.9 เทอร์โมมิเตอร์.....	49
3.10 ขวดเก็บน้ำตัวอย่างน้ำ.....	49
3.11 เครื่องวัดคลอรีน.....	49
3.12 ตะกร้าใส่อุปกรณ์.....	49
3.13 ภาชนะสำหรับตักน้ำ.....	49
3.14 ตะกร้าสำหรับใส่ขวดเก็บน้ำและขวด.....	49
3.15 รูปเครื่องผสมและกวนสาร Magnetic stirrer.....	51
4.1 ผลการวิเคราะห์ pH ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	53
4.2 ผลการวิเคราะห์ คลอไรต์ ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	54
4.3 ผลการวิเคราะห์ ความกระด้าง ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	55
4.4 ผลการวิเคราะห์ เหล็ก ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	56
4.5 ผลการวิเคราะห์ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	57
4.6 ผลการวิเคราะห์ ไนเตรท-ไนโตรเจน ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	58
4.7 ผลการวิเคราะห์ สี ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	59
4.8 ผลการวิเคราะห์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	60
4.9 ผลการวิเคราะห์ ซัลเฟต ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	62
4.10 ผลการวิเคราะห์ ความขุ่น ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	63
4.11 ผลการวิเคราะห์ คลอรีนรวม ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	64
4.12 ผลการวิเคราะห์ อุณหภูมิ ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	65
4.13 ผลการวิเคราะห์ สภาพการนำไฟฟ้า ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55.....	66
4.14 ช่วงปริมาณสารสัมพันธ์ที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นทดสอบค่าเหล็ก.....	66
4.15 ปริมาณสารสัมพันธ์ที่เหมาะสมของพารามิเตอร์เหล็ก.....	67
4.16 ช่วงปริมาณสารสัมพันธ์ที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นทดสอบค่าความขุ่น.....	68
4.17 ปริมาณสารสัมพันธ์ที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ความขุ่น.....	68

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

น้ำ มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในด้านการอุปโภคและบริโภค แต่ในอดีตน้ำส่วนใหญ่ที่มนุษย์ใช้มาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ต่อมามีการขยายตัวของชุมชนและการเพิ่มจำนวนของประชากร ส่งผลให้แหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการและพบว่ามีสารปนเปื้อนของสารต่างๆ มากขึ้น ดังนั้นจึงมีการคิดค้นระบบผลิตน้ำประปาขึ้นซึ่งมีบทบาทและความสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยกระบวนการผลิตน้ำประปาที่มีคุณภาพนั้นควรมีมาตรฐานที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสะอาด ปราศจากเชื้อโรค กระบวนการผลิตน้ำประปาและการส่งจ่ายน้ำในท้องถิ่นยังชุมชน อาจเกิดปัญหาและความผิดพลาดในขั้นตอนดังกล่าวที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำ

จากข้อมูลของน้ำใต้ดินในเขตจังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีปริมาณเหล็กละลายน้ำสูงมีปริมาณเท่ากับ 207.55 ppm (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2539) ซึ่งแหล่งน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำที่ประชาชนนำมาใช้เป็นน้ำดิบผลิตน้ำประปาสำหรับการอุปโภค แต่เนื่องจากการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลมักพบปัญหาหลักๆ ในกระบวนการผลิตคือ ปัญหาเหล็กละลายน้ำในปริมาณสูง ส่งผลต่อเนื่องไปถึงปัญหากลิ่นสีและรสในน้ำ ทำให้น้ำที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำ ไม่ควรนำมาใช้ จากการศึกษาข้อมูลพื้นที่บริเวณที่ผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลพบว่าในเขตพื้นที่ หมู่ที่ 8 บ้านนาโพธิ์แดง ตำบลวัดจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มีการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาล

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลในเขตเมืองพิษณุโลก เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการดำเนินงานในอนาคต

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลในกระบวนการผลิตขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำประปาจากน้ำบาดาลขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาในกระบวนการผลิตประปา

1.3.2 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการควบคุมดูแลระบบผลิตประปาและช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในกระบวนการผลิตประปาเขตชุมชนหมู่ที่ 8 ตำบลวัดจันทร์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

#### 1.4 ขอบเขตการทำโครงการ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ และน้ำประปาจากแนวท่อในเขตชุมชนหมู่ที่ 8 บ้านนาโพธิ์แดง ตำบลวัดจันทร์ ที่ใช้น้ำตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2555 - มกราคม 2556 เป็นเวลา 6 เดือน แล้วนำน้ำมาวิเคราะห์ค่า พีเอช สภาพการนำไฟฟ้า สี ความขุ่น คลอไรด์ ความกระด้าง เหล็ก ไนโตรท-ไนโตรเจน ไนเตรท ไนไตรเจน โคลิฟอร์มแบคทีเรีย คลอรีนรวม ซัลเฟต ของแข็งทั้งหมด

#### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาล

1.5.2 ติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำประปาเพื่อขอข้อมูลพื้นฐานในผลิต

1.5.3 ศึกษาพารามิเตอร์ที่ต้องตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาโดยเปรียบเทียบจากมาตรฐานกรมอนามัย

1.5.4 ฝึกวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาตามพารามิเตอร์ที่ต้องตรวจวัด

1.5.5 เก็บน้ำตัวอย่างในกระบวนการผลิตและในการส่งจ่ายน้ำในระบบท่อตามจุดต่างๆ ในชุมชนหมู่ที่ 8 เดือนสิงหาคมถึงเดือนมกราคม เก็บเป็นจำนวน 10 ครั้ง ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์ต่างๆ

1.5.6 นำผลจากการวิเคราะห์มาคำนวณหาค่า แล้วนำมาเฉลี่ยตามความถี่ที่เก็บมาวิเคราะห์ในช่วงเวลาที่กำหนดและหาค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัย

1.5.7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 1.6 แผนการดำเนินงาน

รายการปฏิบัติทำงาน	ระยะเวลาในการทำงาน							
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาล	↔							
ติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำประปาเพื่อขอข้อมูลพื้นฐานในการผลิต		↔						
ศึกษาพารามิเตอร์ที่ต้องตรวจวัดคุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาโดยเปรียบเทียบจากมาตรฐานกรมอนามัย	↔	↔						
ฝึกวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบและน้ำประปาตามพารามิเตอร์ที่ต้องตรวจวัด		↔	↔					



## แผนการดำเนินงาน(ต่อ)

รายการปฏิบัติงาน	ระยะเวลาในการทำงาน							
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
นำผลจากการวิเคราะห์หาคำนวนหาค่าแล้วนำมาเฉลี่ยตามความถี่ที่เก็บมาวิเคราะห์ในช่วงเวลาที่กำหนดและหาค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัย			←					→
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ								↔

## 1.5 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1.7.1	ซื้อสารเคมี	1500	บาท
1.7.2	ซื้ออุปกรณ์ต่างๆ	500	บาท
	รวมเป็นเงิน	2000	บาท



## บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

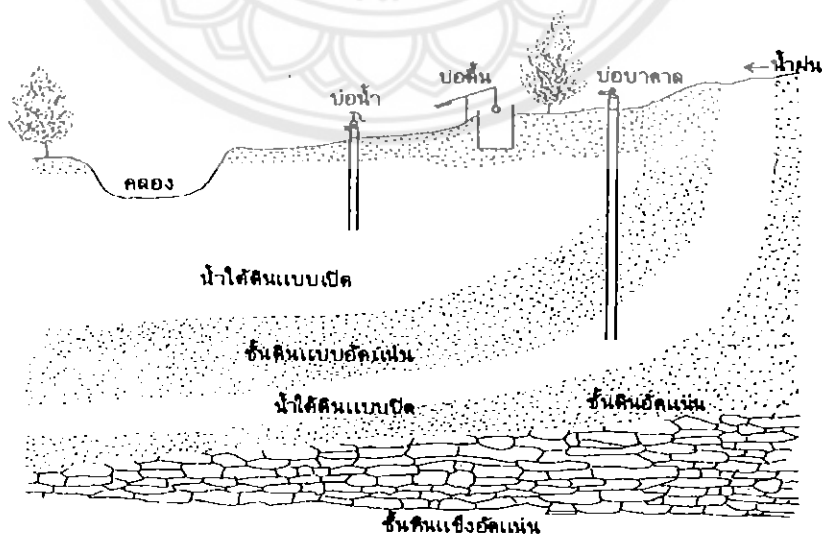
### 2.1 น้ำประปา

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเฉพาะมนุษย์ที่นับว่าน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการใช้ในชีวิตประจำวันทั้งนี้มนุษย์ได้ใช้น้ำในการอุปโภคและบริโภคเรื่อยมา จึงได้มีการแสวงหาแหล่งน้ำที่มีความสะอาดปราศจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกต่างๆต่อมาจึงได้มีการพัฒนา ประยุกต์ขั้นตอนและกระบวนการผลิตน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่มีคุณภาพตามความต้องการ

กระบวนการผลิตน้ำประปาจึงที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่าเป็นกระบวนการที่สามารถผลิตน้ำที่มีความสะอาด และมีคุณภาพที่สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภคได้เป็นอย่างดีแต่ในอดีตมนุษย์สามารถคิดและสร้างระบบประปาไว้ใช้ แต่จะมีเพียงบ่อดกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำเท่านั้น ซึ่งได้เป็นเพียงน้ำใสเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เมื่อเวลาและสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปพบว่าคุณภาพของแหล่งน้ำเริ่มมีสิ่งสกปรกปนเปื้อนอยู่มาก จึงได้มีการพัฒนาระบบประปาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิม โดยได้มีการเพิ่มระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำและการกรองน้ำเพื่อให้มั่นใจว่าจะกำจัดสารปนเปื้อนต่างๆให้ได้มากที่สุด และเป็นอันตรายต่อผู้ใช้น้ำน้อยที่สุด

### 2.2 น้ำใต้ดิน ( Ground water )

เป็นน้ำที่อยู่ในชั้นดินบนพื้นผิวโลก ซึ่งเป็นน้ำที่สะสมอยู่ในช่องว่างของชั้นดินหรือหิน ต้นกำเนิดของน้ำใต้ดินมาจากน้ำในบรรยากาศและน้ำผิวดินซึมผ่านชั้นดินต่างๆ ลงไปสะสมอยู่ภายใต้ช่องว่างของดินหรือหินดังรูปที่ 2.1 โดยปกติคุณภาพน้ำใต้ดินอยู่ในเกณฑ์ดี เช่น มีความใสปราศจากตะกอน ความขุ่น ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากถูกกรองด้วยชั้นดิน แต่สำหรับคุณภาพทางเคมีของน้ำใต้ดินมักจะไม่น่าพอใจเพราะจะมีแร่ธาตุและสารเคมีละลายปะปนอยู่ในน้ำโดยมีปริมาณมากกว่าน้ำผิวดิน



รูปที่ 2.1 ลักษณะน้ำใต้ดิน

ที่มา : เกรียงศักดิ์ , 2539

### 2.2.1 ลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดิน

ชั้นดินหรือชั้นหินที่มีน้ำจืดอัดตัว และมีปริมาณน้ำมากพอที่จะนำขึ้นมาใช้นิยมเรียกว่า ชั้นให้น้ำโดยชั้นให้น้ำมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.2.1.1 ชั้นให้น้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifers) เป็นชั้นที่มักอยู่ใต้ผิวดินระดับ ดินระดับน้ำน่าจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เช่นฤดูแล้งระดับน้ำจะอยู่ลึก ฤดูฝนระดับน้ำจะอยู่ตื้น

2.2.1.2 ชั้นให้น้ำแบบปิด (Confined Aquifers) เป็นชั้นที่มักอยู่ใต้ผิวดินที่ลึกลง ไปอีก โดยที่มีชั้นของดินหรือหินที่ซึมผ่านได้ยากปกคลุมด้านบน ทำให้น้ำในชั้นนี้มีความดัน มลพิษ จากพื้นดินยากที่จะลงไปปนเปื้อนน้ำในชั้นนี้ได้ แต่อาจมีแร่ธาตุต่างๆได้ เนื่องจากน้ำในชั้นนี้อาจมีการ ซึมผ่านหินเกลือหรือพวกสนิมเหล็กได้

### 2.2.2 คุณภาพน้ำใต้ดิน

คุณภาพน้ำใต้ดินจะมีความแตกต่างกันในแต่ละเขตพื้นที่ ขึ้นอยู่กับประเภทของชุมชนที่ อยู่รอบๆพื้นที่ ปริมาณแร่ธาตุในดินและประเภทของชั้นดิน ดังนั้นขณะที่ทำการขุดสำรวจแหล่งน้ำใต้ ดินจำเป็นต้องทราบว่าคุณสมบัติของน้ำบาดาลลึกกี่เมตร มีความสามารถในการขุดขึ้นมาใช้ได้กี่ ลบ.ม. ต่อหน้าที่ มี คุณสมบัติของน้ำบาดาลเป็นอย่างไร หากมีคุณภาพที่ไม่เหมาะสมก็ต้องทำการบำบัดให้เป็นน้ำสะอาด เสียก่อน สำหรับในตารางที่ 2.1 จะได้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของน้ำใต้ดินทั่วไป

ตารางที่ 2.1 คุณภาพน้ำใต้ดินทั่วไป

คุณภาพ	ขนาด	คุณภาพ	ขนาด
<b>ทางกายภาพ</b>			
ความขุ่น, NTU	0.5	สี , หน่วยสี	50
ตะกอนละลายน้ำ (TDS), mg/L	250		
<b>ทางเคมี</b>			
ไนโตรเจน, mg/L	10	ฟอสฟอรัส ,mg/L	0.01
ความกระด้าง, mg/L	120	ความเป็นด่าง ,mg/L	150
pH	7.5	แคลเซียม ,mg/L	40
แมกนีเซียม, mg/L	5	โซเดียม ,mg/L	5
โปแตสเซียม, mg/L	2	เหล็ก ,mg/L	0.1
ซัลเฟต, mg/L	10	คลอไรด์ ,mg/L	25
ฟลูออไรด์, mg/L	0.1	ไนเตรท ,mg/L	10
<b>ทางชีววิทยา</b>			
โคลิฟอร์ม, MPN/100 mL	100	ไวรัส , pfu/100 mL	1.0

ที่มา : เกียรติศักดิ์ ,2539

## 2.3 กระบวนการผลิตน้ำประปา

### 2.3.1 การสูบน้ำ

การผลิตน้ำประปา เริ่มจาก การสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อลำเลียงเข้าสู่ระบบผลิต ซึ่งน้ำดิบที่สามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้นั้นต้องเป็นน้ำที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่มีสิ่งสกปรกปนเปื้อนเกินกว่าที่กำหนด ซึ่งได้ผ่านการวิเคราะห์ตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์แล้วว่าสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นน้ำประปาได้ และต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่อง

### 2.3.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ

น้ำดิบที่สูบเข้ามาแล้ว จะถูกผสมด้วยสารเคมี เช่น สารส้มและปูนขาว เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ กระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการโคแอกกูเลชัน ซึ่งสารละลายที่เติมเข้าไป จะช่วยให้มีการตกตะกอนได้ดียิ่งขึ้น หรือเพื่อนปรับสภาพของน้ำดิบให้เหมาะสมแก่การนำมาผลิตน้ำประปาในกระบวนการต่างๆ ให้ได้ประสิทธิภาพที่ดี มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปา

### 2.3.3 การตกตะกอน

ขั้นตอนนี้จะปล่อยน้ำที่ผสมสารส้มและปูนขาวแล้ว ที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนเพื่อให้ น้ำกับสารเคมีรวมตัวกันจะช่วยให้มีการจับตัวของตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และจะนำน้ำเหล่านั้นให้เข้าสู่ถึง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ เพื่อทำให้เกิดน้ำนิ่ง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก จะตกลงสู่ก้นถัง และถูกดูดทิ้ง น้ำใสด้านบนจะไหลตามรางรับน้ำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

### 2.3.4 การกรอง

ในการกรองจะใช้ทรายหยาบและทรายละเอียดเพื่อการกรองตะกอนขนาดเล็กมากในน้ำ และให้มีความใสสะอาดมากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้น้ำที่ผ่านการกรองจะมีความใสมากแต่จะมีความขุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณ 0.2-2.0 หน่วยความขุ่น และทรายกรองจะมีการล้างทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพ

#### 2.3.4.1 การเตรียมน้ำก่อนการกรอง

การเตรียมน้ำก่อนกรอง (Pretreatment) จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำมีลักษณะของความขุ่นประมาณ 15หน่วยหรือมากกว่าในอัตราการกรองปกติคือที่ 2 แกลลอน/นาที-ตารางฟุตเพราะโดยทั่วไปแล้วถังกรองเร็วขนาดธรรมดาที่มีทรายขนาดสัมฤทธิ์ 0.5 มิลลิเมตรและชั้นทรายหนาประมาณ 24 – 30 นิ้วจะไม่สามารถกรองน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพคือไม่สามารถลดความขุ่นให้เหลือน้อยกว่า 5 หน่วยได้ด้วยเหตุนี้ น้ำดิบก่อนเข้าเครื่องกรองจึงต้องผ่านกระบวนการเตรียมน้ำก่อนกรองโดยปกติกระบวนการเหล่านี้ ได้แก่ โคแอกกูเลชัน (การทำให้เกิดอนุภาคของสารแขวนลอยมีขนาดใหญ่เพื่อให้เกิดการตกตะกอนได้ง่าย) และการตกตะกอนหรือบางครั้งอาจมีเพียงการเติมสารส้มหรือสารโพลิเมอร์ให้กับน้ำก่อนเข้าถังกรองเพื่อทำลายประจุลบของสารแขวนลอยและเปลี่ยนให้เป็นประจุบวกนอกจากนี้ถ้ามีเหล็กและแมงกานีสละลายอยู่ก็ต้องทำออกซิเดชันเพื่อให้เหล็กและแมงกานีสตกผลึกเสียก่อนจึงจะกรองได้

### 2.3.4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกรอง

น้ำที่ฟลอคคูเลต (น้ำที่มีสารแขวนลอยรวมตัวกันพร้อมที่จะตกตะกอน) และพร้อมที่จะส่งเข้าเครื่องกรองจะต้องมีฟลอคที่แข็งแรงมีขนาดนั้นเมื่อฟลอคซึมทะลุผ่านชั้นทรายแรงเดือนภายในชั้นกรองจะทำให้ฟลอคแตกหรือทำให้ฟลอคที่จับติดบนสารกรองหลุดออกมาทำให้การกรองน้ำไม่ได้ผลอย่างไรก็ตามฟลอคที่แข็งแรงและมีขนาดใหญ่มักไม่สามารถทะลุผ่านชั้นทรายได้ลึกกว่า 3 นิ้ว เนื่องจากการตกตะกอนและติดค้างต่างๆเกิดขึ้นในระดับต้นๆของชั้นทรายดังนั้นประสิทธิภาพของการกรองจึงไม่ได้ผลเต็มที่เนื่องจากไม่สามารถใช้ประโยชน์จากชั้นกรองได้ทั้งหมดน้ำที่สามารถกรองได้ควรมีฟลอคที่สามารถทะลุผ่านชั้นทรายได้ลึกๆแต่ไม่หลุดออกไปจากชั้นทรายด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเห็นได้ว่าการเตรียมน้ำเพื่อการตกตะกอนการกรองอาจจะต้องวางเป้าหมายให้แตกต่างกันโคแอกกูเลชันของน้ำเพื่อเข้าถึงตกตะกอนมักเป็นแบบ Sweep Coagulation ทำให้ได้ฟลอคขนาดใหญ่และแข็งแรงส่วนโคแอกกูเลชันของน้ำเพื่อเข้าถึงกรองโดยตรงควรเป็นแบบเกาะติดผิวและทำลายประจุ (Adsorption/ Charge Neutralization) ซึ่งจะให้ฟลอคที่ไม่แข็งแรงเท่า Sweep Floc และมีปริมาณน้อยกว่าด้วย

### 2.3.4.3 การฆ่าเชื้อโรค

น้ำที่ผ่านการกรองมาแล้วจะมีความใส แต่อาจจะมีเชื้อโรคเจือปนมากับน้ำ ฉะนั้นจึงต้องทำการฆ่าเชื้อโรค โดยใช้ คลอรีน ซึ่งคลอรีนนี้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี น้ำที่ได้รับการผสมคลอรีนแล้ว เรียกกันว่า "น้ำประปา" สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ และจะทำการจัดเก็บไว้ในถังขนาดใหญ่ เรียกว่า ถังน้ำใส เพื่อจัดการบริการต่อไป

### 2.3.5 การควบคุมคุณภาพน้ำประปา

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะน้ำประปาที่ทำการผลิตมาแล้วนั้น จะต้องวิเคราะห์ตรวจสอบอีกครั้งจากนักวิทยาศาสตร์ และการตรวจสอบนี้จะดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้น้ำประปาที่สะอาด ปลอดภัย สำหรับการอุปโภคบริโภค

### 2.3.6 การสูบน้ำ

น้ำประปาที่ผลิตมาแล้วนั้น จะต้องให้บริการถึงบ้านเรือนของผู้ใช้น้ำโดยส่งผ่านไปตามเส้นท่อ ดังนั้นการสูบน้ำจึงมีความจำเป็น ด้วยการส่งจากหอถังสูงที่สามารถบริการได้ในพื้นที่ใกล้เคียง และในพื้นที่ที่ไกลออกไปหรือมีความสูงมากจำเป็นต้องใช้เครื่องอัดแรงดันน้ำ เพื่อให้ น้ำประปาสามารถบริการได้อย่างทั่วถึง

## 2.4 กระบวนการผลิตน้ำประปาแบบบาดาล

### 2.4.1 รูปแบบการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาล

เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันตามแต่สภาพพื้นที่ น้ำบาดาลในประเทศไทยส่วนใหญ่จะมีปริมาณเหล็กและแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำบริโภค จึงต้องมีการ

ออกแบบระบบผลิตน้ำประปาจากบาดาล ให้มีประสิทธิภาพดีพอที่จะกำจัดเหล็กและแมงกานีสได้ แต่ไม่สามารถกำจัดสารปนเปื้อนประเภทอื่นๆ เช่น โปรท คลอไรด์ ได้ ดังนั้นการผลิตน้ำประปาจากบาดาลจึงมีรูปแบบการผลิตที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำบาดาล ดังนี้

#### 2.4.1.1 แบบสูบจ่ายตรง

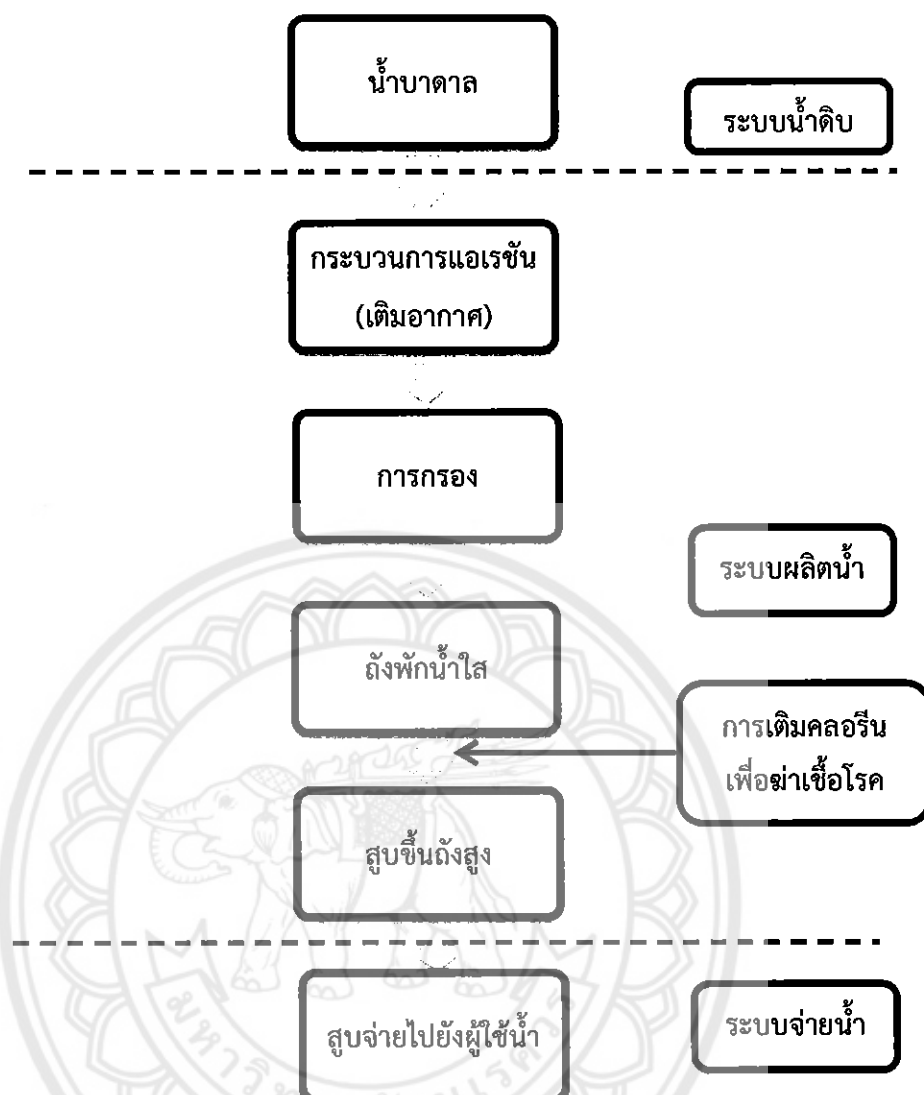
จะใช้ในกรณีที่มีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำบาดาลพบว่ามีความใสสะอาดปราศจากสารปนเปื้อนที่อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรีย จึงไม่ต้องเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคและไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำใดๆ เพียงแต่ต้องมีปริมาณน้ำดิบที่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำและสูบขึ้นถึงสูงเพื่อให้ น้ำมีแรงดันมากพอที่จะส่งจ่ายไปยังผู้ใช้น้ำในระยะไกลได้ รูปแบบการผลิตแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปแบบกระบวนการผลิตน้ำประปาจากบาดาลที่มีความสะอาดปลอดภัยจากสารปนเปื้อนที่เป็นอันตราย

#### 2.4.1.2 แบบมีกระบวนการแอเรชันและการกรอง

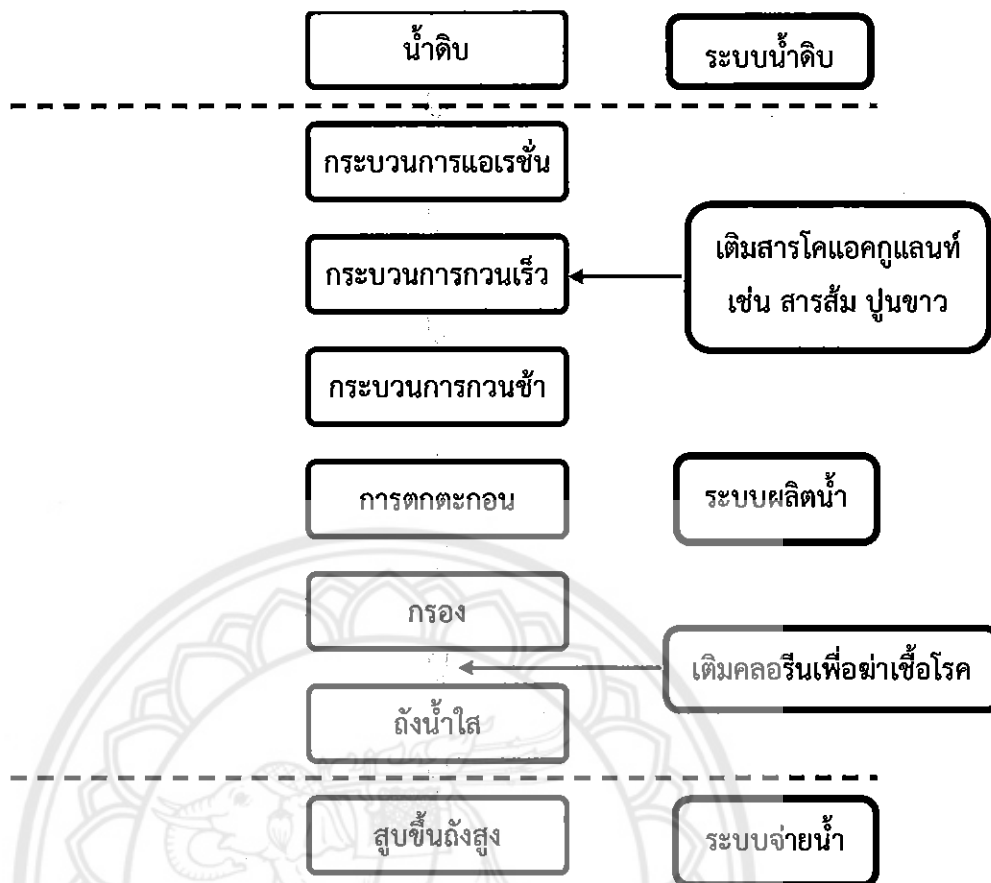
วิธีนี้เหมาะกับน้ำบาดาลที่มีปริมาณเหล็กละลายน้ำไม่เกิน 3 – 4 มิลลิกรัม/ลิตร โดยอาศัยหลักการที่ทำให้เหล็กละลายน้ำออกซิไดร์ไปเป็นตะกอนของเหล็กจากกระบวนการแอเรชัน จากนั้นจึงทำการกรองเอาตะกอนของเหล็กออกจากน้ำ เติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในขั้นตอนก่อนที่จะนำน้ำเข้าไปพักในถังน้ำใส จากนั้นสูบขึ้นถึงสูงเพื่อเพิ่มแรงดันของน้ำสำหรับการส่งจ่ายไปยังผู้ใช้น้ำ รูปแบบการผลิตแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแบบกระบวนการผลิตน้ำประปาจากบาดาลที่มีปริมาณเหล็กละลายน้ำไม่เกิน 3-4 มิลลิกรัม/ลิตร

#### 2.4.1.3 แบบที่มีกระบวนการแอเรชันและการกรองโดยใช้ถังตกตะกอน

เป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับน้ำบาดาลที่มีเหล็กละลายน้ำเท่ากับ 5 mg/l หรือมากกว่า โดยจะนำน้ำมาผ่านกระบวนการแอเรชัน หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการกวนเร็วเพื่อเติมสารโคแอกกูแลนต์ เช่น สารส้ม ปูนขาวที่จะช่วยใช้ในการตกตะกอนของอนุภาคแขวนลอยต่างๆ เกิดได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถลดภาระของถังกรองในการกรองอนุภาคต่างๆออกได้ แล้วนำเข้าสู่ถังกวนช้า เมื่อเพิ่มระยะเวลาให้สารส้มแอกกูแลนต์จับตัวกับอนุภาคแล้วรวมตัวกันเป็นฟล็อก เพื่อให้ตกตะกอนได้ดีขึ้นในขั้นตอนการตกตะกอน แล้วนำน้ำส่วนใสจากถังตกตะกอนเข้าสู่กระบวนการกรองจากนั้นจะเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค แล้วนำน้ำประปาที่ได้ไปพักไว้ในถังน้ำใสเพื่อรอส่งต่อไป และมีรูปแบบการผลิตดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 รูปแบบการผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลที่มีปริมาณเหล็กละลายน้ำเท่ากับหรือมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 2.4.2 องค์ประกอบของระบบการผลิตน้ำประปาแบบบาดาล

##### 2.4.1.1 ระบบน้ำดิบประกอบด้วย

###### ก. บ่อน้ำบาดาล

เป็นแหล่งน้ำที่เกิดจากน้ำฝนหรือน้ำผิวดินไหลซึมผ่านชั้นดินลงสู่ใต้ดินและมักจะละลายเอาแร่ธาตุต่างๆ เจือปนลงไปด้วยดังนั้นบ่อน้ำบาดาลแต่ละแห่งจะมีคุณสมบัติ น้ำดิบและปริมาณที่แตกต่างกันการนำมาใช้ในการผลิตประปาหรือระบบน้ำสะอาดต้องคำนึงถึงคุณภาพและปริมาณให้เหมาะสมเพียงพอต่อการผลิต

###### ข. เครื่องสูบน้ำดิบ

ใช้สำหรับสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาลส่งไปผลิตเป็นน้ำประปาตัวเครื่องสูบน้ำจะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำและมอเตอร์ไฟฟ้า น้ำจะถูกสูบผ่านตามท่อเข้าสู่ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยเครื่องสูบน้ำบาดาลจะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำหรือเป็นเครื่องสูบน้ำหอยโข่งที่สามารถดึงน้ำจากบ่อน้ำบาดาลด้านล่างผ่านท่อขึ้นสู่ด้านบนก็ได้

###### ค. ท่อส่งน้ำดิบ



ใช้สำหรับเป็นท่อส่งน้ำจากบ่อน้ำบาดาลมายังระบบผลิตประปาโดยส่วนมากจะใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี

#### 2.4.1.2 ระบบผลิตน้ำประกอบด้วย

##### ก. ระบบเติมอากาศ

มีลักษณะเป็นภาควางเรียงเป็นชั้นๆทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ให้น้ำดิบสัมผัสกับอากาศเพื่อให้เหล็กที่ละลายในน้ำจับตัวเป็นตะกอนสนิมเหล็กภายในภาตแต่ละชั้นอาจใส่ถ่านหุงต้มเพื่อทำหน้าที่ดูดกลิ่น

##### ข. ถังกรองสนิมเหล็ก

ทำหน้าที่รับน้ำจากระบบเติมอากาศภายในถังกรองจะบรรจุทรายกรองและกรวดกรองเรียงเป็นชั้นๆเพื่อทำหน้าที่ช่วยในการกรองสนิมเหล็ก อนุภาคต่างๆ และเชื้อโรคบางส่วนออกจากน้ำดิบ

##### ค. ระบบฆ่าเชื้อโรค

ใช้การเติมสารละลายคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในระบบประปา ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องจ่ายสารละลายคลอรีน

##### ง. ถังน้ำใส

ทำหน้าที่กักเก็บน้ำที่ผ่านจากถังกรองน้ำมาเก็บไว้ในถังน้ำใส

#### 2.4.1.3 ระบบจ่ายน้ำประกอบด้วย

##### ก. เครื่องสูบน้ำดี

ใช้สำหรับสูบน้ำจากถังน้ำใสขึ้นหอถังสูงเพื่อจ่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำ เครื่องสูบน้ำดีจะเป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เครื่องสูบน้ำดี

ข. หอดึงสูง  
ทำหน้าที่สร้างแรงดันน้ำและรักษาแรงดันน้ำให้สม่ำเสมอเพื่อจ่าย  
น้ำประปาให้แก่ผู้ใช้ น้ำ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หอดึงสูง

ค. ท่อเมนจ่ายน้ำ  
ทำหน้าที่จ่ายน้ำประปาจากหอดึงสูงส่งไปให้ผู้ใช้ น้ำ โดยผ่านมาตรวัดน้ำ

## 2.5 กระบวนการกวนเร็วกวนช้าและการกรอง

### 2.5.1 ถังกวนเร็ว (Rapid mixing)

การทำให้สารเคมีที่ใส่ลงไปกระจายเข้ากับน้ำดิบได้อย่างทั่วถึง เพื่อให้สารเคมีไปทำลายเสถียรภาพของอนุภาค คอลลอยด์ สารเคมีที่ใช้ในการกวนเร็วได้แก่ สารส้ม เพอร์สัลเฟต หรือ แมกนีเซียมคาร์บอเนต ซึ่งมีการเติมหลายวิธี ดังรูปที่ 2.5

จุดประสงค์ของการกวนเร็ว เพื่อให้ น้ำดิบกับสารส้มผสมกันอย่างรวดเร็วและทั่วถึง ฉะนั้น ต้องเติมสารส้มตรงตำแหน่งที่น้ำมีความปั่นป่วนสูง

วิธีการสร้างความปั่นป่วนให้น้ำหรือการกวนเร็ว เช่น

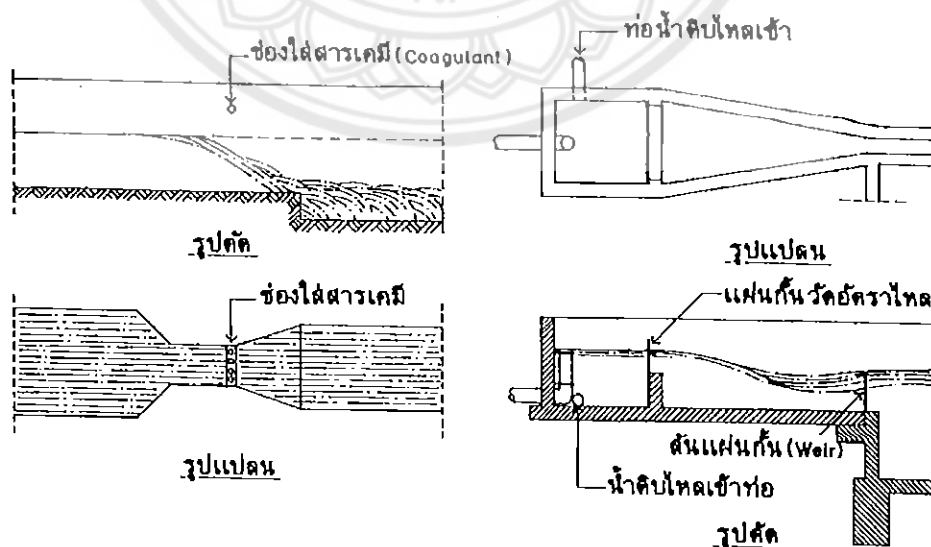
- เครื่องกล (Mechanical devices) เช่น ถังกวนที่ใช้ใบพัดแบบต่าง ๆ
- Hydraulic jump
- แผ่นกั้นน้ำ (Baffles)
- การสร้างความปั่นป่วนในเส้นท่อ

#### 2.5.1.1 ไฮดรอลิกจัมพ์

ปรากฏการณ์ที่มวลน้ำที่ไหลด้วยความเร็วสูงแล้ว เปลี่ยนเป็นความเร็วต่ำอย่างกะทันหัน เกิดการปั่นป่วนของน้ำ ทำให้การผสมสารเคมีได้ผลดีขึ้น วิธีที่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้กับประเทศที่กำลังพัฒนา เพราะวิธีนี้ไม่ต้องใช้เครื่องจักรกลใดๆ เลยทำให้ไม่ต้องเสียเวลาซ่อมแซมดูแลรักษาเครื่องจักร

#### 2.5.1.2 การกวนโดยใช้เครื่องจักรกล (Mechanical mixer)

วิธีนี้ค่าสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน มีค่าน้อยและไม่มีผลกระทบกระเทือนจากความแปรปรวนของอัตราการไหลของน้ำดังรูปที่ 2.8

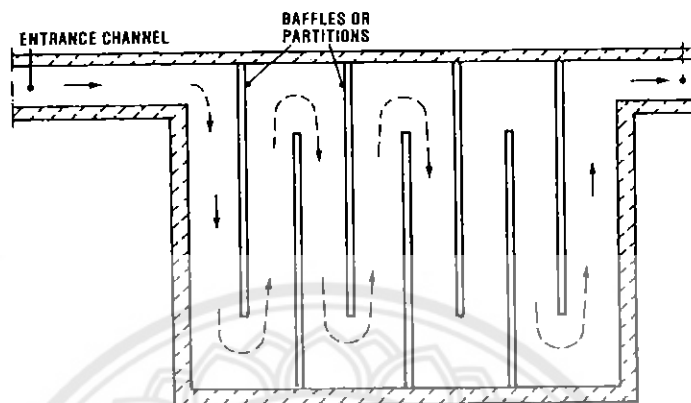


รูปที่ 2.8 ระบบถังกวนเร็วแบบต่างๆ

ที่มา: เกรียงศักดิ์ , 2539

### 2.5.1.3 ถังกวนเร็วแบบแผ่นกั้นน้ำ

ลักษณะคล้ายกับถังกวนช้า มีแผ่นกั้นใ้หน้าไหลในช่องแคบ ทำให้มีความเร็วสูง ในปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้ว เพราะไม่สามารถสร้างความปั่นป่วนได้สูงพอ แต่ถังแบบแผ่นกั้นน้ำนิยมใช้เป็นถังกวนช้าแทนดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ถังกวนเร็วแบบแผ่นกั้นน้ำ

ที่มา : วิศวกรรมการประปาและสุขาภิบาล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### 2.5.1.4 การสร้างความปั่นป่วนในเส้นท่อ

สามารถสร้างความปั่นป่วนให้กับน้ำได้สูงกว่าถังกวนเร็วแบบทั่วไป เหมาะสำหรับการสร้างโคแอกกูเลชันแบบจุดติดผิว ซึ่งสามารถทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ได้ทั้งหมดในเวลาน้อยกว่า 1 วินาที เช่น เครื่องบดในเส้นท่อ (In-line blender), การติดตั้ง Orifice ในท่อ, Static mixer ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 อุปกรณ์กวนเร็วแบบ Static mixer

(ที่มา : วิศวกรรมการประปา, มั่นสิน ตัณตุลเวศม์)

### 2.5.2 ถังกวนช้า (Flocculation)

การกวนน้ำที่ใสสารสร้างตะกอนและผ่านขั้นตอนการกวนเร็วแล้วจึงกวนอย่างช้าเพื่อให้ตะกอนเล็กๆในน้ำเกิดการรวมตัวให้ใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้นจนสามารถตกตะกอนได้ดี ดังรูปที่ 2.5

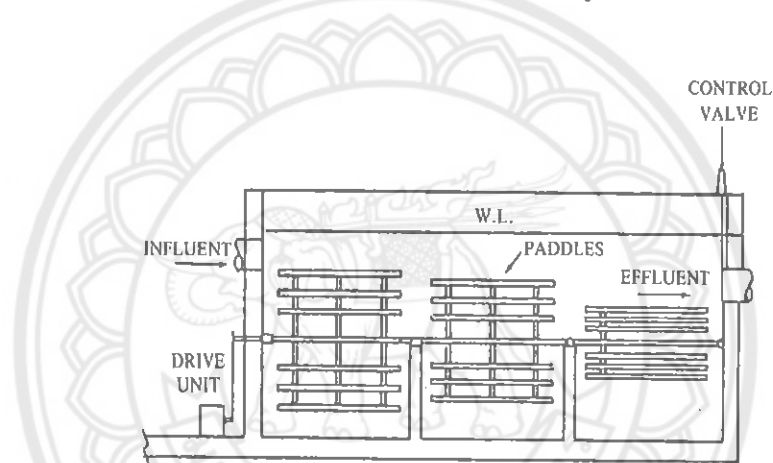
จุดประสงค์ เพื่อสร้างโอกาสให้ฟล็อกขนาดเล็กรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ขึ้น น้ำในถังกวนช้าจะต้องมีระดับความปั่นป่วนต่ำ เพื่อป้องกันมิให้ตะกอนฟล็อกที่เกิดขึ้นแตกออกจากกัน

ลักษณะถังกวนช้าแบ่งเป็น 2 ประเภท

- ใบพัดแบบต่าง ๆ
- แผ่นกั้นน้ำ

#### 2.5.2.1 ถังกวนช้าที่ใช้ใบพัด

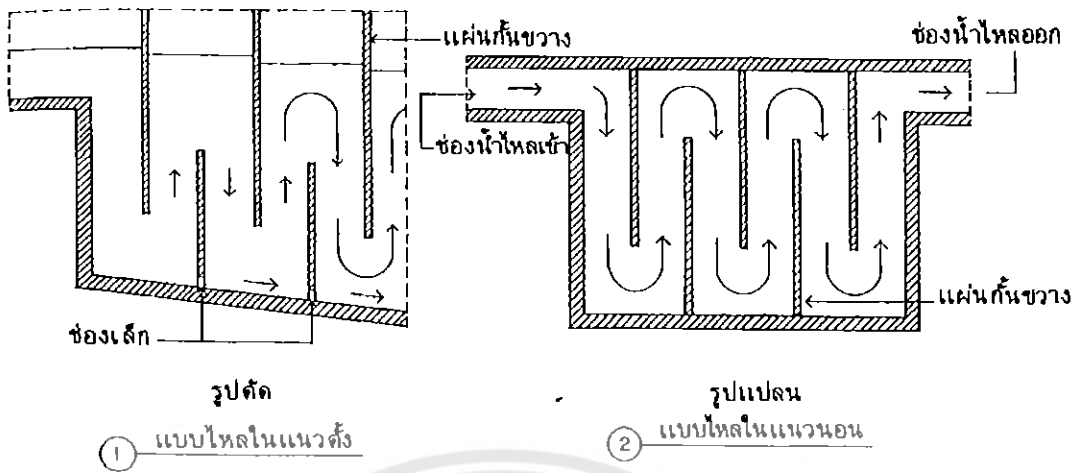
เทอร์โบ ใบพัดเรือ ใบพาย นิยมใช้มากที่สุด แกนหมุนอาจอยู่ในแนวนอนหรือแนวตั้งก็ได้ ความเร็วรอบไม่เกิน 2 – 15 รอบ/นาที แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ถังกวนช้าที่ใช้ใบพาย  
(ที่มา : วิศวกรรมการประปา, มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

#### 2.5.2.2 ถังกวนช้าแบบแผ่นกั้นน้ำ

ใช้การบังคับน้ำให้ไหลกวน และคดเคี้ยวไปมาด้วยแผ่นกั้นน้ำ จะสามารถสร้างความปั่นป่วนให้กับน้ำได้เพียงพอ แบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบไหลในแนวระนาบ และแบบไหลขึ้น ลง ดังรูปที่ 2.12

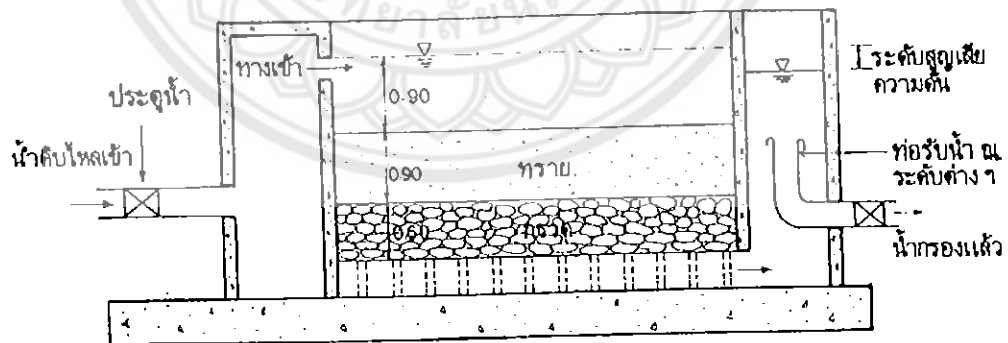


รูปที่ 2.12 ระบบถังกวนช้าแบบต่างๆ  
ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2539

2.5.3 การกรองน้ำ (Filtration)

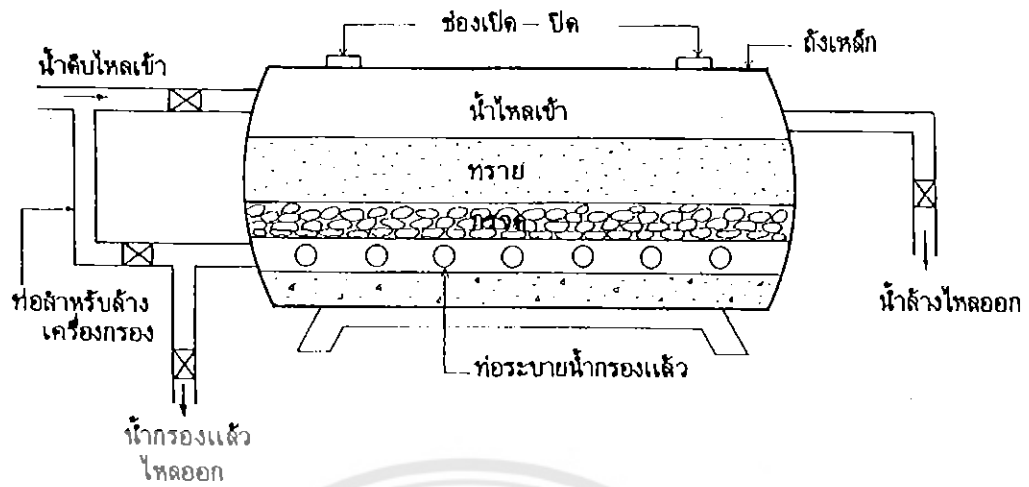
การกรองน้ำเป็นกระบวนการผลิตน้ำประปาที่สำคัญมาก เพราะจะทำหน้าที่กรองหรือแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำที่ไหลล้นมาจากถังตกตะกอน ซึ่งได้ผ่านกระบวนการสร้างตะกอนแล้วน้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะมีความใสมากปราศจากตะกอนแขวนลอยต่างๆ มีความขุ่นต่ำ โดยทั่วไประบบกรองน้ำจะใช้ทราย ระบบกรองน้ำมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ โดยแบ่งตามอัตราการกรองน้ำ คือ

2.5.3.1 ระบบถังกรองช้า (Slow sand filter) เหมาะสำหรับชุมชนเล็กๆ และน้ำดิบที่มีความขุ่นไม่เกิน 50 หน่วย (NTU) ดังรูปที่ 2.13



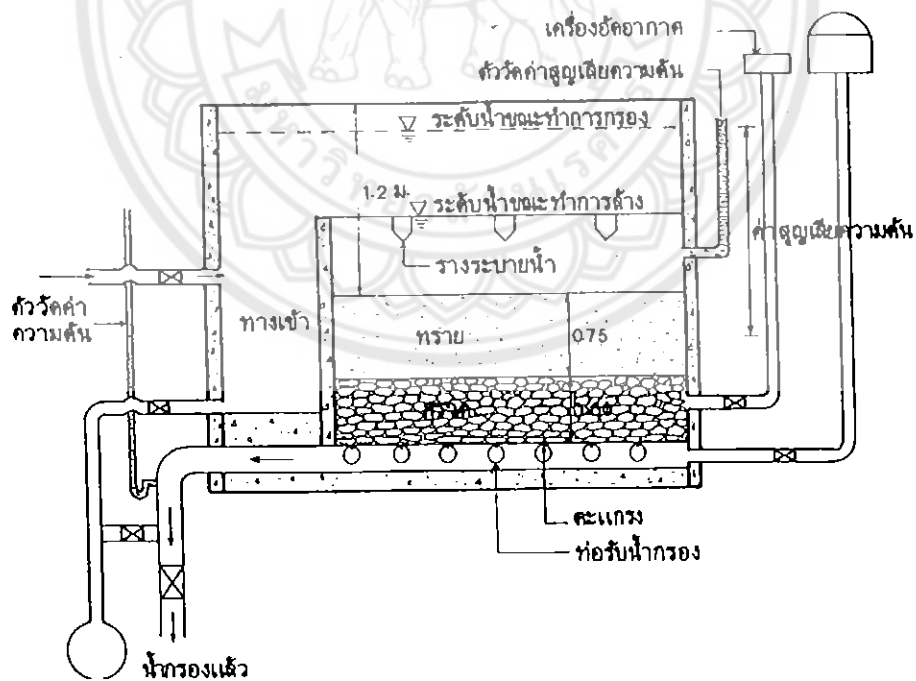
รูปที่ 2.13 ถังกรองช้า  
ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2539

2.5.3.2 ระบบกรองเร็ว (Rapid sand filter) ใช้ได้ทั่วไป โดยเฉพาะชุมชนใหญ่ๆ และน้ำดิบที่มีความขุ่นมากแต่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้ความชำนาญสูง ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 เครื่องกรองเร็ว  
ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2539

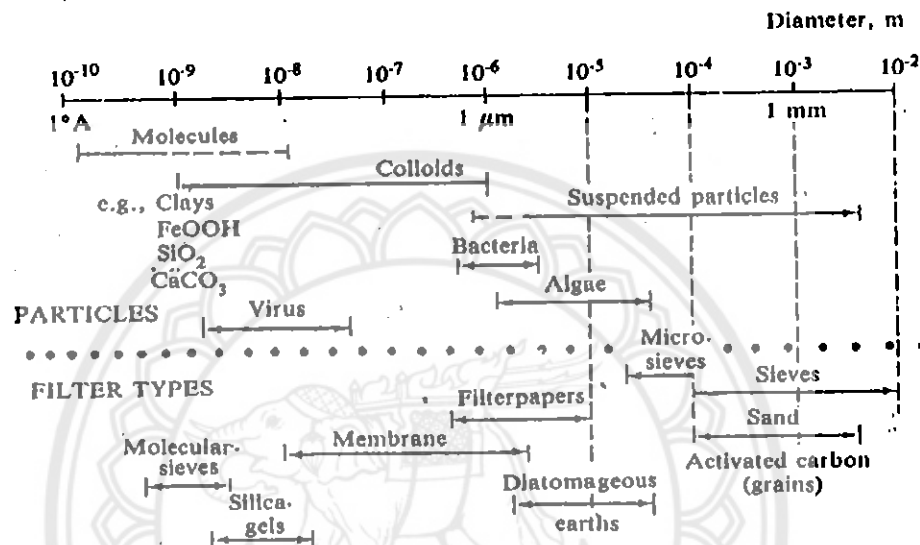
2.5.3.3 ระบบกรองแบบใช้ความดัน (Water softening plant) ใช้เมื่อน้ำดิบมีความกระด้างสูงกว่ามาตรฐานมีหลายระบบ เช่น Zeolite softening plant , Lime soda softening plant เป็นต้น ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 เครื่องกรองความดัน  
ที่มา: เกรียงศักดิ์, 2539

## 2.6 กระบวนการโคแอกกูเลชันและฟลอคคูเลชัน

อนุภาคสามารถจำแนกตามขนาดได้ดัง รูปที่ 2.16 ซึ่งอนุภาคขนาดเล็กเป็นสาเหตุของความขุ่นในน้ำเรียกว่าอนุภาคคอลลอยด์ โดยทั่วไปมีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง  $10^{-6}$  จนถึง  $10^{-3}$  มิลลิเมตร เนื่องจากอนุภาคมีขนาดเล็กจึงไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยน้ำหนักของตัวเองในเวลาจำกัด นอกจากนี้ อนุภาคคอลลอยด์เมื่ออยู่ในน้ำจะมีประจุประจําตัว และเนื่องจากอนุภาคนี้มีประจุทำให้อนุภาคที่มีประจุชนิดเดียวกันเกิดแรงผลักรันระหว่างอนุภาค อนุภาคเหล่านี้มีเสถียรภาพสูง ดังนั้นการทำให้อนุภาคต่างๆรวมตัวกันและจับกันเป็นก้อนจะมีขั้นตอน 2 ขั้นตอนคือ



รูปที่ 2.16 การจำแนกขนาดของสารต่าง ๆ ในน้ำ  
ที่มา : (มันสิน, 2537)

### 2.6.1 ทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของอนุภาคคอลลอยด์

2.6.1.1 กลไกลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) โดยการเพิ่มประจุตรงกันข้ามกับ คอลลอยด์ในชั้นกระจายให้มากขึ้น ดังรูปที่ 2.17 ซึ่งจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้า ที่ผิวออกสุดของน้ำลดลงการทำลายเสถียรภาพโดยการลดความหนาของชั้นกระจายด้วยการเติมสารละลายของเกลือโดยปริมาณสารตัวนำไฟฟ้า (ที่มีไอออนประจุบวก) ซึ่งเติมเพื่อทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยวิธีลดความหนาของชั้นกระจาย ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคอลลอยด์ และไม่ว่าจะเติมไอออนบวกมากเพียงใด จะไม่สามารถทำให้คอลลอยด์เปลี่ยนประจุไฟฟ้าจากลบเป็นบวก

2.6.1.2 กลไกดูดติดผิวและทำลายประจุของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption and Charge Neutralization) โดยใส่สารเคมีบางหมู่ที่มีความสามารถให้ประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์และดูดติดผิวได้ ซึ่งจะมีผลในการลดศักย์ไฟฟ้าของคอลลอยด์ ซึ่งเป็นการทำลายเสถียรภาพนั่นเอง ดังรูปที่ 2.18

2.6.1.3 กลไกการสร้างผลึกขึ้นมา เพื่อให้อนุภาคคอลลอยด์มาเกาะจับ (Sweep Coagulation) เช่น การใส่สารส้มให้เกิดผลึก  $\text{Al}(\text{OH})_3$  เหมือนวุ้นสีขาว เพื่อให้อนุภาคมาเกาะแล้วรวมกันเป็นฟลอคได้ กลไกการใช้ผลึกสารอินทรีย์ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์มีลักษณะที่



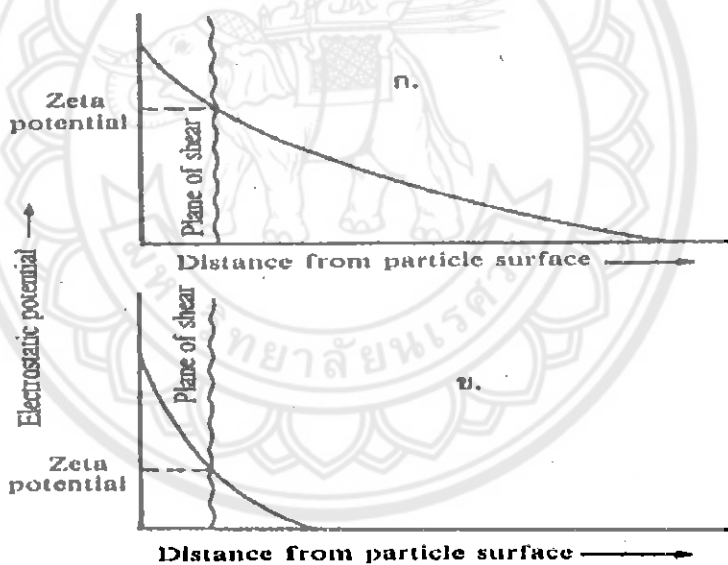
แตกต่างจากกลไก แบบแรกคือ ปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม(Optimum Dosage)แปรผกผันกับความเข้มข้นของคอลลอยด์ กล่าวคือ น้ำที่มีความขุ่นน้อยต้องใช้โคแอกกูแลนต์จำนวนมากจึงจะเกิดโคแอกกูแลชันได้ดี ในทางตรงกันข้ามน้ำที่มีความขุ่นสูงอาจใช้โคแอกกูแลนต์น้อยกว่า เหตุผลคือน้ำที่มีความขุ่นต่ำจะมีโอกาสสัมผัสระหว่างอนุภาคน้อย ดังนั้นแม้ว่าการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์จะเกิดขึ้นแล้วก็ตาม

โคแอกกูแลชันอาจไม่เกิดได้ดีเท่าที่ควร การใช้โคแอกกูแลนต์ปริมาณสูงก็เพื่อให้สร้างผลึกจำนวนมากๆ สำหรับเป็นสารเป่าสัมผัสให้กับอนุภาคคอลลอยด์ แต่ในกรณีที่น้ำมีความขุ่นสูง โอกาสสัมผัสย่อมมีมาก จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยเป่าสัมผัสจากภายนอกมากเท่ากับกรณีแรก

2.6.1.4 กลไกสร้างสะพานเชื่อมต่ออนุภาคคอลลอยด์ โดยใช้สารพอลิเมอร์ที่มี

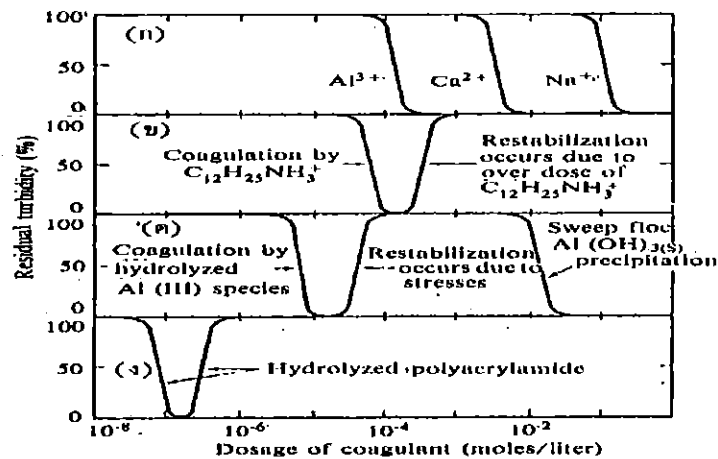
โมเลกุลขนาดใหญ่ เมื่อใส่ลงในน้ำจะให้ก้อนเป็นจำนวนมากเพื่อเกาะจับกับอนุภาคคอลลอยด์และยังมีแขนเชื่อมติดกับอนุภาคคอลลอยด์ตัวอื่น ๆ เพื่อทำให้เกิดฟลอค ดังภาพที่ 2.19

2.6.2 ทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่หมดเสถียรภาพแล้วเคลื่อนที่มาสัมผัสและเกาะจับกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟลอคคูลชัน (Flocculation)



รูปที่ 2.17 ผลของการเติมอิออนที่มีประจุตรงกันข้ามให้กับคอลลอยด์ (ก) ก่อนเติมอิออน (ข) หลังจากการเติมอิออนแล้ว

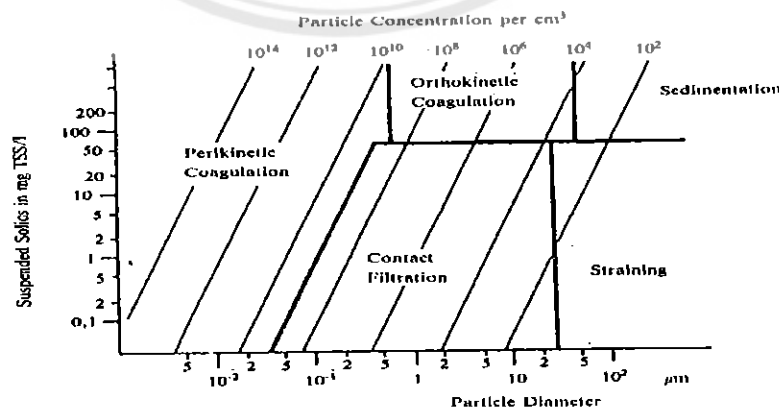
ที่มา : (มันสิน, 2537)



รูปที่ 2.18 การเปรียบเทียบปริมาณโคแอกกูแลนต์ ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ด้วยกลไก แบบต่างๆ จะเห็นว่าแบบ (ก) ซึ่งเป็นการลดความหนาของชั้นกระจายด้วย  $Al^{+3}$ ,  $Ca^{+2}$  และ  $Na^{+}$  ต้องการสารเคมีมากที่สุด ส่วนแบบ (ง) ซึ่งเป็นการใช้พอลิเมอร์เป็นตัวเชื่อมโยง(สะพาน)ให้อนุภาค คอลลอยด์มารวมตัวกัน มีความต้องการสารโคแอกกูแลนต์น้อยที่สุด

ที่มา (มันสิน,2537)

2.6.2.1 ทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสร้างสัมผัสเกิดขึ้น วิธีปฏิบัตินี้เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ กวนน้ำให้เคลื่อนที่ในลักษณะที่ส่วนต่างๆของน้ำมีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน เป็นเหตุให้อนุภาคต่าง ๆ มีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากันจึงมีการสัมผัสเกิดขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำต้องไม่รวดเร็วจนเกินไป เพราะฟลอคที่เกิดขึ้นอาจจะแตกหรือหลุดออกจากกันได้ วิธีนี้เป็นวิธีธรรมดาที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งอุปกรณ์ในการสร้างสัมผัสหรือสร้างฟลอคคุเลชันเรียกว่า ถังกวนช้า และวิธีการสร้างสัมผัสแบบนี้มีเรียกว่า Orthokinetic Flocculation อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟลอคคุเลชันแบบนี้ควรมีขนาดใหญ่กว่า 0.1 – 1 ไมครอนและมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 mg/l ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสัมผัสระหว่างอนุภาคต่างๆทั้ง 5 ประเภท

ที่มา (มันสิน, 2537)

2.6.2.2 การสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์ อาจเกิดขึ้นได้เองโดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์กระทบกันเองหรือถูกชนโดยโมเลกุลของน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การสัมผัสแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนเรียกว่า Perikinetic Flocculation

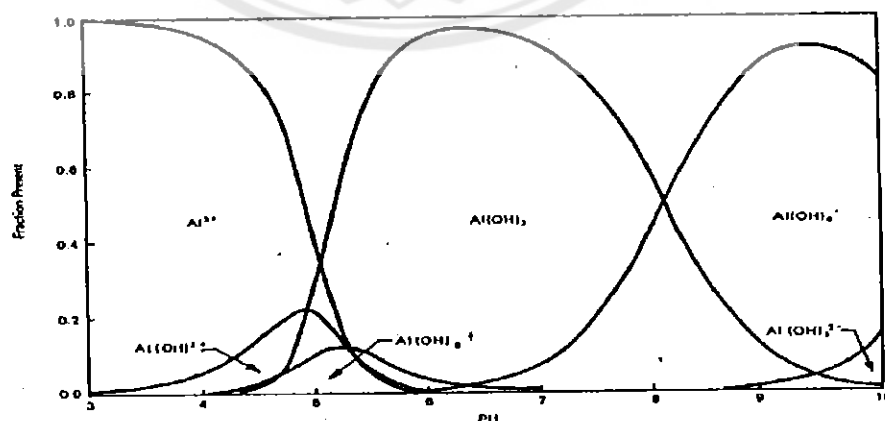
2.6.2.3 การสัมผัสระหว่างอนุภาคเกิดขึ้น เนื่องจากการตกตะกอนที่มีอัตราไม่เท่ากันของอนุภาคต่างๆ ฟลอคคูเลชันด้วยวิธีนี้เกิดขึ้นพร้อมๆกับการตกตะกอน ทำให้สามารถกำจัดอนุภาคคอลลอยด์ออกจากน้ำได้เลย อนุภาคที่สามารถสร้างฟลอคคูเลชันแบบนี้ได้ต้องมีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร ในทางปฏิบัติอนุภาคที่มีขนาดดังกล่าวอาจเกิดฟลอคคูเลชันมาก่อนแล้วครั้งหนึ่ง เมื่อมาถึงการตกตะกอนจึงเกิดฟลอคคูเลชันอีกในขณะที่มีการตกตะกอน

2.6.2.4 ในกรณีที่อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า 0.1–1 ไมครอน แต่เล็กกว่า 5 ไมครอน และมีความเข้มข้นน้อยกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร ฟลอคคูเลชันอาจเกิดขึ้นโดยการสร้างสัมผัสแบบ Orthokinetic Flocculation แต่อาจเกิดขึ้นช้าเนื่องจากโอกาสสัมผัสน้อย วิธีแก้ไขอาจกระทำดังนี้

ใช้ถังกรองทรายแบบกรองเร็วหรือถังกรองแบบ 2 ชั้น ชั้นกรองช่วยเพิ่มอัตราสัมผัสให้และยังบังคับให้อนุภาคต่างๆเคลื่อนที่เข้ามาชิดกันด้วย การใช้ถังกรองช่วยสร้างฟลอคคูเลชันเช่นนี้เรียกว่ากรองสัมผัส (Contact Filtration) แต่เนื่องจากช่องว่างในชั้นกรองมีจำกัด วิธีนี้จึงใช้ได้กับอนุภาคที่มีความเข้มข้นไม่เกิน 50 มิลลิกรัม./ลิตร การใช้กรวดขนาดเล็กแทนทรายอาจเพิ่มปริมาตรช่องว่างได้แต่เป็นการลดพื้นที่สัมผัส ดังนั้นจึงอาจได้ผลในทางฟลอคคูเลชันไม่ดีเท่าชั้นทราย

ใช้อนุภาคที่จับตัวกันเป็นฟล็อกแล้วเป็นเป้าสัมผัสให้กับอนุภาคใหม่ ในทางปฏิบัติสามารถทำได้ 2 วิธีคือ ทำให้ฟล็อกจับตัวกันเป็นชั้นสลัดจ์ (Sludge Blanket) และบังคับให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ผ่านชั้นสลัดจ์ อีกวิธีหนึ่งคือนำเอาฟล็อกกลับคืนมาผสมกับอนุภาคคอลลอยด์จากนั้นจึงสร้างสัมผัสตามแบบ Orthokinetic Flocculation ไปตามปกติ การใช้ถังตกตะกอนแบบ Solids Contact Clarifier ก็ใช้หลักนี้

2.6.2.5 ในกรณีที่อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดใหญ่กว่า 3 ไมครอนแต่มีความเข้มข้นต่ำ การสร้างสัมผัสอาจใช้วิธีกรองได้เช่นกัน แต่สารกรองที่ใช้ควรมีขนาดใหญ่กว่าทรายดังรูปที่ 2.20



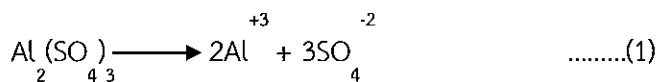
รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มและค่าพีเอช

ที่มา : (มันสิน, 2537)

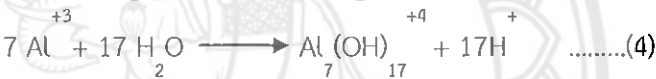
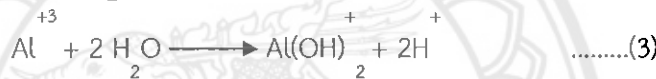
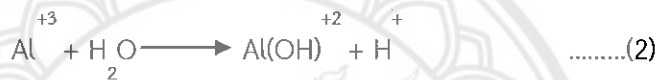
2.6.3 กลไกโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม

สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในประเทศไทยเนื่องจากสามารถใช้ได้ดีกับน้ำดิบจากแหล่งต่างๆและหาซื้อได้ง่ายในราคาที่ไม่แพงมากนักสารส้มมีสูตรโมเลกุลคือ  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$  ซึ่งโดยปกติ n มีค่าเท่ากับ 14.3 หรือ 18 เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำจะแตกตัวให้

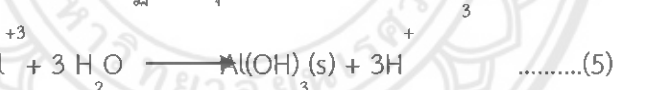
ไอออนบวกและลบดัง  
ปฏิกิริยาที่ 1



เมื่อเติมสารส้มในน้ำอลูมิเนียมไอออนจาก  $Al_2(SO_4)_3$  จะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำได้  $Al(H_2O)_6^{+3}$  หรือ  $Al^{+3}$  ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของ  $Al^{+3}$  จะเกิดขึ้นทันทีโดยไลแกนด์ (Ligands) ชนิดต่างที่อยู่ในน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่ง  $OH^-$  จะเข้าแทนที่โมเลกุลของน้ำเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex Substance) ระหว่างอลูมิเนียมกับไฮดรอกไซด์ไอออน(Hannah และคณะ,1967) ดังสมการที่ 2, 3 และ 4

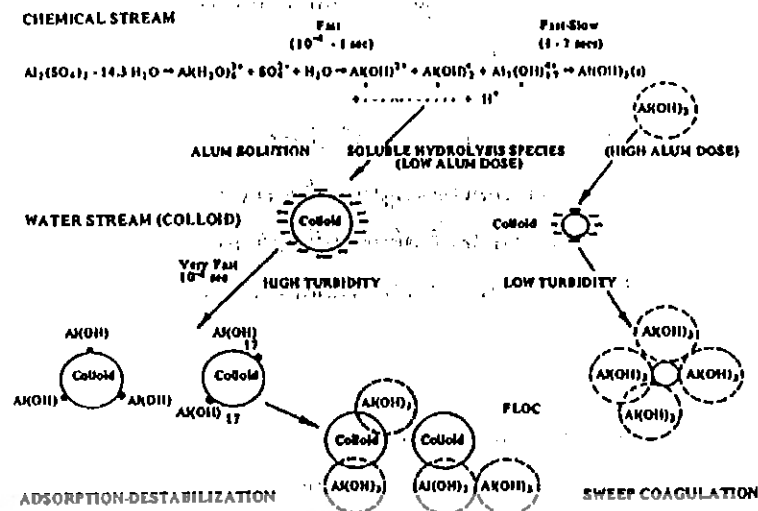


ในกรณีที่มีความเข้มข้นของสารส้มสูงกว่าความเข้มข้นที่จุดอิ่มตัว (Saturation Point) ไฮโดรไลซิสจะดำเนินต่อไปจนได้ผลของปฏิกิริยาสุดท้ายเป็นผลึก  $Al(OH)_3$  ดังสมการที่ 5



ผลของปฏิกิริยาที่จะเกิดการดูดติดผิวอนุภาคคอลลอยด์คือสารคอมเพล็กซ์ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างไฮโดรไลซิสจาก  $Al^{+3}$  ถึง  $Al(OH)_3$  สารคอมเพล็กซ์อาจมีประจุลบหรือบวกก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพีเอชของน้ำกล่าวคือถ้าพีเอชของน้ำสูงกว่าจุดสะเทินทางไฟฟ้า (Zero Point of Charge) ของ  $Al(OH)_3(s)$  จะเกิดสารคอมเพล็กซ์ประจุลบเช่น  $Al(OH)_4^-$ ,  $Al(OH)_5^{2-}$  ถ้าพีเอชของน้ำต่ำกว่าจะสะเทินทางไฟฟ้าของ  $Al(OH)_3(s)$  ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในกระบวนการโคแอกกูเลชันจะเกิดสารคอมเพล็กซ์ประจุบวกเช่น  $Al(OH)^{+2}$ ,  $Al(OH)_2^+$ ,  $Al_7(OH)_{17}^{+4}$ ,  $Al_3(OH)_{13}^{+5}$  (รูปที่ 2.10)

สารส้มที่เติมลงในน้ำจะเกิดการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไกหลักดังนี้  
ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 กลไกในการสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม  
ที่มา : (มันสิน, 2537)

2.6.3.1 กลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ (Adsorption and Charge Neutralization) เกิดจากสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มที่มีประจุบวกทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ซึ่งมักมีประจุเป็นลบให้เป็นกลาง (Neutralization) เป็นการสร้างโอกาสสัมผัสให้อนุภาครวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนด้วยน้ำหนักของอนุภาคเพียงลำพังกลไกนี้มีช่วงความเหมาะสมที่แคบซึ่งจะควบคุมการทำงานให้ดีขึ้นยากเพราะสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจะต้องพอเหมาะเท่านั้น ถ้าหากมีปริมาณต่ำเกินไปโคแอกกูเลชันจะไม่เกิดแต่ถ้าสูงเกินไปสารประกอบเชิงซ้อนจะดูดติดผิวอนุภาคมากทำให้อนุภาคเปลี่ยนเป็นประจุบวกและเกิดเสถียรภาพขึ้นอีกแต่ตะกอนที่เกิดจากกลไกนี้สามารถแยกออกจากน้ำได้ง่ายทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

2.6.3.2 กลไกแบบกวาด (Sweep Coagulation) ในกรณีความเข้มข้นของสารส้มมีมากเกินไปจนปฏิกิริยาดำเนินต่อไปแล้วได้  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ดังสมการที่ 4 การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไกนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเติมสารส้มเป็นจำนวนมากพอจนมีความเข้มข้นเกินจุดอิ่มตัวซึ่งทำให้ผลึกของ  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ซึ่งมีลักษณะเหนียวสามารถห่อหุ้มอนุภาคและทำให้ผิวของอนุภาคมีความเหนียวและไม่แสดงอิทธิพลทางประจุไฟฟ้าจึงทำหน้าที่สร้างเป้าสัมผัสอนุภาคคอลลอยด์จนมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้เพียงลำพัง

2.6.3.3 กลไกโคแอกกูเลชันแบบร่วม (Combined Coagulation) เป็นการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ร่วมกันระหว่างกลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุและแบบกวาดโดยที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของกลไกทั้งสองมีไม่เด่นชัดซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณสารส้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิวและทำลายประจุแต่จะใช้ปริมาณสารส้มน้อยกว่ากลไกแบบกวาด

### 2.6.3.4 คุณสมบัติของสารส้ม

ก. เป็นสารสร้างตะกอน (Coagulant) เป็นสารหลักในการตกตะกอนน้ำดิบ ทำหน้าที่เกาะหรือยึดติดกับสาร

ข. แววนลอยในน้ำเพื่อรวมสารแขวนลอยให้เป็นกลุ่มก้อนมีน้ำหนักมากขึ้น จนมีน้ำหนักพอที่จะตกตะกอนสารแขวนลอยได้

ค. ทำให้ความขุ่นสีของน้ำรวมทั้งแบคทีเรียในน้ำลดลง

ง. เมื่อละลายน้ำทำให้ฟlocและเหนียวช่วยทำให้ pH ของน้ำลดลง

จ. มีรสเปรี้ยวและค่อนข้างฝาดเป็นกรดมีฤทธิ์กัดกร่อนโดยเฉพาะโลหะและคอนกรีตบางอย่างเพราะฉะนั้นถึงที่ใช้เตรียมสารละลายสารส้มควรเป็นถังพลาสติกพีวีซีหรือสแตนเลส

ฉ. ละลายได้ดีในน้ำสามารถตกตะกอนได้ดีในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง

(pH) 5.5-8.0

### 2.6.3.5 ผลเสียของการใช้สารส้มในปริมาณที่ไม่เหมาะสม

ก. กรณีใช้สารส้มน้อยเกินไป

ข. การตกตะกอนของน้ำดิบจะเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์

ค. น้ำก่อนกรองมีความขุ่นสูงจึงทำให้ถังกรองอุดตันเร็ว

ง. ลินเปลืองน้ำในการล้างถังกรอง

จ. อาจทำให้น้ำประปามีความขุ่นเกินมาตรฐาน

ฉ. กรณีใช้สารส้มมากเกินไป

ช. ลินเปลืองค่าใช้จ่ายและแรงงาน

ซ. การตกตะกอนไม่ดีเนื่องจากสภาวะเป็นกรดมากเกินไปน้ำจะขุ่นมัว

ด. pH ของน้ำจะต่ำทำให้เกิดการกัดกร่อนท่อประปาและอุปกรณ์การผลิต

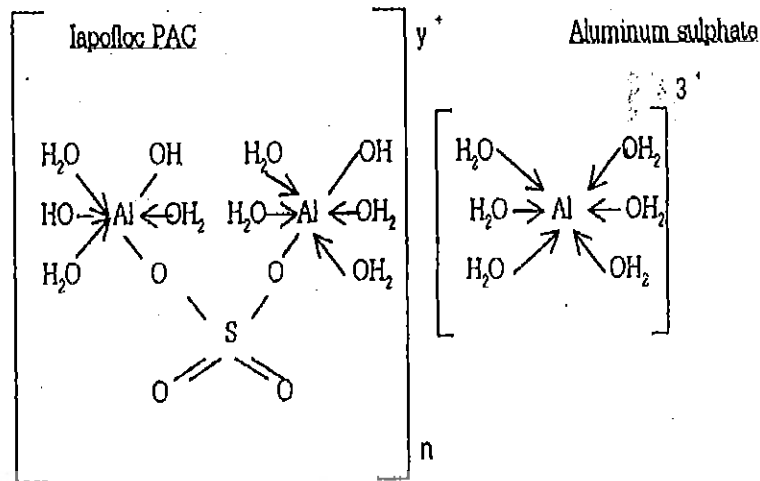
ญ. มีสารส้มหลงเหลืออยู่ในน้ำประปามากเกินมาตรฐานเมื่อนำมาบริโภคทำให้มีผลต่อสุขภาพ

ให้มีผลต่อสุขภาพ

ฎ. ใช้สารส้มทำให้น้ำดิบตกตะกอนเพียงลำพังได้โดยไม่ต้องเติมโซดาแอซ หรือปูนขาวถ้าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำระหว่างการผลิตอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่สารส้มจะทำปฏิกิริยาได้ดี

### 2.6.4 กลไกโคแอกกูเลชันด้วยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์

โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminum Chloride, PACl) เป็นสารสร้างตะกอนที่นิยมใช้กันตั้งแต่ปีค.ศ. 1970 เป็นต้นมาโดยเป็นที่นิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่นและบางประเทศในทวีปยุโรป PAClเตรียมขึ้นโดยอลูมิเนียมที่เป็น  $Al_2O_3$  นี้จะทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้รวมตัวเป็น  $AlCl_3$  หลังจากนั้นจะทำปฏิกิริยากับเบสที่อุณหภูมิและความดันสูงเพื่อให้รวมตัวเป็นอลูมิเนียมพอลิเมอร์ซึ่งเมื่อเติมสารส้มลงไปสารละลายนี้สารส้มจะไปลดความเข้มข้นของ  $Al_2O_3$  ให้เหลือ 10 – 11 % และเติมซัลเฟตลงไปเพื่อไปทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอลูมิเนียม 2 อะตอม สูตรทั่วไปของPAClคือ  $Al_n(OH)_mCl_{3-n}$  ดังภาพที่2.19 ซึ่งแสดงโครงสร้างทางเคมีของ LapoflocPAClและสารส้มดังรูปที่ 2.22

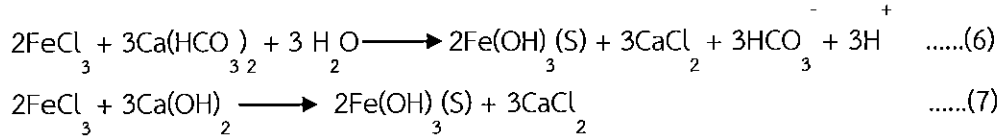


รูปที่ 2.22 โครงสร้างทางเคมีของ LapoflocPAC และ Alum  
ที่มา : (มันสิน, 2537)

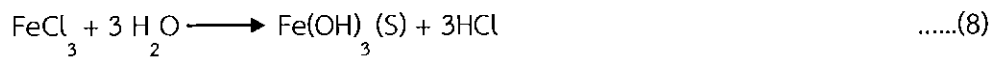
เมื่อ PACl ละลายน้ำจะไฮโดรไลซ์ทันทีที่เป็นอลูมิเนียมเชิงซ้อนมากมายซึ่งตัวที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ  $[Al_13O_4(OH)_{24}]^{+7}$  หรือ  $Al^{+13}$  การรวมตัวเป็นอลูมิเนียมชนิดนี้ขึ้นอยู่กับระดับการรวมตัวของต่างกับกับสารละลายอลูมิเนียม, ชนิดและความเข้มข้นของต่าง, ความเข้มข้นของสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์, อุณหภูมิซึ่งปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือปริมาณของต่างที่เติมลงไปและระดับของความเป็นกลางเมื่อนำโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์มาใช้เป็นสารสร้างตะกอนแทนสารส้มนั้นพบว่าใช้ได้กับน้ำในช่วงพีเอชที่กว้างกว่าการใช้สารส้มโดยเฉพาะที่พีเอชน้อยกว่า 5.5 หรือที่พีเอชมากกว่า 7 ทำให้เกิดการรวมตัวกับอนุภาคคอลลอยด์เกิดเป็นกลุ่มตะกอนได้เร็วและมีความแข็งแรงกว่าและตกตะกอนได้เร็วกว่าการใช้สารส้มในการใช้ PACl เป็นสารสร้างตะกอนจะไม่มีควมจำเป็นต้องใช้สารช่วยสร้างตะกอนเลย

2.6.5 กลไกโคแอกกูเลชันด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์

เฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric chloride) มีสูตรทางเคมีคือ  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  หรือ  $FeCl_3$  anhydrous มีลักษณะผลึกสีน้ำตาลหรือเหลืองเป็นเม็ดสีเขียวหรือดำและมีรูปร่างสารละลายสีน้ำตาลแกมเหลืองปกติจะละลายน้ำได้ดีและเติมน้ำดิบในรูปของสารละลายสารละลายจะมีฤทธิ์เป็นกรดและกีดกร่อนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะได้ตะกอนเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ( $Fe(OH)_3$ ) เฟอร์ริกคลอไรด์เป็นสารเคมีที่แตกตัวในน้ำรูปแบบของสารประกอบเหล็กเมื่อละลายน้ำนั้นจะมีประจุบวกสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ประจุลบที่เกิดจากของแข็งในน้ำตะกอนด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุของการรวมกลุ่มของตะกอนเฟอร์ริกคลอไรด์จะทำปฏิกิริยากับ Bicarbonate alkalinity ในน้ำตะกอนและเปลี่ยนรูปเป็นเหล็กไฮดรอกไซด์กับ Bicarbonate alkalinity ดังสมการที่ 6 และ 7



การสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มอาจได้ผลไม่ดีนักกับน้ำอ่อนที่มีสีเข้มกรณีเช่นนี้เฟอริกคลอไรด์ให้ผลดีกว่าเมื่อเติมเฟอริกคลอไรด์ให้กับน้ำจะมีผลเกิดเฟอริกไฮดรอกไซด์เกิดขึ้นดังสมการที่ 8

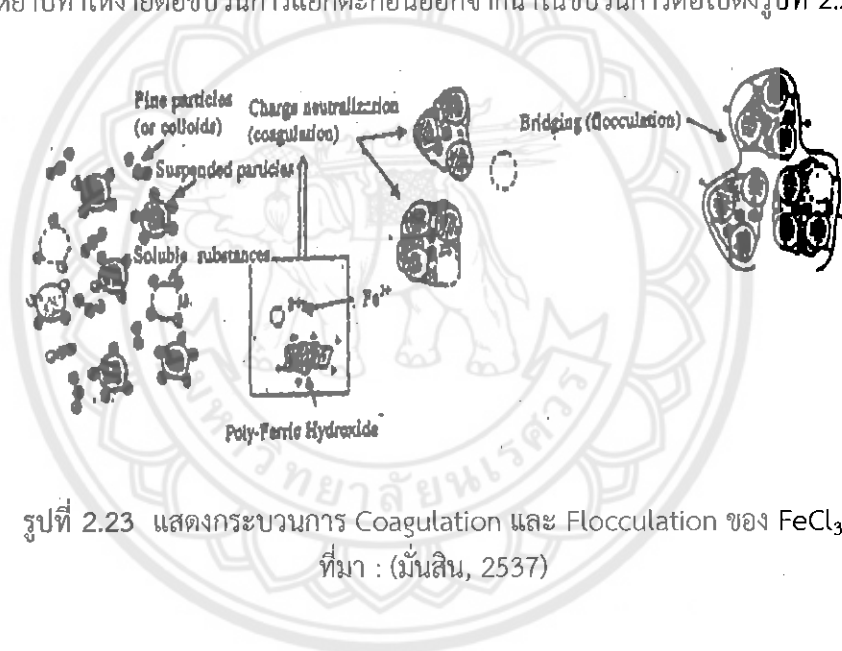


ข้อดีอีกประการหนึ่งของสารเคมีชนิดนี้คือสามารถสร้างโคแอกกูเลชันกับน้ำที่มี  $\text{H}_2\text{S}$  ได้ดี

เฟอริกคลอไรด์จะทำหน้าที่เป็นสารสร้างตะกอนในกระบวนการตกตะกอนได้ทั้ง 2 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.20-2.21 คือ

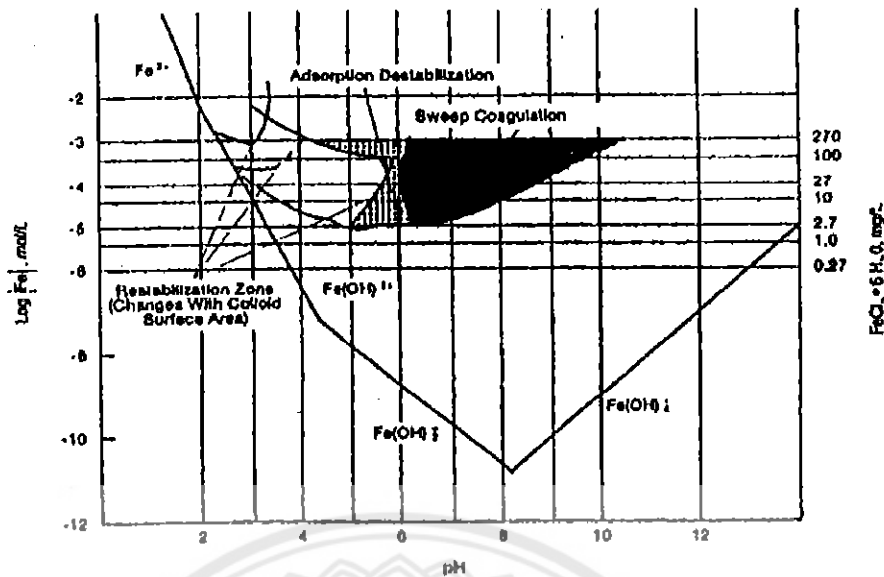
**ขั้นตอนที่ 1 Coagulation** เฟอริกคลอไรด์จะทำหน้าที่สะเทินประจุบนผิวของอนุภาคต่างๆ ทั้งที่แขวนลอยและละลายอยู่ในน้ำให้กลายเป็นกลางโดยการดูดซับประจุและทำปฏิกิริยากับประจุบนผิวของอนุภาคนั้นๆ ซึ่งเป็นผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคอ่อนลงและอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นเกิดเป็นตะกอนเล็กๆ ขนาดระหว่าง  $10^{-9}$  –  $10^{-7}$  ม.

**ขั้นตอนที่ 2 Flocculation** เฟอริกคลอไรด์จะทำหน้าที่รวมตะกอนเล็กๆ ซึ่งเกิดขึ้นจากขั้นตอนที่ 1 ให้เป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นขนาดมากกว่า  $10^{-7}$  ม. ซึ่งถือว่าเป็นขนาดของตะกอนที่ใหญ่และหยาบทำให้ง่ายต่อขบวนการแยกตะกอนออกจากน้ำในขบวนการต่อไปดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงกระบวนการ Coagulation และ Flocculation ของ FeCl<sub>3</sub>  
ที่มา : (มันสิน, 2537)





รูปที่ 2.24 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชันด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์  
ที่มา : (มันสิน, 2537)

## 2.6.6 การใช้สารช่วยสร้างตะกอน (Coagulation Aid)

ในการใช้สารช่วยสร้างตะกอนส่วนใหญ่จะเป็นสารประเภทพอลิเมอร์ องค์กรประกอบและรูปแบบทางด้านกายภาพของพอลิเมอร์มีรูปร่างเป็นโซ่ยาว (Long Chain) เป็นสารเคมีชนิดพิเศษสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์จากมอนอเมอร์หลาย ๆ ตัวรวมกันหรือสามารถทำได้จากการเพิ่มสารเคมีลงไปเพื่อเพิ่มหน้าที่ของมอนอเมอร์ซึ่งเป็นตัวแบ่งประเภทของพอลิเมอร์ ที่เกิดขึ้นดังนั้นมอนอเมอร์จึงเป็นส่วนประกอบหนึ่งของพอลิเมอร์แขนงของมอนอเมอร์ค่อนข้างกว้างจึงใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์พอลิเมอร์ เช่น acrylamide สารอินทรีย์สังเคราะห์พอลิเมอร์ สามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆคือ Cationic Polymer มีประจุบวกบนส่วนของสารอินทรีย์ ระดับของประจุบนพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับจำนวนไอออนของไนโตรเจน มีประสิทธิภาพสูงในการปรับสภาพตะกอนซึ่งมีประจุลบ ตัวอย่างของพอลิเมอร์ประจุบวก ได้แก่ Polydiallyldimethyl Ammonium (PDADMA, cat-floc) สารรวมตะกอน Polyacrylamide ประเภทประจุบวกเตรียมได้โดยการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสารเคมีชนิด Polyacrylamide ชนิดไม่มีประจุ หรือเป็นการรวมมอนอเมอร์ประเภทประจุบวกด้วย Acrylamide Polymer โดยพอลิเมอร์ชนิดประจุบวก จะนิยมใช้ในงานปรับสภาพตะกอน เนื่องจากของแข็งในน้ำตะกอนสดนั้นมีประจุลบ Anionic Polymer มีประจุลบบนส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ จำนวนประจุลบขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มของ Acrylamide ที่ละลายอยู่ในกรด Acrylic พอลิเมอร์ชนิดประจุลบ ได้แก่ Polyacrylamide Acid (PAA), Hydrolyzed Polyacrylamide (HPAM) และ Polystyrene Sulfate (PSS) สารรวมตะกอน Polyacrylamide ประเภทประจุลบ มีประจุไฟฟ้าเป็นลบเมื่อละลายน้ำและทำให้เกิดกลุ่ม Amide (NH<sub>2</sub>) หรือเกิดจากการรวมกลุ่มของมอนอเมอร์ชนิดประจุลบ จนเป็น Acrylamide Polymer Nonionic polymer ไม่ละลายน้ำแต่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมอนุภาคของตะกอนให้เกิดการรวมกลุ่มกันได้ดี ในทางปฏิบัติพอลิเมอร์ประเภทนี้อาจจะเกิดจากการรวมกันของสารอนินทรีย์พอลิเมอร์ (Inorganic Polymer) และสารอินทรีย์พอลิเมอร์ (Organic Polymer) ซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงของตะกอน โครงสร้างในรูปสารละลายของ สารอินทรีย์พอลิเมอร์

เมื่อละลายน้ำจะเปลี่ยนเป็นสารละลาย ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามความหนืด ค่าความหนืด (Viscosity) ขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลและระดับของประจุไฟฟ้าที่การเจือจางมากๆ โมเลกุลจะยึดแขนออก เพราะผลของการผลัดจึงทำให้เกิดการประชิดตามความยาวของสายพอลิเมอร์ ที่ความเข้มข้นปกติ สายโซ่ที่ยาวของพอลิเมอร์ประจุลบ สันนิษฐานว่ามีรูปร่างคล้ายไส้ไก่ (มีวนเป็นวง) แต่เนื่องจากความยาวของสายโมเลกุลของพอลิเมอร์ค่อนข้างยาวดังนั้นจึงไม่สามารถบอกตัวเลขของสายพอลิเมอร์ได้

การที่นำพอลิเมอร์มาใช้เป็นสารสร้างตะกอนหรือสารช่วยเร่งให้ตกตะกอนอย่างมาก เนื่องจากการใช้พอลิเมอร์จะช่วยลดปริมาตรตะกอนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำได้ ทำให้ได้กลุ่มตะกอนที่มีขนาดเล็กและแน่น (Dense Flocc) ตะกอนที่เกิดขึ้นจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนที่เกิดจากการใช้สารส้มหรือเกลือเฟอร์ริกคลอไรด์ ทำให้เกิดกลุ่มตะกอนที่รวดเร็วมากกว่าการใช้สารส้มหรือเกลือของเหล็กเป็นสารสร้างตะกอน สะดวกในการใช้งาน ไม่มีความเป็นพิษและอันตรายต่อผู้ใช้ สามารถทำลายหรือลดสภาพความเป็นด่างน้อยกว่าการใช้สารส้มหรือเกลือของเหล็กในการสร้างตะกอน ทำให้สารเคมีบางชนิด เช่น ซัลเฟต ตกค้างในน้ำในปริมาณที่น้อย

### 2.6.7 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน

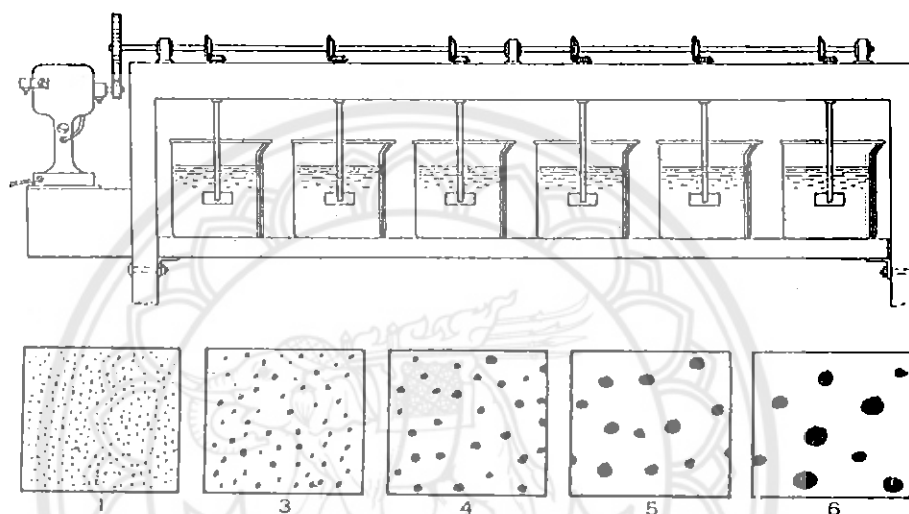
ในการควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน จำเป็นต้องรู้ชนิดและปริมาณสารที่เหมาะสม ตลอดจนสถานะต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการโคแอกกูเลชัน ซึ่งได้แก่ ระดับพีเอชของน้ำ ความเร็ว แกร-เดียนท์ และระยะเวลาในการกวนน้ำ ความก้าวหน้าของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการโคแอกกูเลชันยังไม่สามารถจะใช้กำหนดและควบคุมตัวแปรต่างๆดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ จึงได้พัฒนาวิธีควบคุมโคแอกกูเลชันนอกเหนือจากการทดลองจาร์เทสต์ ได้แก่วิธีการควบคุมโดยวัดศักย์ไฟฟ้า (Zeta Potential) การควบคุมโดยวิเคราะห์หาสารโคแอกกูแลนท์ที่เหลือ (Residual Coagulant Analysis) และการควบคุมโดยการหาความสามารถในการกรอง (Filterability) เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการทดลองจาร์เทสต์ (มันสัน, 2537)

#### 2.6.7.1 การทดลองจาร์เทส

การทดสอบการสร้างตะกอนเป็นปฏิบัติการพื้นฐานทางด้านการบำบัดน้ำ สำหรับทำน้ำประปาและการบำบัดน้ำเสียปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอน จำเป็นต้องเหมาะสมกับลักษณะสมบัติของน้ำที่ต้องการทดสอบซึ่งประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากที่สุดกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การสร้างตะกอนเป็นกระบวนการทำเสถียรภาพของอนุภาคการใช้สารเคมีในปริมาณที่เหมาะสมจึงต้องอาศัยการทดสอบที่เรียกว่า “Jar Test” ซึ่งเป็นการทดสอบหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเติมและผสมสารเคมีสำหรับการตกตะกอนและใช้กันแพร่หลายในโรงประปา อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ Jar Test ส่วนใหญ่เป็นชุดของอุปกรณ์ที่สามารถทำงานพร้อมกันในการทดลองเดี่ยวซึ่งการทำ Jar Test มีประโยชน์หลายประการคือ (ก) เปรียบเทียบผลของการใช้สารเคมีสร้างตะกอน (ความเข้มข้นชนิดของสารเคมี) (ข) ค่าพีเอชที่เหมาะสม (ค) การเติมและควบคุมความเป็นด่าง (ง) ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดตะกอน (จ) เงื่อนไขที่เหมาะสมด้านพลังงานที่ใช้ในการกวนเร็วและกวนช้า (ฉ) การทดสอบอื่นๆเช่นค่า zeta potential (electrophoretic mobility) รูปที่ 2.15 เป็นอุปกรณ์ทำ Jar Test ก่อนการทำ Jar Test ควรวิเคราะห์น้ำตัวอย่างเบื้องต้นเช่นวัดค่าพีเอช ความเข้มข้นเป็นต้น สารช่วยสร้างตกตะกอนที่ใช้มีหลายชนิดสารบางประเภทเป็นที่นิยมสารบางชนิดอาจมีข้อจำกัดในการใช้สารบางชนิดมีราคาแพงการเลือกใช้สารชนิดใดเป็นประเด็นที่ผู้ดูแลระบบ

ประปาแต่ละแห่งต้องพิจารณาเพราะปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างตะกอนส่วนใหญ่จะแตกต่างกันเช่นลักษณะสมบัติของน้ำเสียค่าใช้จ่ายวิธีกำจัดกับเศษตะกอนที่เกิดขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเช่นสารช่วยสร้างตะกอนประเภทที่เป็นสารประกอบของอลูมิเนียมและเหล็กมีใช้กันแพร่หลายในขณะที่สารประเภทโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ [PACL -Al(OH)<sub>x</sub>(Cl)<sub>y</sub>] มีประสิทธิภาพดีในการจับอนุภาคแขวนลอยขนาด 1-2 ไมครอนและช่วยจับตะกอนได้เร็วกว่าแต่ปัญหาคือค่าใช้จ่ายสูงกว่าประมาณสองเท่าของการใช้สารส้มปฏิบัติการนี้เน้นการใช้สารส้มเป็นสารช่วยตกตะกอนและให้นักศึกษาได้มีโอกาสทำการทดลองตามลักษณะความสนใจโดยมีจุดเน้นเรื่องของการใช้ Jar Test เป็นหลักดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 อุปกรณ์ทำ Jar Test  
ที่มา : (มันสิน, 2537)

## 2.7 คุณสมบัติของน้ำ

### 2.7.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำเป็นลักษณะที่สามารถสังเกตหรือตรวจวัดได้ง่าย โดยอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ เช่น การดูด้วยตา การดมกลิ่น การสัมผัส เป็นต้น สารเหล่านี้สามารถกำจัดออกจากน้ำ ได้ด้วยวิธีสามัญและเป็นอันตรายน้อยกว่าสารในน้ำประเภทอื่นๆ คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมีหลายประเภท ดังนี้

#### 2.7.1.1 ความขุ่น (turbidity)

ความขุ่นของน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากสารแขวนลอยต่างๆทั้งที่เป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ แพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ที่มีขนาดแตกต่างกัน สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดการกระจายของแสงและ สารแขวนลอยที่เป็นสาเหตุของความขุ่นของน้ำจะเป็นชนิดใดขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำที่ไหลผ่าน นอกจากนี้สารเคมีและแร่ธาตุบางชนิดก็เป็นสาเหตุของความขุ่นของน้ำ เช่น เหล็กและแมงกานีส ซึ่งจะพบมากในน้ำบาดาล น้ำเหล่านี้เมื่อนำมาใหม่ๆจะใส แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศจะเกิดความขุ่น ทั้งนี้เพราะออกซิเจนจากอากาศไปออกซิไดส์สารเหล่านี้ให้อยู่ในรูปที่เป็นตะกอน เช่น  $Fe^{2+}$  จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ  $Fe(OH)_3$  ซึ่งเป็น

ตะกอนสีเหลืองหรือน้ำตาลแดง เป็นต้น (กรรณิการ์,2552) และเนื่องจากความขุ่นเป็นพารามิเตอร์ที่วัดง่าย จึงใช้ความขุ่นเป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพของกระบวนการหลายประเภท เช่น กระบวนการกรองน้ำ กระบวนการตกตะกอน เป็นต้น

#### 2.7.1.2 อุณหภูมิ (temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่มีผลต่อสมบัติอื่นๆของน้ำ เช่น อัตราการละลายของก๊าซในน้ำ เป็นต้นอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะแปรผันตามภูมิอากาศและภูมิภาคของแหล่งน้ำนั้นๆ ตลอดจนสภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งน้ำ ต้นกำเนิดของแหล่งน้ำ การระบายน้ำ ความเข้มแสง ความขุ่นของน้ำ เป็นต้น ส่วนใหญ่แล้วน้ำในแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงปกติ นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาจะไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำประปาทำให้มีอุณหภูมิที่ไม่แตกต่างไปจากเดิมมากนัก จึงไม่มีการกล่าวถึงขีดจำกัดของอุณหภูมิไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม

#### 2.7.1.3 สี (color)

สีในธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดจากพืชหรือใบไม้ที่เน่าเปื่อยการที่น้ำมีสีผิดปกติทำให้ให้น้ำไม่ชวนดื่มและไม่น่าใช้ ดังนั้นการกำจัดสีออกจากน้ำ จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการผลิตประปา สีของน้ำอาจแบ่งเป็น 2 ชนิด คือสีจริง หมายถึง สีที่ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ เกิดจากการย่อยสลาย ของสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารที่มีความคงตัวสูงมาก การกำจัดสีแท้จึงยากต่อการกำจัดออก และสีปรากฏ หมายถึง สีของน้ำที่สามารถกำจัดออกได้โดยวิธีทางกายภาพ เช่น ตกตะกอนหรือกรอง เป็นต้น การกำจัดสีปรากฏออกไปจะทำให้เห็นสีแท้จริงของน้ำ

#### 2.7.1.4 กลิ่นและรส (Oder and taste)

กลิ่นและรสในน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

- ก. จุลินทรีย์ต่างๆ เช่น สาหร่ายโปรโตซัว
- ข. ก๊าซต่างๆที่ละลายในน้ำ เช่น ก๊าซไข่เน่า
- ค. การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในน้ำในสภาวะที่ขาดออกซิเจน
- ง. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม
- จ. การเติมสารเคมีบางชนิดลงในน้ำ เช่น คลอรีน
- ฉ. สารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำ เช่น เหล็ก

มนุษย์รับรู้กลิ่นและรสได้ด้วยการดมและการชิม แต่การบอกเป็นปริมาณตัวเลขว่ามีกลิ่นและรสมากน้อยเพียงใดนั้นยังไม่มีวิธีมาตรฐาน ด้วยเหตุนี้ขีดจำกัดของกลิ่นและรสในมาตรฐานน้ำประปาจึงกำหนดไว้อย่างกว้างๆว่าต้องไม่เป็นที่น่ารังเกียจเท่านั้น

### 2.7.2 คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากมีแร่ธาตุต่างๆละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งอาจทำให้น้ำนั้นมีความเป็นพิษ คุณสมบัติทางเคมีของน้ำที่สำคัญมีดังนี้

#### 2.7.2.1 พีเอช (pH)

เกิดจากการแตกตัวให้อนุมูลกรด- ด่าง มีช่วงค่าตั้งแต่ 0-14 ค่าพีเอชที่มากกว่า 7 หมายถึง มีสภาวะความเป็นด่าง ค่าพีเอชน้อยกว่า7 หมายถึงมีสภาวะความเป็นกรด น้ำสะอาดส่วนใหญ่จะมีค่าพีเอชเป็นกลางหรือเท่ากับ 7 ค่าพีเอชเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำ

ว่ามีสภาพเป็นกรด เป็นกลาง หรือเป็นด่าง เกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาได้กำหนดค่าพีเอชไว้เพื่อตรวจสอบการกัดกร่อนและการเสื่อมสภาพของระบบท่อส่งจ่ายน้ำ

#### 2.7.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ จะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่มีประจุละลายอยู่ในน้ำชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิ ที่ทำการวัดโดยน้ำที่มีไอออนของสารต่างๆ อยู่สามารถนำไฟฟ้าได้ค่า Conductivityไม่ได้เป็นค่าเฉพาะไอออนของตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของไอออนทั้งหมดในน้ำ และเป็นค่าที่บ่งบอกว่ามีการเพิ่มหรือลดของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น

#### 2.7.2.3 ความกระด้าง (Hardness)

เกิดจากเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำ ความกระด้างแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ความกระด้างชั่วคราว ที่เกิดจากเกลือไบคาร์บอเนตของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม สามารถกำจัดออกได้ด้วยการต้ม และความกระด้างถาวรเกิดจากเกลือคลอไรด์และซัลเฟตของแคลเซียม ซึ่งไม่สามารถกำจัดออกได้ด้วยวิธีการต้ม ความกระด้างไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนัก แต่มีผลต่อการซักล้างทำให้เปลืองสบู่หรือผงซักฟอกในจำนวนมากเกิดตะกอนในหม้อต้มและทำให้น้ำมีรสเฝื่อน ในระบบประปามีความกระด้างอยู่บ้างเล็กน้อยจะเป็นประโยชน์เพราะทำให้ผนังด้านในของท่อ ไม่ฝูกร่อน แต่ถ้าความกระด้างสูงมากเกินไปจะทำให้เกิดการอุดตันในเส้นท่อได้

#### 2.7.2.4 ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total dissolve solid)

ของแข็งที่ละลายน้ำ คือ สารละลายทั้งหมดที่อยู่ในน้ำหลังจากการระเหยด้วยถ้วยกระเบื้องที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ส่วนที่เหลือจะประกอบด้วยสารอินทรีย์และอนินทรีย์

#### 2.7.2.5 ไนโตรเจน(Nitrogen)

ไนโตรเจนและสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen) ไนโตรเจนอาจดำรงอยู่ในน้ำได้ถึง 4 แบบ คือ

ก. ไนโตรเจนอินทรีย์ (Organic nitrogen) เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของโปรตีน กรดอะมิโน และยูเรีย

ข. แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen) เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของเกลือ แอมโมเนีย เช่น  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  หรือ แอมโมเนีย อิสระ

ค. ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate nitrogen) เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันขั้นสุดท้าย ของไนโตรเจนออกซิเดชัน โดยแบคทีเรียเปลี่ยนไนโตรเจนอินทรีย์เป็นแอมโมเนียไนโตรเจนต่อไป เป็นไนโตรไนโตรเจน และสุดท้ายเป็นไนเตรทไนโตรเจน น้ำที่มีไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจนที่สูงมาก แต่มีไนเตรตไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจนในปริมาณน้อย จัดเป็นน้ำที่มีคุณภาพไม่ดีและไม่ปลอดภัย มีความเสี่ยงหากมีการนำน้ำไปใช้โดยตรงสำหรับการบริโภค - อุปโภค เพราะแสดงว่าน้ำนั้นได้เกิดมลพิษมาก่อนแล้ว

#### 2.7.2.6 ซัลเฟต (Sulfate)

เกิดจากเกลือแร่ในธรรมชาติ ทำให้เกิดน้ำกระด้างถาวรเป็นตะกอนในหม้อต้ม ซึ่งความกระด้างเพียงตัวเดียวไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย แต่หากมีธาตุแมกนีเซียมสูงด้วยจะทำให้เกิดผลคล้ายยาระบายซึ่งมีผลต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้น้ำโดยตรง

#### 2.7.2.7 คลอไรด์ (Chloride)

พบอยู่ในน้ำตามธรรมชาติโดยทั่วไป ด้วยปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันเกิดจากการชะล้างของเกลือแร่ลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งน้ำตามภูเขาและที่สูงมักจะมีปริมาณคลอไรด์น้อย ในขณะที่

ที่น้ำตามแม่น้ำและน้ำใต้ดิน มีปริมาณคลอไรด์มากเนื่องจากความสามารถในการละลายของน้ำทำให้สามารถละลายคลอไรด์จากชั้นดินต่างๆ ได้มากคลอไรด์มักจะละลายน้ำได้ดี ทำให้น้ำมีรสกร่อย แต่ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย

#### 2.7.2.8 ฟลูออไรด์ (Fluoride)

เกิดจากแร่ฟลูออไรต์ในธรรมชาติ ละลายลงสู่แหล่งน้ำและเกิดการปนเปื้อน ฟลูออไรด์จำนวนเล็กน้อยไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร จะไม่มีผลต่อฟันและกระดูก แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ฟันตกกระ เป็นจุดดำ และเกิดผลเสียต่อโครงกระดูกและฟัน

#### 2.7.2.9 คลอรีนอิสระคงเหลือ (Residual chlorine)

สำหรับน้ำบริโภคที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค ควรให้มีปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลืออยู่ระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือตามที่หน่วยงานรับผิดชอบกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น เพื่อให้ปริมาณคลอรีนเพียงพอต่อการฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำอันเป็นความเสี่ยงที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้น้ำโดยตรงได้

โลหะหนักและสารพิษอื่นๆ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในวงจรรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่นปรอท โครเมียม แคดเมียม สังกะสี สารหนู สารจำพวกแคดเมียม ตะกั่ว ซิลิเนียม ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจทำให้สารพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ อู่ซ่อมรถ น้ำเสียจากโรงพยาบาล ฯลฯ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ถ้ามีมากเกินไปจะเป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลายได้

#### 2.7.2.10 เหล็ก (Iron)

โดยส่วนใหญ่จะพบมากในน้ำบาดาล เกิดจากสารประกอบของเหล็กในดิน มีกลิ่นเฉพาะตัวและมีรสที่ไม่พึงประสงค์ เหล็กที่อยู่ในรูปของ ferric ละลายน้ำได้น้อยมากหรืออาจพุดได้ว่าไม่ละลายน้ำ แต่ถ้าอยู่ในรูป ของ ferrous ก็ละลายน้ำได้ดีมาก เหล็กถือว่าเป็นธาตุที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่ทำให้เกิดปัญหากับผู้ใช้น้ำประปา เช่น ทำให้น้ำมีสีแดงและมีกลิ่นคาวสนิม เกิดปัญหาในการซักล้าง ทำให้เกิดคราบสนิมที่สุขภัณฑ์ กำจัดได้ด้วยการกรองหรือตกตะกอน ถึงแม้ว่าไม่มีพิษต่อร่างกาย แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปร่างกายจะขับออกมาไม่หมด ทำให้เหล็กสะสมไว้ในตับทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับตับได้

#### 2.7.2.11 แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีสส่วนใหญ่แล้วพบในน้ำบาดาลมากกว่าผิวดิน ในน้ำที่มีแมงกานีสอยู่มากจะเกิดการออกซิไดซ์ให้อยู่ในรูปของสารน้ำไม่ละลายน้ำ เมื่อถูกกับอากาศจะตกตะกอนเป็นสีดำ ทำให้น้ำขุ่นไม่น่าใช้ ทำให้เครื่องสุขภัณฑ์สกปรกและมีผลต่อสุขภาพแม้จะไม่มีอาการเฉียบพลัน แต่พิษจะสะสมเรื้อรัง ซึ่งมีผลต่อสุขภาพด้านร่างกายและจิตใจ ทำให้มีอาการของโรคจิต และสายตาเสื่อม เม็ดเลือดขาวถูกทำลาย สำหรับน้ำประปาที่มีแมงกานีสสูงกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจส่งผลให้เสื้อผ้ามีรอยเปื้อน และถ้าสูงกว่า 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตรจะส่งผลให้น้ำขุ่น ดังนั้นน้ำประปาจึงไม่ควร มีแมงกานีสปนเปื้อนเกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 2.2.2.12 ทองแดงและสังกะสี (Copper, Zinc)

ธาตุทั้งสองไม่มีโทษต่อร่างกาย แต่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ในทางโภชนาการ แต่ถักรวมตัวอยู่กับคลอไรด์และซัลเฟตอาจทำให้รสชาติของน้ำไม่ชวนดื่ม

### 2.2.2.13 ตะกั่ว (Lead)

เป็นพิษที่เกิดโทษอย่างรุนแรงต่อสุขภาพอนามัย เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทารก เด็ก และหญิงตั้งครรภ์ เมื่อได้รับสารตะกั่วจำนวนมากๆ ในระยะสั้นๆ จะมีอาการระคายเคืองกระเพาะลำไส้ มีอาการชาและเป็นตะคริว กล้ามเนื้ออ่อนเพลีย โลหิตจาง ค้นตามร่างกาย ถ้ากรณีได้รับสารตะกั่วจำนวนน้อยแต่สะสมเป็นระยะยาวในร่างกายจะมีอาการเบื่ออาหาร ท้องผูก ตะคริวหน้าท้อง อ่อนเพลีย เกิดการเสื่อมของสมอง

### 2.2.2.14 โครเมียม (Cromium)

เป็นสารพิษที่เกิดโทษต่อสุขภาพ โครเมียมในน้ำมีสองรูป  $Cr^{+3}$  และ  $Cr^{+6}$  โดยที่  $Cr^{+6}$  มีพิษมากกว่าและพบได้มากกว่า  $Cr^{+3}$  เมื่อรับเข้าสู่ร่างกายทำให้มีอาการอ่อนเพลียและปวดตามข้อ นอกจากนี้ยังเป็นสารก่อมะเร็งด้วย

### 2.2.2.15 แคดเมียม (Cadmium)

เป็นโลหะหนักที่มีพิษร้ายแรง การบริโภคแคดเมียมเข้าไปจะทำให้ร่างกายเกิดอาการผิดปกติต่างๆ เช่น คลื่นเหียน อาเจียน ท้องร่วงอาจถึงแก่ชีวิตได้ แคดเมียมอาจเข้าไปสะสมอยู่ในอวัยวะต่างๆ ของร่างกายได้ เช่น ตับ ไต และตับอ่อนซึ่งอาจเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งได้

### 2.2.2.16 สารหนู (Arsenic)

พบได้ทั่วไปในอากาศ ดิน น้ำ อาหาร ส่วนใหญ่มักเกิดจากสองสาเหตุหลักโดย สารหนูในสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุมาจากธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากการชะล้างหินและแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ สำหรับสาเหตุที่เกิดมาจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์ ได้แก่ การทำเหมืองแร่ การใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง พิษของสารหนูพบได้ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง โดยแบบเฉียบพลันทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคือง ปัสสาวะน้อย โลหิตจาง ปวดท้องรุนแรงคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วงถ่ายเป็นสีน้ำขาวหรือเป็นเลือด ปวดศีรษะ ชักหมดสติได้ และแบบเรื้อรังทำให้เกิดมะเร็ง ที่ผิวหนัง กระดูก ปอด กระเพาะปัสสาวะและไต

### 2.2.2.17 ปรอท (Mercury)

เป็นสารที่มีพิษสูงมีผลทำให้เกิดอาการทางประสาท ประสาทหลอน ปวดตามข้อ ชักกระตุก พิการ และถ้าได้รับในปริมาณมากๆ อาจทำให้ตายได้

## 2.7.3 คุณสมบัติทางชีววิทยา (biological characteristics)

คุณสมบัติทางชีววิทยาของน้ำในที่นี้จะหมายถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรียในน้ำ ซึ่งถือว่ามีความสำคัญที่สุด เพราะเป็นพาหะนำโรคที่ทำให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บขึ้นได้ โรคที่สำคัญซึ่งมีสาเหตุจากแบคทีเรียและแพร่กระจายโดยมีน้ำเป็นสื่อ ได้แก่ ไทฟอยด์ บิด และอหิวาต์ ซึ่งเป็นโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นจะเห็นได้ว่าโรคเหล่านี้พบระบาดบ่อยๆ ในประเทศที่ด้อยพัฒนาหรือกำลังพัฒนา เพราะประเทศเหล่านี้มีระดับความเป็นอยู่และการดำเนินชีวิตที่ไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสุขาภิบาลเรื่องน้ำยังไม่ดีพอแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำอาจแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

### 2.2.3.1 แบคทีเรียที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ในคน

เป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตรายและพบในลำไส้ของมนุษย์ เรียกว่า enteric pathogen เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส คือเท่ากับอุณหภูมิใน

ร่างกายของมนุษย์ เมื่อคนป่วยเป็นโรคบิด อหิวาต์ หรือไทฟอยด์ แล้วถ่ายอุจจาระลงไปในน้ำ แบคทีเรียพวกนี้ก็จะไปปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ และสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานาน แต่การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียจำพวกนี้จากน้ำมีวิธีการที่ละเอียด ซับซ้อน และยุ่งยากมาก ดังนั้นจึงไม่นิยมตรวจสอบแบคทีเรียในน้ำชนิดนี้

### 2.2.3.2 แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์

เรียกว่า แบคทีเรียโคลิฟอร์ม (coliform bacteria) แบคทีเรียพวกนี้มีอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด ในอุจจาระของคน โดยปกติแล้วแบคทีเรียพวกนี้ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่เมื่อถ่ายออกมากับอุจจาระแล้วลงไปปนเปื้อนอยู่ในน้ำ จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้นานกว่าพวกแรก การตรวจวิเคราะห์ของแบคทีเรียพวกนี้ทำได้ง่ายกว่า ดังนั้นจึงนิยมใช้แบคทีเรียโคลิฟอร์มเป็นดัชนีชี้ถึงคุณภาพน้ำทางชีววิทยา ว่ามีโอกาสปนเปื้อนแบคทีเรียมากน้อยเพียงใด แบคทีเรียโคลิฟอร์มแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามแหล่งที่มา คือ

ก. ฟีคัลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) เป็นแบคทีเรียที่มักพบในอุจจาระเสมอ เช่น *Escherichia coli*

ข. นอนฟีคัลโคลิฟอร์ม (non-fecal coliform bacteria) เป็นแบคทีเรียที่พบอยู่ในดินหรือในพืช เช่น *Enterobacter aerogenes*

ส่วนใหญ่แล้วการวิเคราะห์น้ำทางด้านแบคทีเรีย จะตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่มีในน้ำ โดยวิธีโททอลเพลทเคาน์ (total plate count) และการตรวจหาแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ซึ่งในบางกรณีอาจต้องทำการวิเคราะห์ต่อไปว่าเป็นชนิดฟีคัล หรือ นอนฟีคัลโคลิฟอร์ม

## 2.8 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคกรมอนามัย พ.ศ. 2543

ข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าที่กำหนด
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 (Field test)
ความขุ่น (Turbidity)	เอ็นทียู	ไม่เกิน 10
สี (Color)	แพลตตินัมโคบอลท์	ไม่เกิน 15
สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (TDS)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 1,000
ความกระด้าง (Hardness)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 500
ซัลเฟต (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 250
คลอไรด์ (Cl <sup>-</sup> )	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 250
ไนเตรท (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 50



ตารางที่ 2.2 เกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคกรมอนามัย พ.ศ. 2543 (ต่อ)

ข้อมูล	หน่วยวัด	ค่าที่กำหนด
ฟลูออไรด์ (F)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.7
เหล็ก (Fe)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.5
แมงกานีส (Mn)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.3
ทองแดง (Cu)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 1.0
สังกะสี (Zn)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 3.0
ตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.03
โครเมียม (Cr)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.05
แคดเมียม (Cd)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.003
สารหนู (As)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.01
ปรอท (Hg)	มิลลิกรัม/ลิตร	ไม่เกิน 0.001
แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria)	เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร	ต้องตรวจไม่พบ
แบคทีเรียประเภทฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform bacteria)	เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร	ต้องตรวจไม่พบ

- หมายเหตุ
- คลอรีนอิสระคงเหลือ (Residual Free Chlorine) กำหนดให้มีที่ ปลายเส้น ท่อ 0.2 – 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา
  - วิธีการตรวจเป็นไปตามวิธีการในหนังสือ Standard Method for The Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed.
  - ประกาศกรมอนามัย (29 กุมภาพันธ์ 2543)  
ที่มา : กรมอนามัย, 2543

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค

รายการ	มาตรฐานน้ำประปา
<b>1.คุณลักษณะทางกายภาพ</b>	
สี (colour) , Pt-Co unit	15
รส (taste)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (odour)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
ความขุ่น (turbidity) , NTU	5
ความเป็นกรด-ด่าง (pH range)	6.5-8.5
<b>2.คุณลักษณะทางเคมี (mg/l)</b>	
ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (total dissolved solids)	600

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค (ต่อ)

รายการ	มาตรฐานน้ำประปา
เหล็ก ( Fe )	0.3
แมงกานีส ( Mn )	0.4
ทองแดง ( Cu )	2.0
สังกะสี ( Zn )	3.0
ความกระด้างทั้งหมด (total hardness) as CaCO <sub>3</sub>	300
ซัลเฟต ( SO <sub>4</sub> )	250
คลอไรด์ ( Cl )	250
ฟลูออไรด์ ( F )	1.0
ไนเตรต ( NO <sub>3</sub> ) as NO <sub>3</sub>	50
<b>3. คุณลักษณะทางสารเป็นพิษ : โลหะหนัก ( mg/l )</b>	
ปรอท ( Hg )	0.001
ตะกั่ว ( Pb )	0.01
สารหนู ( As )	0.01
ซีลีเนียม ( Se )	0.01
โครเมียม ( Cr )	0.05
ไซยาไนด์ ( CN )	0.07
แคดเมียม ( Cd )	0.003
แบเรียม ( Ba )	0.7
<b>4. คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา (ต่อ 100 ml.)</b>	
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria )	ไม่พบ
อี โคไล (E. coli)	ไม่พบ
สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)	ไม่พบ
แซลโมเนลลา (Salmonella)	ไม่พบ
คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ( Clostridium perfringens)	ไม่พบ

หมายเหตุ ผวก.ให้ความเห็นชอบ เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2550 ต่อท้ายบันทึกข้อความของ กคน.  
ที่ มท 55702-2/258 ลงวันที่ 11 กรกฎาคม 2550  
ที่มา : การประปาส่วนภูมิภาค, 2550

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานการประปาครหลวง

รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์ที่กำหนดอนุโลมให้สูงสุด
<b>คุณลักษณะทางกายภาพ</b>		
สี (Color)	5.0	15.0
รส (Taste)	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
กลิ่น (Order)	"	"
ความขุ่น (Turbidity) หน่วยซิลิกา	5.0	20.0
ความเป็นกรด ต่าง (pH)	6.5-8.5	ไม่เกิน 9.2
<b>คุณลักษณะทางเคมี (หน่วย มก./ล.)</b>		
ปริมาณมวลสารทั้งหมด (Total Solids)	500	1,500
เหล็ก (Fe)	0.5	1.0
แมงกานีส (Mn)	0.3	0.5
เหล็กและแมงกานีส (Fe & Mn)	0.5	1.0
ทองแดง (Cu)	1.0	1.5
สังกะสี (Zn)	5.0	15.0
แคลเซียม (Ca)	75	200
แมกเนเซียม (Mg)	50	150
ซัลเฟต (SO <sub>4</sub> )	200	250
คลอไรด์ (Cl)	250	600
ฟลูออไรด์ (F)	0.7	1.0
ไนเตรต (NO <sub>3</sub> )	45	45
อัลคิลเบนซิลโฟเนต (ABS)	0.5	1.0
ฟีนอลิกซบสแตนซ์ (Phenol)	0.001	0.002
รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	
<b>คุณลักษณะทางด้านสารเป็นพิษ</b>		
ปรอท (Hg)	0.001	
ตะกั่ว (Pb)	0.05	
อาร์เซนิก (As)	0.05	
เซลเนียม (Se)	0.01	
โครเมียม (Cr Hexavalent)	0.05	
ไซยาไนด์ (Cn)	0.2	
แคดเมียม (Cd)	0.01	
บาเรียม (Ba)	1.0	

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานการประปาครหลวง (ต่อ)

รายการ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด
<b>คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา</b>	
แบคทีเรียทั้งหมด (โคลิฟอร์ม/มิลลิกรัม)	500
เอ็มพีเอ็น (โคลิฟอร์มออร์แกนิก) ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร	น้อยกว่า 2.2
อี โคลิ (E. coli)	ไม่มี

หมายเหตุ การประปาครหลวงพิจารณาวิเคราะห์รายการที่มีผลต่อสุขภาพและความน่าดื่มมาใช้  
ที่มา : การประปาครหลวง, 2549

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อทำประปา

พารามิเตอร์	หน่วย	เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพ แหล่งน้ำเพื่อการประปา
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5-9
สี (Color)	(แพลตตินัมโคบอลท์)	300
ความกระด้าง (Hardness)	(มก./ล.)	500
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (DS)	(มก./ล.)	1,500
เหล็ก (Fe)	(มก./ล.)	50
แมงกานีส (Mn)	(มก./ล.)	5
ทองแดง (Cu)	(มก./ล.)	1.5
สังกะสี (Zn)	(มก./ล.)	1.5
ตะกั่ว (Pb)	(มก./ล.)	0.05
โครเมียม (Cr)	(มก./ล.)	0.05 <sup>***</sup>
แคดเมียม (Cd)	(มก./ล.)	0.005 <sup>*</sup> , 0.05 <sup>**</sup>
ฟลูออไรด์ (F)	(มก./ล.)	1.5
ไนเตรท (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> as N)	(มก./ล.)	10
บีโอดี (BOD)	(มก./ล.)	6
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria)	(เอ็มพีเอ็น/100 มล.)	-
ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)	(เอ็มพีเอ็น/100 มล.)	-

ที่มา : กรมอนามัย, 2546

## 2.9 ข้อมูลจังหวัดพิษณุโลกและองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์

### 2.9.1 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดพิษณุโลก ทางตอนเหนือและตอนกลางเป็นเขตที่สูง ที่ราบสูงทางด้านตะวันออก และตะวันตกเฉียงเหนือ มีขอบเขตภูเขาสูง ทั้งนี้มีเขตที่ราบหุบเขา ซึ่งเป็นที่ราบดินตะกอนที่อุดมสมบูรณ์พื้นที่ตอนกลางและตอนใต้เป็นที่ราบลุ่มตามแนวน้ำยมและแม่น้ำน่านเป็นย่านการเกษตรที่สำคัญที่สุดของจังหวัดพิษณุโลก

### 2.9.2 ข้อมูลจังหวัดพิษณุโลก

จังหวัดพิษณุโลก เป็นจังหวัดอยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่าง ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 377 กิโลเมตรโดยทางรถยนต์ มีเนื้อที่ 10,815.8 ตารางกิโลเมตร (6,759,909 ไร่) หรือ ร้อยละ 6.37 ของพื้นที่ภาคเหนือ และร้อยละ 2.1 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 แผนที่จังหวัดพิษณุโลก

มีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ ติดกับ อำเภอน้ำปาด อำเภอพิชัย อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ทิศใต้ ติดกับ อำเภอเมือง อำเภอสามง่าม อำเภอวังทรายพูน กิ่งอำเภอสากเหล็ก จังหวัดพิจิตร

ทิศตะวันออก ติดกับ อำเภอด่านซ้ายจังหวัดเลย อำเภอเขาค้อ อำเภอวังโป่ง

## จังหวัดเพชรบูรณ์

ทิศตะวันตก ติดกับ อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร อำเภอกีรีมาศ อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย

### 2.9.3 ลักษณะภูมิอากาศ

ตามสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป มีลักษณะร้อนชื้น ฤดูร้อนมีอากาศร้อนมาก ส่วนฤดูหนาวอากาศหนาวมากฤดูฝนจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ในปี พ.ศ. 2546 มีฝนตกประมาณ 87 วัน ปริมาณน้ำฝนวัดได้ 924.9 มิลลิเมตร

### 2.9.4 องค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์

#### 2.9.4.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

องค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ ตั้งอยู่บนฝั่งตะวันตกของแม่น้ำน่าน ในหมู่ที่ 8 ถนนประชาอุทิศ ตำบลวัดจันทร์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ห่างจากตัวจังหวัดและอำเภอ ประมาณ 5 กิโลเมตร มีพื้นที่การปกครอง 11.26 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 7,038 ไร่

#### 2.9.4.2 สภาพภูมิประเทศ

พื้นที่ในเขตตำบลวัดจันทร์ เป็นที่ราบลุ่มเหมาะกับการเพาะปลูกข้าว หรือพืชไร่ แต่เนื่องจากอยู่ใกล้เขตเมือง จึงมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์มาเป็นที่อยู่อาศัยมากขึ้น มีแม่น้ำไหลผ่าน มีระบบชลประทานผ่านพื้นที่ในเขตตำบล

#### 2.9.4.3 อาชีพประชากร

อาชีพของราษฎรในเขตตำบลวัดจันทร์ ส่วนใหญ่มีอาชีพในภาคบริการ หรือรับจ้าง เนื่องจากมีโรงงานอุตสาหกรรม และหมู่บ้านจัดสรรตั้งอยู่หลายแห่ง รองลงมาคืออาชีพค้าขาย รับราชการและเกษตรกรรมตามลำดับ

### 2.9.5 สภาพทั่วไป

#### 2.9.5.1 จำนวนประชากร

ประชากร ทั้งสิ้น 3,019 คน ครัวเรือน จำนวน 7,106 คน ประกอบด้วย

ชาย จำนวน 3,361 คน คิดเป็นร้อยละ 47.30

หญิง จำนวน 3,745 คน คิดเป็นร้อยละ 52.70

มีความหนาแน่นเฉลี่ย 631.08 คน/ตารางกิโลเมตร

#### 2.9.5.2 อาณาเขตติดต่อ

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ตำบลพลายชุมพล และตำบลบ้านคลอง
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ตำบลบึงพระ และตำบลท่าโพธิ์
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ตำบลในเมือง เทศบาลนครพิษณุโลก
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	ตำบลท่าทอง

## ตำบลหลายชุมพล และตำบลบ้านคลอง



รูปที่ 2.27 อาณาเขตติดต่อเขตตำบลวัดจันทร์

## 2.9.5.3 เขตการปกครอง

องค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ได้แบ่งการปกครองออกเป็น 6หมู่บ้าน ได้แก่

หมู่ที่	ชื่อหมู่บ้าน	จำนวนประชากร(คน)			จำนวน ครัวเรือน
		ชาย	หญิง	รวม	
2	บ้านวัดจันทร์	656	765	1421	515
4	บ้านวัดจันทร์	887	100	1888	755
7	บ้านดอน	928	994	1922	940
8	บ้านนาโพธิ์แดง	254	259	513	1771
9	บ้านวัดจันทร์ ตะวันตก	116	103	219	63
10	บ้านวัดจันทร์	520	623	1143	575
	รวม	3361	3745	7106	3019

## 2.9.5.4 ระบบสาธารณูปโภค

ระบบประปาผิวดิน

ณ ทุ่งหนองฝาง หมู่ที่ 4 ตำบลวัดจันทร์

ระบบประปาผิวดิน

ณ วัดราชมณฑป (วัดหลวงพ่อโต) หมู่ที่ 7 ตำบลวัดจันทร์

ระบบประปาแบบแพสูบน้ำ

ณ ซอยแสงสิริสุข หมู่ที่ 7 ตำบลวัดจันทร์

ระบบประปาผิวดิน

ณ ซอยสุขนิม หมู่ที่ 8 ตำบลวัดจันทร์

ระบบประปาบาดาล

ณ ที่ทำการ อบต.วัดจันทร์ หมู่ที่ 8 ตำบลวัดจันทร์

ระบบประปาผิวดิน

ณ หมู่ที่ 9 ตำบลวัดจันทร์

## 2.10 ทบทวนเอกสาร

จากการศึกษาของ นายธีระ (2551) วัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ของระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน ของกรมอนามัย เพื่อทราบประสิทธิภาพ ของระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน ของกรมอนามัย ที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ของระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ของกรมอนามัย และเพื่อจัดทำกราฟมาตรฐาน (Standard curve) แสดงค่าความขุ่นของน้ำดิบ กับปริมาณสารส้ม ที่เหมาะสม กลุ่มตัวอย่าง เป็นระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน ของกรมอนามัย ในเขตภาคกลาง จำนวน 21 แห่ง โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสำรวจ รายงาน รายรับ-รายจ่าย ประจำเดือน และเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี และแบคทีเรีย และวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม SPSS for WINDOWS สถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่า โคลสแควร์ และค่ารีเกรสชัน

ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน ของกรมอนามัย สามารถแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านแหล่งน้ำดิบ และคุณภาพน้ำ ด้านการผลิต และบำรุงรักษาระบบน้ำประปา ด้านรูปแบบการบริหารจัดการ กิจกรรมระบบน้ำประปาหมู่บ้าน และด้านบุคลากร เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยด้านต่างๆ กับประสิทธิภาพของระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน ของกรมอนามัย โดยพิจารณาจากผลกำไร ของการดำเนินงาน และคุณภาพน้ำประปา ได้ตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก ปี 2527 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อกำไรของการดำเนินงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.05$ ) คือ รูปแบบการบริหารจัดการ กิจกรรมระบบประปาหมู่บ้าน ตามรูปแบบของกรมอนามัย ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้าน ผ่านการอบรม และความเอาใจใส่ในการปฏิบัติงาน ของผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้าน สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดิน ของกรมอนามัย โดยใช้ค่าความขุ่นตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม ขององค์การอนามัยโลก ปี 2527 (ความขุ่น) เป็นดัชนีชี้วัด พบว่า ระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดินของกรมอนามัย จำนวน 13 แห่ง (ร้อยละ 61.9) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจากผลการศึกษา จากตัวอย่างของระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน ของกรมอนามัย จำนวนทั้งสิ้น 21 แห่ง พบว่า ได้สูตรหาค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ของระบบประปาหมู่บ้าน คือ ปริมาณค่าสารส้มที่เหมาะสม =  $21.0965 \times (1.042 \wedge \text{ความขุ่นของน้ำดิบ})$ , ความขุ่นของน้ำดิบ  $> 5$  NTU ( $p\text{-value} < 0.05$ )

จากผลการศึกษา จะเห็นได้ว่า ความรู้ ความเข้าใจ และความเอาใจใส่ ของผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้าน ตลอดจนคณะกรรมการบริหาร กิจกรรมประปาหมู่บ้าน และการมีส่วนร่วมของผู้ใช้น้ำ เป็นสิ่งสำคัญ ในการทำให้ระบบประปาหมู่บ้าน มีประสิทธิภาพยั่งยืน ดังนั้น จึงควรมีการให้ความรู้ แก่ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้าน โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งในรูปแบบการอบรม การนิเทศงาน และติดตามผลการดำเนินงานอย่างสม่ำเสมอ และการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึง มีการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ ให้ผู้ใช้น้ำตระหนักถึง ความสำคัญของการเติมคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อโรคในระบบประปาหมู่บ้าน

จากการศึกษา รัฐพล (2548) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการรวมกระบวนการเติมอากาศเข้ากับการกรองโดยตรง (Direct Filtration) เพื่อช่วยให้ชั้นกรองขยายตัว และช่วยให้เกิดการกรองได้ตลอด



ทั้งความหนาชั้นกรอง จากผลการทดลองพบว่าน้ำที่กรองผ่านถังกรองทรายแบบเติมอากาศมีคุณภาพได้มาตรฐานการผลิตน้ำประปา (ไม่เกิน 5 เอ็นทียู) โดยการเติมอากาศช่วยลดการสะสมของอนุภาคความขุ่นบริเวณผิวหน้าชั้นกรอง ทำให้มีระยะเวลาการทำงานยาวนานกว่าถังกรองทรายแบบกรองเร็ว (270 เปอร์เซ็นต์) แต่อัตราการกรองจะมีค่าลดลงเล็กน้อย (5 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้การเติมอากาศยังช่วยทำให้เกิดการล้างย้อนด้วยน้ำและอากาศพร้อมกันทำให้เวลาในการล้างย้อนลดลงได้ การเติมอากาศที่เหมาะสมด้วยอุปกรณ์เติมอากาศรูปวงแหวนและแบบยืดหยุ่นที่ตำแหน่งด้านบนและตรงกลางของชั้นกรอง อัตราการเติมอากาศ 0.2 ลิตรต่อนาที มีระยะเวลาการทำงาน 570 และ 390 นาทีตามลำดับ ในขณะที่อุปกรณ์เติมอากาศแบบยืดหยุ่นช่วยให้ความขุ่นของน้ำที่กรองได้มีค่าค่อนข้างคงที่ ดังนั้นในการทดลองการเติมอากาศแบบกะจึงเลือกใช้ใช้อุปกรณ์เติมอากาศรูปวงแหวนที่ตำแหน่งด้านบนของชั้นกรอง โดยที่เวลาการเติมอากาศ 10 นาที อัตราการเติมอากาศ 0.75 ลิตรต่อนาที ทำให้ระยะเวลาการทำงานยาวนาน 720 นาที (มากกว่าถังกรองทรายแบบกรองเร็ว 4 เท่า) และช่วยลดพลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศ แต่ระหว่างการกรองมีน้ำที่กรองได้บางส่วนไม่ผ่านมาตรฐานการผลิตน้ำประปา ในทางปฏิบัติควรมีระบบแยกน้ำดังกล่าวกลับไปทำการกรองอีกครั้ง เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานผลิตน้ำประปาปริมาตร 5,000 ลูกบาศก์เมตร ระบบประปาต้องเสียค่าใช้จ่าย (โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านสารเคมี) 1,630 บาทต่อวัน ระบบผลิตน้ำประปาโดยถังกรองทรายแบบเติมอากาศแบบกะ จะมีค่าใช้จ่ายเพียง 337 บาทต่อวัน

จากการศึกษา ธนาววัฒน์ (2550) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำประปา 2) การบริหารจัดการและการบำรุงรักษาระบบประปา 3) คุณภาพน้ำประปาปลายทาง โดยทำการศึกษาตัวอย่างน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปาทั้งหมด 384 ตัวอย่าง เดือนละครั้งรวม 12 ครั้ง ในพารามิเตอร์ดังนี้ ความขุ่น ความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ ความนำไฟฟ้า ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ คลอรีนตกค้าง และศึกษาคุณภาพน้ำประปาปลายทางอีก 176 ตัวอย่าง ฤดูกาลละครั้ง ในช่วงฤดูฝนและแล้ง โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์เพิ่มเติมจากข้างต้น คือ ความกระด้าง คลอไรด์ ซัลเฟต ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟลูออไรด์ เหล็ก ทองแดง แมงกานีส สังกะสี แคลเซียม ตะกั่ว โปรท สารหนู โคเบียม โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟิคอลโคลิฟอร์มโดยระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้อยู่ในช่วง เดือนตุลาคม 2551 – กันยายน 2552

ผลการศึกษาพบว่า 1) โดยรวมระบบผลิตน้ำประปามีประสิทธิภาพในการลดของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 100 ลดความขุ่นได้ร้อยละ 91.67 และมีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคได้ร้อยละ 8.33 2) ด้านการบริหารจัดการและการบำรุงรักษาระบบประปาพบว่า บุคลากรในหน่วยผลิตน้ำประปามีความรู้ความสามารถในการผลิต แต่มีจำนวนไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ขาดความเอาใจใส่ในการปฏิบัติงาน และขาดการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังขาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น และ 3) ด้านคุณภาพน้ำประปาปลายทาง พบว่าส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของกรมอนามัย พ.ศ. 2543 แต่ยังมีปัญหาในค่าความขุ่น คลอรีนตกค้าง เหล็ก โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และ ฟิคอลโคลิฟอร์ม และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพ

น้ำประปาในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าทุกพารามิเตอร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

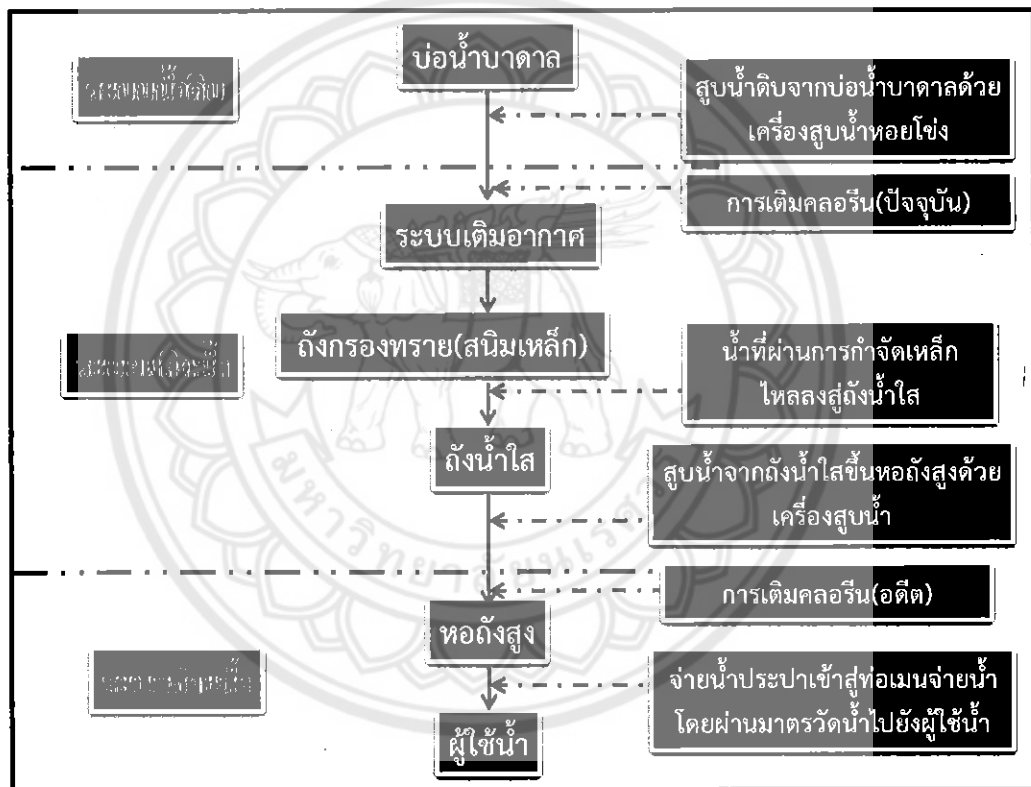


### บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ

โครงการนี้เป็นการศึกษาคุณภาพน้ำประปาในกระบวนการผลิตและโดยวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยมีรายละเอียดในการดำเนินโครงการดังนี้

#### 3.1 ระบบผลิตประปาจากน้ำบาดาลขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์

ระบบผลิตประปาจากน้ำบาดาลขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์เป็นการใช้น้ำดิบที่มาจากน้ำใต้ดินโดยเมื่อคูดน้ำขึ้นมาด้วยเครื่องสูบน้ำหย่งแล้วจึงนำน้ำมาปล่อยตกโดยผ่านกระบวนการดังรูปที่ 3.1



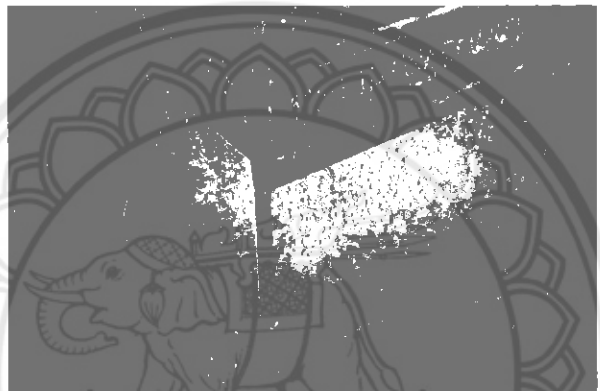
รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตน้ำประปาขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์

#### 3.2 การเก็บน้ำตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำที่มาจากกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยกำหนดจุดเก็บน้ำออกเป็น 6 จุดแบ่งออกเป็น น้ำก่อนผ่าน tray aerator, น้ำที่ผ่าน tray aerator, น้ำที่ผ่านถังกรองทรายมาเก็บในถังน้ำใส, น้ำจากหอถังสูง, น้ำในเส้นท่อ โดยเลือกเก็บจากบ้านที่มีการสำรองน้ำไว้ใช้, น้ำในเส้นท่อ โดยเลือกเก็บจากบ้านที่ใช้น้ำโดยตรงจากท่อ ดังรูปที่ 3.2-3.7



รูปที่ 3.2 จุดที่ 1 น้ำดิบ



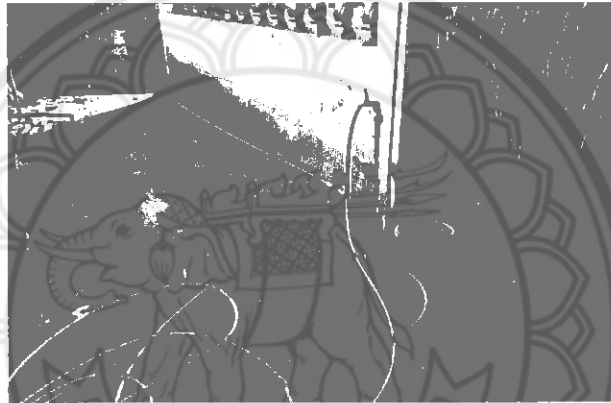
รูปที่ 3.3 จุดที่ 2 น้ำที่ผ่านถาดเติมอากาศ



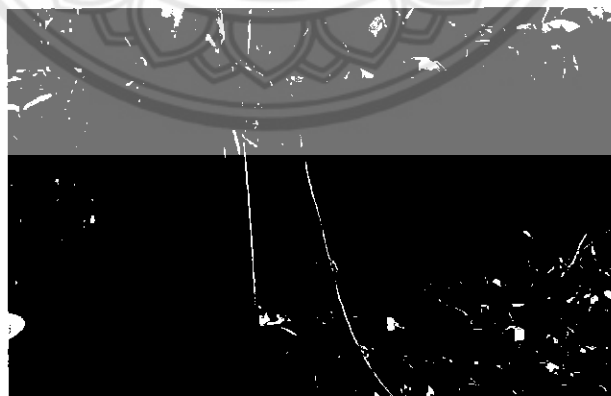
รูปที่ 3.4 จุดที่ 3 น้ำที่ผ่านถังกรองทรายมาเก็บในถังน้ำใส



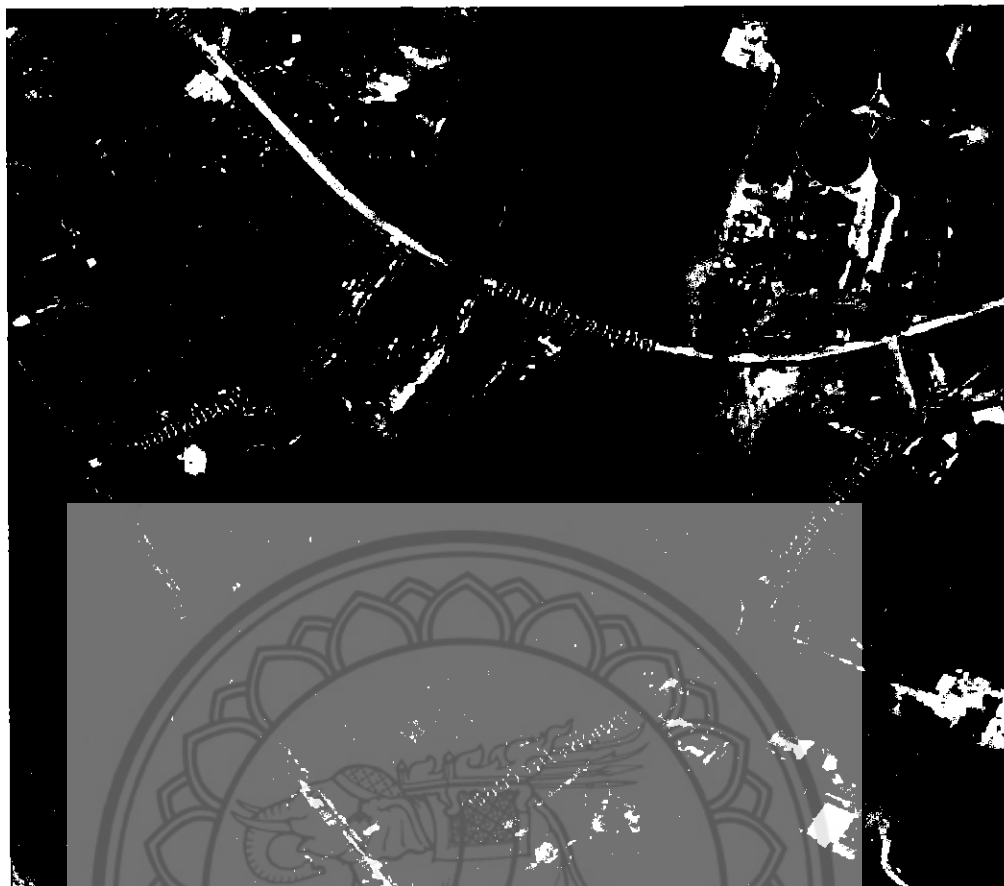
รูปที่ 3.5 จุดที่ 4 น้ำที่ออกจากระบบผลิต



รูปที่ 3.6 จุดที่ 5 น้ำในเส้นท่อ จากบ้านที่มีการสำรองน้ำไว้ใช้



รูปที่ 3.7 จุดที่ 6 น้ำในเส้นท่อ จากบ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง



รูปที่ 3.8 ภาพแสดงจุดเก็บน้ำขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์

### 3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำประปา

3.3.1 เก็บโดยใช้ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร จำนวน 1 ขวด เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ต่างๆ โดยเปิดน้ำจากก๊อกน้ำทิ้งไว้ประมาณ 1 นาทีแล้วล้างขวด จากนั้นจึงกรอกน้ำใส่ขวดจนเต็ม ปิดฉลากแสดงวัน เวลา สถานที่ อุณหภูมิของน้ำตัวอย่างให้เรียบร้อย

3.3.2 เก็บโดยใช้ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้ว เพื่อนำไปทดสอบหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยเปิดน้ำจากก๊อกน้ำทิ้งไว้ประมาณ 1 นาทีแล้วล้างขวด จากนั้นจึงกรอกน้ำใส่ขวดน้ำโดยมีปริมาณน้ำไม่เต็มขวดเพื่อให้เหลืออากาศให้จุลชีพใช้หายใจ

#### 3.3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ได้แก่

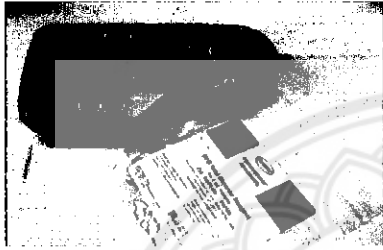
- ก. ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร 16 ขวด
- ข. ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร 16 ขวด
- ค. ตะกร้าสำหรับบรรจุขวดแก้ว 1 ตะกร้า
- ง. เทอร์โมมิเตอร์
- จ. เครื่องวัดคลอรีน
- ฉ. ถังสำหรับจ้วงตักน้ำ



รูปที่ 3.9 เทอร์โมมิเตอร์



รูปที่ 3.10 ขวดเก็บน้ำตัวอย่างน้ำ



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดคลอรีน



รูปที่ 3.12 ตะกร้าใส่อุปกรณ์



รูปที่ 3.13 ภาชนะสำหรับตักน้ำ



รูปที่ 3.14 ตะกร้าสำหรับใส่ขวดเก็บน้ำและขวด

### 3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

ตัวชี้วัดที่วิเคราะห์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
อุณหภูมิ	ใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการวัด
สี	วิธีการเทียบสี
ความขุ่น	วิธีเนฟฟีโลเมตริก
คลอรีน	ใช้เครื่องวัดคลอรีน Chlorine Meter
พีเอช	เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น Model 250
ความเป็นกรด-ด่าง	วิธีการไตเตรท
ความกระด้าง	วิธีการไตเตรท
ฟลูออไรด์	วิธีSPADNS
ไนเตรท	วิธีวัดสี
ไนเตรท	วิธีวัดสี
ของแข็งละลายน้ำ	วิเคราะห์ค่าของแข็งทั้งหมดโดยวิธีการระเหยน้ำตัวอย่างบน Water Bath และค่าของแข็งแขวนลอยโดยวิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วเพื่อหาค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	วิธีเอ็มพีเอ็น(Most Probable Number,MPN)
คลอไรด์	วิธีปรอทไนเตรต
สภาพการนำไฟฟ้า	เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น Model 250

ที่มา: มั่นสิน, 2543

### 3.5 การทำจาร์เทสต์

การทดสอบการสร้างตะกอนเป็นปฏิบัติการพื้นฐานทางด้าน การบำบัดน้ำสำหรับทำน้ำประปา และการบำบัดน้ำเสียปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอนจำเป็นต้องเหมาะสมกับ ลักษณะสมบัติของน้ำที่ต้องการทดสอบซึ่งประสิทธิภาพและคุ่มค่ามากที่สุดกับวัตถุประสงค์ของการ ทดสอบ

#### 3.5.1 อุปกรณ์

3.5.1.1 อุปกรณ์ Jar Test

3.5.1.2 ปีกเกอร์ขนาด 250, 1000 หรือ 2000 มล.



3.5.1.3 อุปกรณ์ผสมและกวนสาร Magnetic stirrer

3.5.1.4 สารเคมีเช่นสารสีชมพูขาวกรดซัลฟูริก (0.02N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) methyl orange indicator

3.5.1.5 อุปกรณ์ประกอบเช่น pH meter อุปกรณ์วัดความขุ่น Thermometer

3.5.1.6 Burettes, Pipettes, Erlenmeyer flasks, Eye drop

### 3.5.2 ขั้นตอนการปฏิบัติ

3.5.2.1 จุดประสงค์การทำจาร์เทสต์เพื่อใช้หาปริมาณสารส้ม (หรือสารเคมีอื่น) ที่ให้สถานะการกำจัดความขุ่นที่เหมาะสมที่สุด

3.5.2.2 ทำการทดลองโดยเติมน้ำดิบที่ต้องการทดสอบในบีกเกอร์ 6 ใบ เติมสารส้มเหลวในปริมาณต่างๆ กันในบีกเกอร์แต่ละใบ (ใบที่ 1 ไม่ต้องเติม ใช้เป็นใบควบคุม)

3.5.2.3 เปิดสวิทซ์ให้ใบกวนหมุนที่ความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที แล้วเปลี่ยนความเร็วเป็น 40 รอบ/นาที เป็นเวลา 15-20 นาที

3.5.2.4 ปิดสวิทซ์ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน สังเกตลักษณะและปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น บีกเกอร์ที่มีสถานะที่เหมาะสมที่สุด คือ จะใช้สารส้มปริมาณน้อยแต่เกิดตะกอนใหญ่และจมตัวลงได้ดี

3.5.2.5 นอกจากนี้จาร์เทสต์ยังสามารถใช้ทดสอบหาค่าพีเอชของน้ำที่เหมาะสมในการทำโคแอกกูเลชันได้เช่นกัน

โคแอกกูเลชันที่ดีขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น พีเอชน้ำ, ความขุ่น, สีของน้ำดิบ, ปริมาณสารส้มที่ใช้, เวลาในการผสม, อัตราเร็วในการผสม



รูปที่ 3.15 รูปเครื่องผสมและกวนสาร Magnetic stirrer

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์

#### 4.1 คุณสมบัติของน้ำดิบ

น้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาขององค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ นำมาจากน้ำบาดาลที่อยู่บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำดิบแสดงดังตารางที่ 4.1 และในภาคผนวก ข. โดยสามารถสรุปผลที่ได้และค่ามาตรฐานน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาขององค์การอนามัยโลก

ตารางที่ 4.1 สมบัติของน้ำดิบจากน้ำประปาช่วงเดือนสิงหาคม 2555 – ธันวาคม 2555

พารามิเตอร์	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย
pH	6.58 - 6.95	6.77
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	29 - 32	29.3
ความนำไฟฟ้า, $\mu s./cm.$	103 - 141	129
ความขุ่น, NTU	2.32 - 11.23	5.51
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด, มก./ล.	160 - 233	189.2
ความกระด้าง, มก./ล.	40 - 44	42
ไนเตรท-ไนโตรเจน, มล./ล.	0.002 - 0.033	0.014
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, MPN/100 ml	2 - 8	2.6

#### 4.2 คุณสมบัติของน้ำประปา

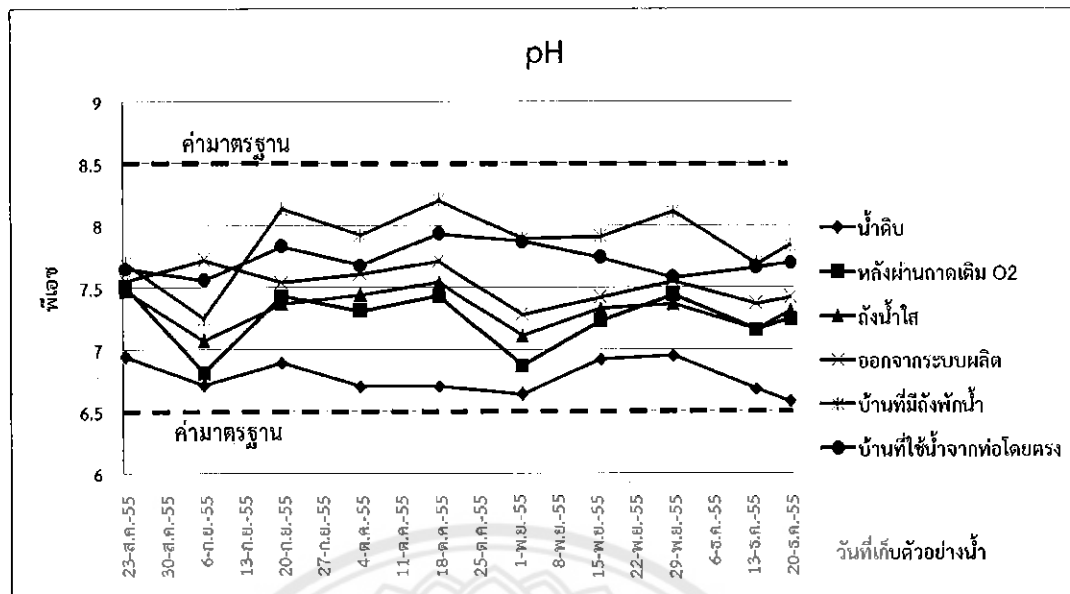
ทำการเก็บตัวอย่างน้ำดิบและน้ำประปาจำนวน 6 จุด และนำมาวิเคราะห์สมบัติของน้ำตัวอย่างตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2555 – ธันวาคม 2555 สัปดาห์เว้นสัปดาห์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังนี้

##### 4.2.1 pH

ผลการวิเคราะห์ค่า pH ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.1 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ pH

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	6.58 - 6.95	6.77
หลังผ่านภาคเติมอากาศ	6.81 - 7.50	7.24
ถังน้ำใส	7.07 - 7.54	7.32
ออกจากระบบผลิต	7.28 - 7.72	7.52
บ้านที่มีถังพักน้ำ	7.25 - 8.13	7.86
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	7.56 - 7.93	7.72



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ pH ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

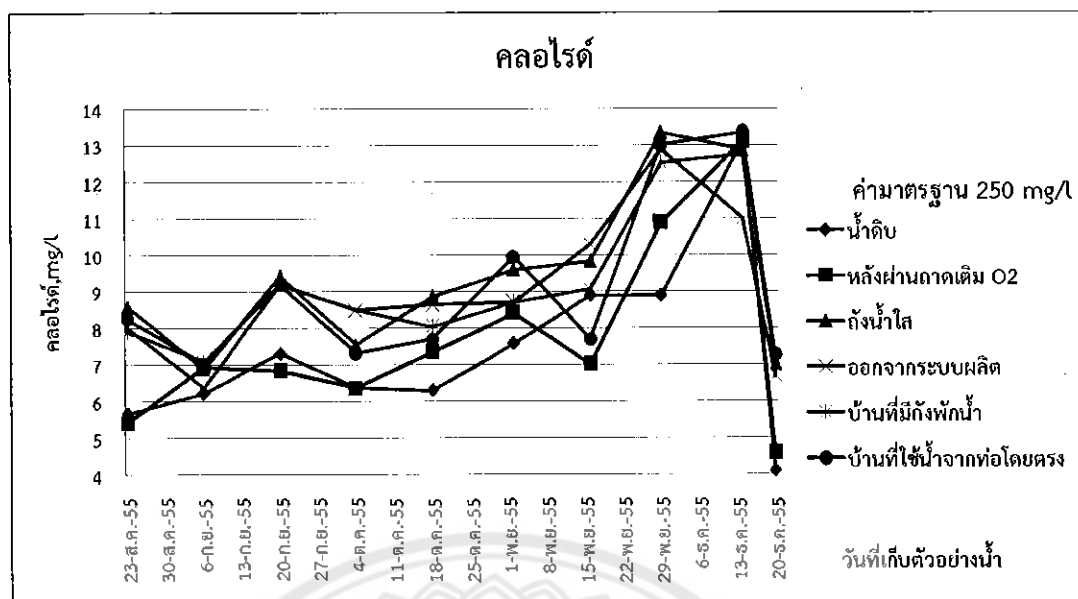
จากรูปที่ 4.1 ค่า pH เป็นค่าที่แสดงความเป็นกรด - เบส ซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนประจุของไฮโดรเจน มีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นด่างและความกระด้างเพราะเป็นพารามิเตอร์ที่เกิดจากธาตุมีประจุซึ่งสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนได้ในบางสภาวะ จากการศึกษา เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำดิบ และน้ำประปาพบว่า ค่า pH ของน้ำดิบโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.77 และน้ำประปาอยู่ในช่วง 7.7 - 7.8 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากน้ำดิบเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากการแลกเปลี่ยนประจุที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนในกระบวนการผลิตน้ำประปาจะสังเกตเห็นว่าเมื่อเป็นน้ำดิบอยู่พีเอชจะต่ำกว่าค่ากลางแต่เมื่อผ่านกระบวนการผลิตไปเป็นน้ำประปาแล้วค่าพีเอชจะสูงกว่าค่ากลางสำหรับน้ำจุดที่เก็บจากเส้นท่อและมีการสำรองน้ำไว้ใช้จะมีค่าพีเอชมีค่าสูง แต่พบว่าผ่านมาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัยซึ่งกำหนดให้อยู่ในช่วง 6.5 - 8.5

#### 4.2.2 คลอไรด์

ผลการวิเคราะห์ค่า คลอไรด์ ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.2 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ คลอไรด์

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	4.12 - 8.89	7.45
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	4.59 - 13.10	7.69
ถังน้ำใส	6.89 - 13.34	9.40
ออกจากระบบผลิต	6.37 - 12.87	9.03
บ้านที่มีถังพักน้ำ	7.08 - 12.75	9.09
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	7.03 - 13.34	9.07



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ คลอไรต์ ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

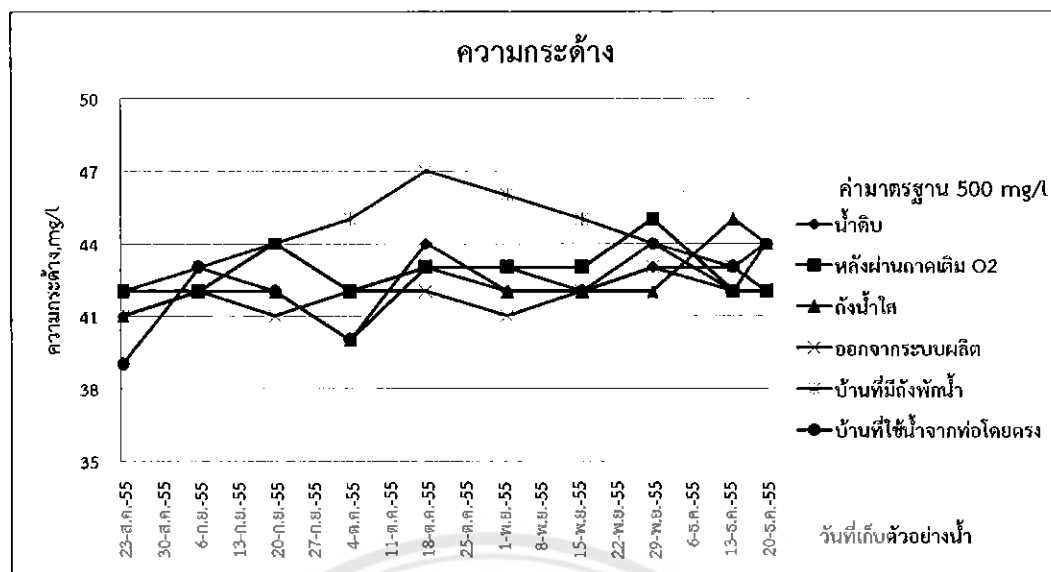
จากรูปที่ 4.2 ค่าคลอไรต์เป็นค่าที่ทำให้ให้น้ำมีรสกร่อย ซึ่งจะมีรสมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของเกลือละลายน้ำแต่ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์จากกราฟจะเห็นว่าปริมาณของคลอไรต์ ที่พบในน้ำดิบมีค่าน้อย และเมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำประปาพบว่าปริมาณคลอไรต์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีช่วงค่าอยู่ในช่วง 5.5 – 13 mg/L ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนักดังแสดงให้เห็นในกราฟ แสดงว่ากระบวนการผลิตประปານี้ไม่สามารถกำจัดคลอไรต์ได้และยังเพิ่มปริมาณของคลอไรต์ให้มากขึ้นอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของคลอไรต์ที่ตรวจพบนี้มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำประปากรมอนามัยซึ่งกำหนดไว้ให้ไม่เกิน 250 mg/L

#### 4.2.3 ความกระด้าง

ผลการวิเคราะห์ค่า ความกระด้าง ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.3 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ ความกระด้าง

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	40 - 44	42
หลังผ่านภาคเติมอากาศ	42 - 45	42.8
ถังน้ำใส	40 - 45	42.3
ออกจากระบบผลิต	41 - 43	41.9
บ้านที่มีถังพักน้ำ	42 - 47	44.2
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	40 - 44	42.3



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ ความกระด้าง ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

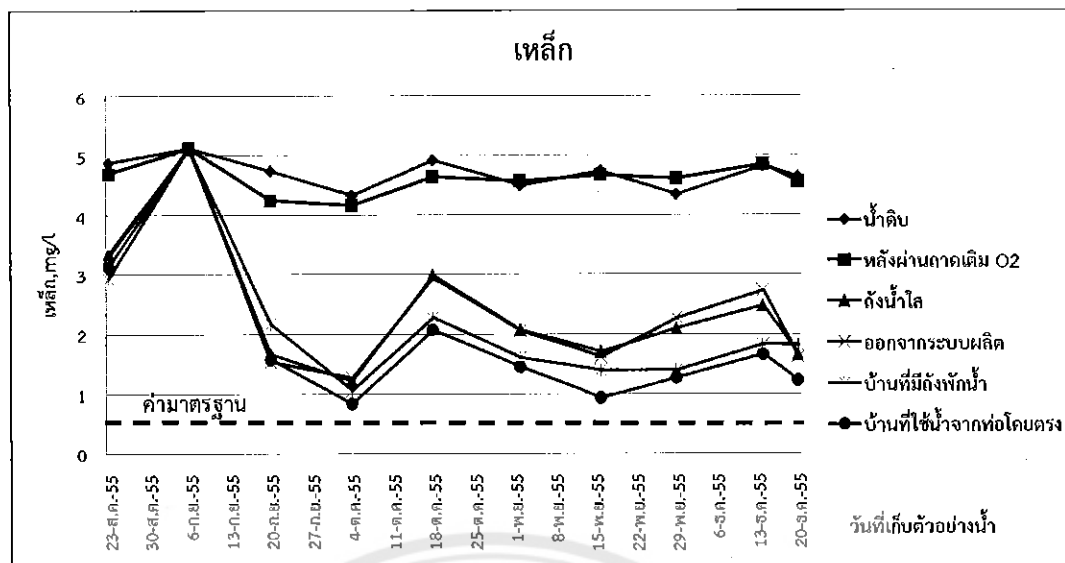
จากรูปที่ 4.3 ค่าความกระด้างจากการศึกษาพบว่า ความกระด้างของน้ำดิบและน้ำประปามีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่าความกระด้างของน้ำดิบที่พบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 42 mg/l as CaCO<sub>3</sub> และน้ำประปาที่ผลิตได้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 43.2 mg/l as CaCO<sub>3</sub> แสดงว่ากระบวนการผลิตน้ำประปามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความกระด้างน้อยหรือไม่สามารถกำจัดความกระด้างได้ มีเพียงจุดเก็บน้ำบางจุดที่มีค่าความกระด้างสูงสุดคือประมาณ 47mg/l as CaCO<sub>3</sub> อาจเป็นเพราะเป็นจุดเก็บน้ำที่มีการสำรองน้ำไว้ซึ่งอาจมีสภาพที่ไม่ค่อยได้รับการดูแลทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความกระด้างของน้ำพบว่าอยู่ในช่วง 0 – 75 mg/l as CaCO<sub>3</sub> ซึ่งจัดว่าเป็นน้ำอ่อนหรือมีความกระด้างเล็กน้อย และค่าความกระด้างนี้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัยซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 500 mg/l as CaCO<sub>3</sub>

#### 4.2.4 เหล็ก

ผลการวิเคราะห์ค่า เหล็ก ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.4 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ เหล็ก

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	4.350 - 5.128	4.710
หลังผ่านภาคเติมอากาศ	4.165 - 5.128	4.619
ถังน้ำใส	1.216 - 5.128	2.440
ออกจากระบบผลิต	1.275 - 5.128	2.452
บ้านที่มีถังพักน้ำ	1.400 - 5.128	2.162
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	0.835 - 5.128	1.930



รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ เหล็ก ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

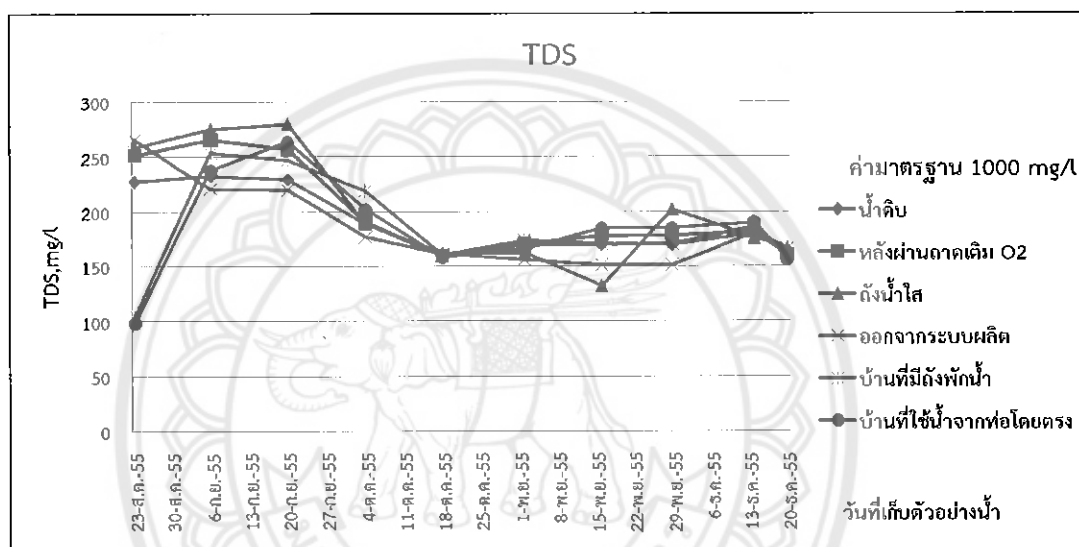
จากรูปที่ 4.4 ค่าเหล็กจากคุณสมบัติของน้ำได้ดินพบว่ามีปริมาณของเหล็กละลายน้ำสูง ดังแสดงในกราฟซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำดิบมีปริมาณของเหล็กสูงถึง 5 mg/L ต่อมาเมื่อผ่านถาดเติมอากาศเพื่อเปลี่ยนรูปของเหล็กละลายน้ำให้เป็นตะกอนของเหล็กเพื่อให้สามารถกรองออกได้พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับน้ำดิบมาก และเมื่อผ่านกระบวนการกรองแล้วพบว่าปริมาณของเหล็กลดลงไปเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.6 – 3.3 mg/L มีเพียงการเก็บน้ำครั้งที่ 2 เท่านั้นที่ปริมาณของเหล็กไม่สามารถกำจัดออกได้เลย เนื่องจากมีการเปลี่ยนทรายกรองใหม่และได้ดำเนินการเก็บน้ำมาตรวจวิเคราะห์ อาจทำให้การเรียงตัวของชั้นทรายยังมีความพรุนอยู่มากทำให้อนุภาคขนาดเล็กผ่านชั้นกรองออกมาได้ แต่ปริมาณของเหล็กส่วนใหญ่ได้ถูกกำจัดออกไปเพียงบางส่วนเท่านั้น โดยกระบวนการกรองน้ำ เมื่อน้ำที่ผลิตได้ถูกส่งจ่ายไปยังผู้ใช้น้ำโดยท่อส่งจ่ายอาจทำให้เหล็กตกตะกอนค้างในเส้นท่อน้ำบางส่วน จึงส่งผลให้ปริมาณของเหล็กมีค่าลดลงในจุดเก็บน้ำในเส้นท่อน้ำทั้งสองจุด ดังนั้นน้ำประปาที่ผลิตได้จึงมีปริมาณของเหล็กไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัยซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.5 mg/L แสดงว่ายังมีปริมาณของเหล็กที่ยังเหลืออยู่ในน้ำประปาที่ผลิตได้ซึ่งจะส่งผลให้น้ำประปาที่นำมาใช้เกิดปัญหาของกลิ่นและสนิมเหล็กตามมาภายหลัง

#### 4.2.5 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

ผลการวิเคราะห์ค่า เหล็ก ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.5 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	160 - 233	189.2
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	160 - 266	199.6
ถังน้ำใส	162 - 280	200.4
ออกจากระบบผลิต	151 - 266	185
บ้านที่มีถังพักน้ำ	105 - 254	185
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	98 - 264	184.2



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 - ธ.ค. 55

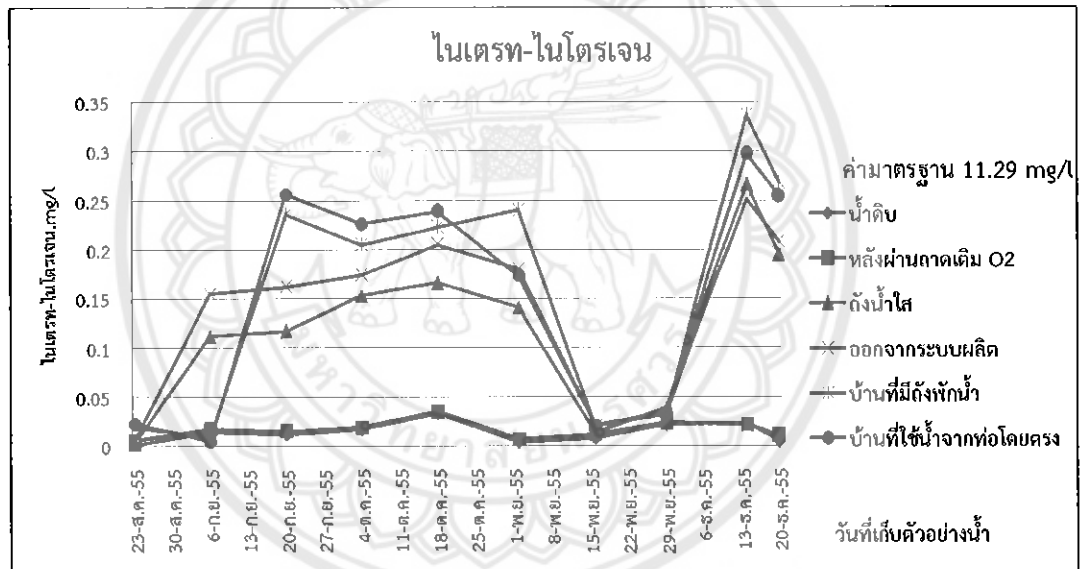
จากรูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเป็นพวกของแข็งหรือสารอินทรีย์ต่างๆที่ปะปนอยู่ในน้ำซึ่งไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยสังเกตจากกราฟค่าของแข็งละลายน้ำมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน จากการวิเคราะห์ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดค่าเฉลี่ยก่อนที่น้ำจะผ่านถังกรองทรายคือ 189.2 mg/L แต่เมื่อผ่านถังกรองทรายแล้วจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 200.4 mg/L จะเห็นว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก ดังนั้นช่วงค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจะอยู่ที่ 98 - 280 mg/L จากผลการวิเคราะห์แล้วค่าของแข็งละลายน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมอนามัย พ.ศ. 2543 โดยมาตรฐานของกรมอนามัยหรือค่าที่ยอมให้เท่ากับ 1000 mg/L จากกราฟจะเห็นได้ว่าของแข็งละลายน้ำจะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดอยู่มาก จึงเป็นตัวชี้วัดได้ว่าหากค่าของแข็งละลายน้ำมีค่าต่ำ นั้นแสดงว่ามีแร่ธาตุต่างๆหรือสารอินทรีย์ปะปนอยู่น้อย ถือน้ำมีความบริสุทธิ์

4.2.6 ไนเตรท - ไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์ค่า ไนเตรท - ไนโตรเจน ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.6 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ ไนเตรท - ไนโตรเจน

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	0.002 - 0.033	0.014
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	0.006 - 0.035	0.017
ถึงน้ำใส	0.003 - 0.266	0.121
ออกจากระบบผลิต	0.006 - 0.251	0.140
บ้านที่มีถังพักน้ำ	0.009 - 0.336	0.159
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	0.005 - 0.297	0.152



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ ไนเตรท - ไนโตรเจน ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 - ธ.ค. 55

จากรูปที่ 4.6 จากการเปรียบเทียบค่าไนเตรทของระบบผลิตประปาจากน้ำบาดาลไนเตรทเป็นองค์ประกอบหลักของปุ๋ย ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช ถ้ามีปริมาณมากในแหล่งน้ำจะทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตมากเกินไป และส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง ดังนั้นช่วงค่าที่เหมาะสมที่น้ำควรจะมีค่าไนเตรทอยู่คือ 20-60 mg/L หรือต่ำกว่า ดังนั้นจากกราฟค่าไนเตรทในส่วนน้ำดิบที่สูบขึ้นมาและน้ำที่ผ่านถาดเติมอากาศแล้วจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 0.002 - 0.033 mg/L มีค่าไนเตรทต่ำลงเนื่องจากน้ำได้สัมผัสกับอากาศทำให้น้ำปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา โดยหลังจากผ่านการกรองแล้วจะมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันคือจะอยู่ในช่วง



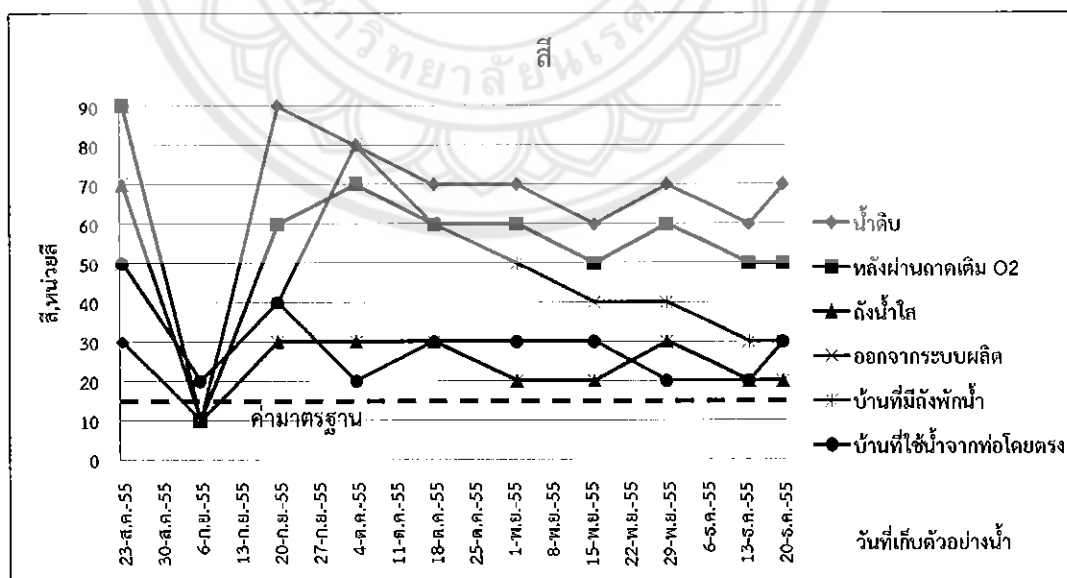
0.002 - 0.336 mg/l ดังนั้นค่ามาตรฐานไนเตรทของกรมอนามัยที่ยอมให้เท่ากับ 11.29 mg/โพบว่า ทั้งระบบผ่านมาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัยจากปริมาณไนเตรทที่พบ หากในน้ำมีปริมาณ ไนเตรทที่มากเกินไปจะมีผล เช่น ไนเตรทจะซึมเข้าสู่ตัวปลาทำให้การได้รับ ออกซิเจนเป็นไปได้น้อยลง หมายความว่า แม้ว่าในน้ำจะมีออกซิเจนเหลือเพื่อ ปลาหายใจเข้าไปแล้ว เหงือกไม่สามารถดึง ออกซิเจนมาใช้ได้ ทำให้ ปลาเหนื่อย ไม่กระฉับกระเฉง ไม่ enjoy eating กินอาหารไม่จุ ภูมิคุ้มกัน ลดลง ไม่โต แกร็น ถ้าเป็นผลจะหายช้า ลูกกลมติดเชื่อได้ง่าย

#### 4.2.7 สี

ผลการวิเคราะห์ค่า สี ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จาก ภาคผนวก ข และรูปที่ 4.7 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ สี

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	10 - 90	61
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	10 - 90	56
ถังน้ำใส	10 - 70	28
ออกจากระบบผลิต	10 - 70	28
บ้านที่มีถังพักน้ำ	20 - 80	44
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	20 - 50	29



รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ สี ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

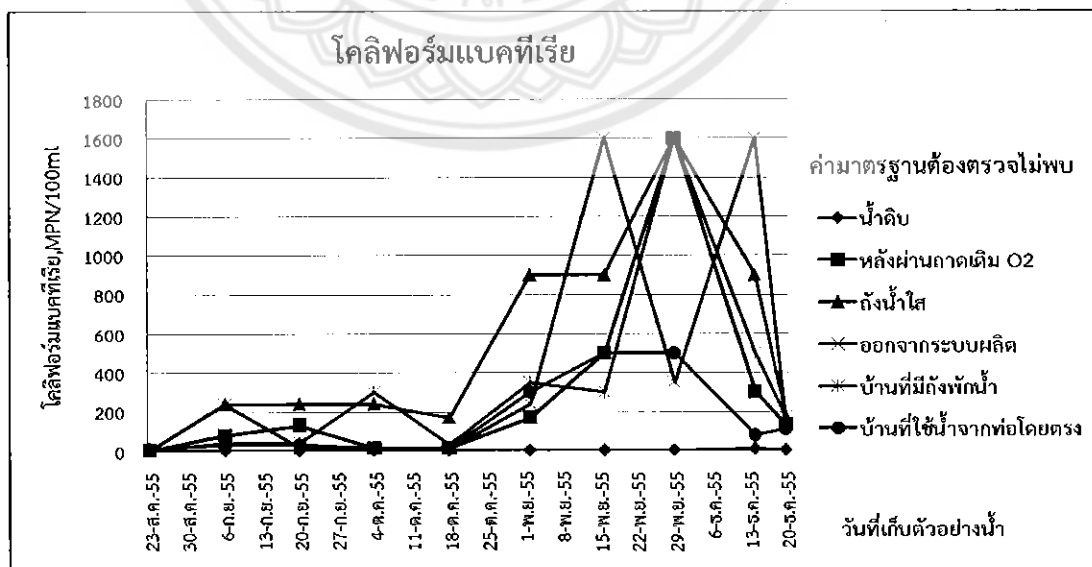
จากรูปที่ 4.7 จากการเปรียบเทียบค่าสีของระบบผลิตประปาจากน้ำบาดาลสีในกระบวนการผลิตนี้เกิดจากตะกอนของเหล็กละลายน้ำที่มีอยู่ เมื่อน้ำบาดาลสัมผัสกับอากาศเหล็กในน้ำก็จะเปลี่ยนรูปกลายเป็นตะกอนเหล็กทำให้มองเห็นน้ำเป็นสีเหลืองออกส้มเนื่องมาจากตะกอนเหล็กนั้นเองลักษณะสีจะเป็นสีคล้ายกับสนิมเหล็ก จากกราฟจะเห็นได้ว่ากราฟในการเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้งไม่มีความแตกต่างกันมากเท่าไรแต่ค่าสีในส่วนของน้ำดิบและผ่านภาคเติมอากาศแล้วจะมีค่าสูงกว่าขั้นตอนอื่นๆ นั้นเพราะเนื่องมาจากน้ำได้สัมผัสกับอากาศมากขึ้นทำให้เหล็กในน้ำเปลี่ยนรูปมากขึ้นจึงมีค่าสีที่สูงแต่หลังจากผ่านการกรองทรายแล้วค่าของสีเริ่มลดลงสำหรับช่วงค่าของสีคือ 10-90 หน่วยสี เมื่อเทียบกับมาตรฐานแล้วค่าของสีไม่ผ่านมาตรฐานของกรมอนามัย พ.ศ. 2543 หากค่าของสีมีมากเกินไปลักษณะน้ำก็จะไม่น่าใช้งานดังนั้นสำหรับค่ามาตรฐานที่ยอมให้คือ 15 หน่วยสี

4.2.8 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ผลการวิเคราะห์ค่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.8 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	2 - 8	2.6
หลังผ่านภาคเติมอากาศ	2 - 1600	294
ถึงน้ำใส	2 - 1600	536.2
ออกจากระบบผลิต	2 - 1600	420.5
บ้านที่มีถังพักน้ำ	6 - 1600	333.9
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	8 - 500	158.2



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 - ธ.ค. 55

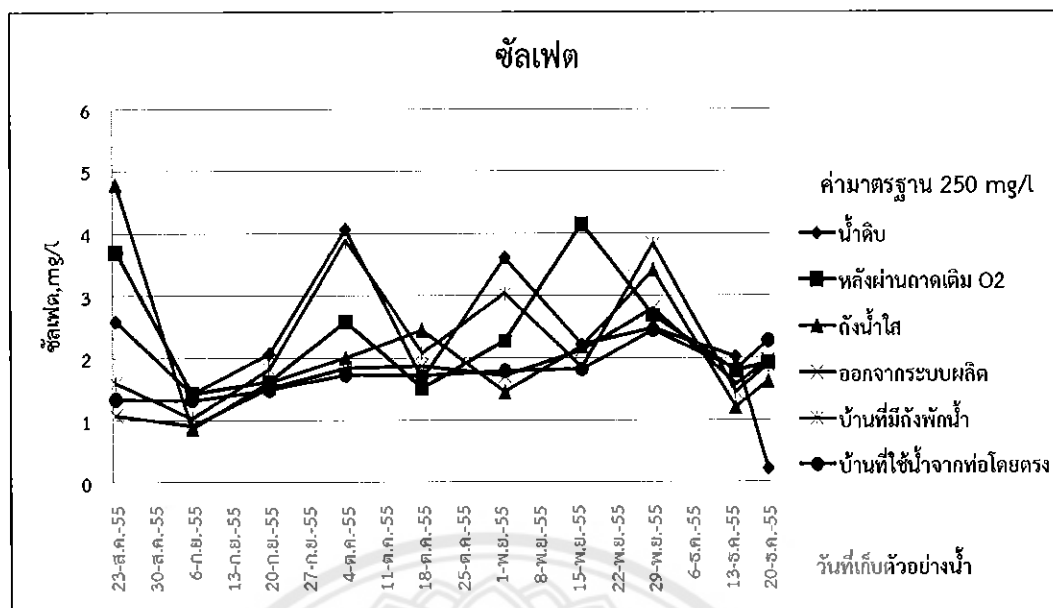
จากรูปที่ 4.8 ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงระดับการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย ความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดโรคหรือระดับสกปรก จากกราฟจะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมของน้ำดิบ น้ำในกระบวนการผลิต และน้ำประปาที่ผลิตได้ พบว่าค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบตรวจไม่พบเลยเนื่องจากน้ำดิบเป็นน้ำบาดาลจึงไม่มีการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แต่เมื่อนำมาผ่านกระบวนการผลิตพบว่ามี การปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยแสดงให้เห็นจากกราฟตามจุดเก็บน้ำในกระบวนการผลิตและน้ำประปาที่ส่งจ่ายตามเส้นท่อพบแบคทีเรียปนเปื้อนทุกจุด โดยเฉพาะตั้งแต่การเก็บน้ำครั้งที่ 6 มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียสูงเมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัยแล้วไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ที่ได้กำหนดมาตรฐานไว้ว่าไม่ควรตรวจพบ ซึ่งน้ำในกระบวนการผลิตนั้นได้มีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคแล้วแสดงว่ากระบวนการฆ่าเชื้อโรคยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอที่จะกำจัดแบคทีเรียให้หมดไปได้และเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนการเติมคลอรีนวัตถุประสงค์ของการเติมคลอรีนจึงเปลี่ยนไปคือมีการเติมคลอรีนตรงจุดปล่อยน้ำตกเพื่อให้คลอรีนช่วยในการออกซิไดร์เหล็กทำให้ปริมาณคลอรีนอิสระที่จะมาฆ่าเชื้อโรคนั้นมีปริมาณน้อยลงจึงส่งผลให้น้ำประปามีค่าโคลิฟอร์มเพิ่มสูงขึ้น

#### 4.2.9 ซัลเฟต

ผลการวิเคราะห์ค่า ซัลเฟต ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.9 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ ซัลเฟต

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	1.434 - 4.065	2.238
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	1.434 - 4.152	2.375
ถังน้ำใส	0.870 - 3.413	2.164
ออกจากระบบผลิต	0.913 - 2.804	1.744
บ้านที่มีถังพักน้ำ	1.033 - 3.891	2.251
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	1.327 - 2.290	1.783



รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ ซัลเฟต ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

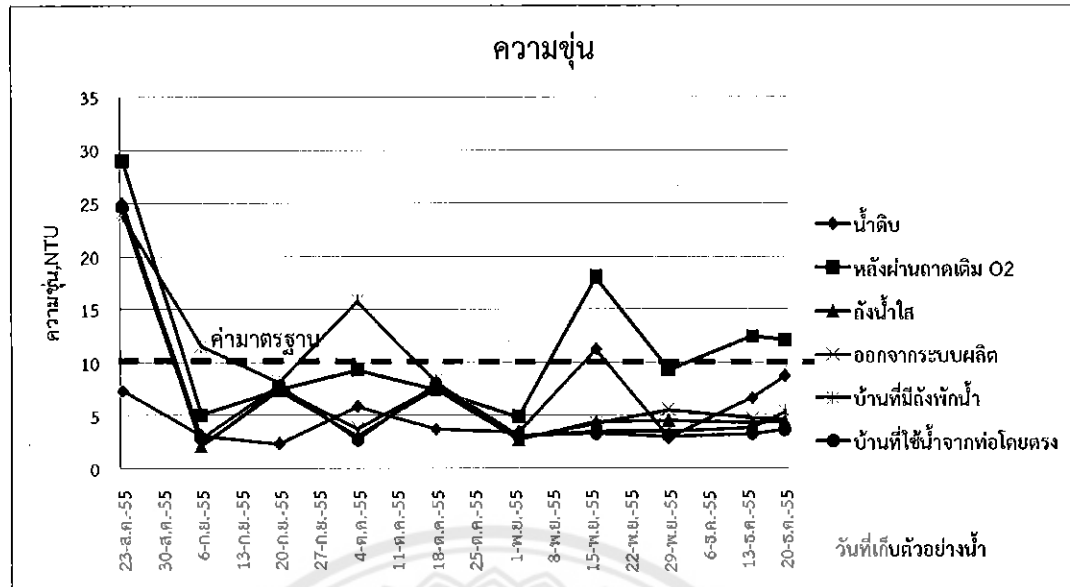
จากรูปที่ 4.9 จากการเปรียบเทียบค่าซัลเฟตของระบบผลิตประปาจากน้ำบาดาล ซัลเฟตเป็นอนินทรีย์สารแอนไอออนทั่วไปที่อยู่ในน้ำธรรมชาติต่างๆ จากกราฟซัลเฟตในแต่ละครั้งจะสังเกตเห็นว่าไม่แตกต่างกันมากโดยช่วงค่าจะอยู่ที่ 0.224 - 4.783 mg/L เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วค่าซัลเฟตของน้ำประปานี้ถือว่ามีความต่ำ จากการเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วค่าซัลเฟตผ่านมาตรฐานของกรมอนามัย พ.ศ. 2543 ถ้าหากคนเราบริโภคน้ำที่มีซัลเฟตมากเกินไปมักจะมีผลคล้ายกับยาถ่าย นอกจากนั้นมันจะทำให้ได้น้ำกระด้างถาวร ซึ่งจะก่อตะกรันในหม้อต้มได้อีกด้วย ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรฐานไว้ที่ 250 mg/L

#### 4.2.10 ความขุ่น

ผลการวิเคราะห์ค่า ความขุ่น ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.10 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ ความขุ่น

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	2.32 - 11.23	5.51
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	5.04 - 18.00	11.48
ถังน้ำใส	2.10 - 24.95	6.53
ออกจากระบบผลิต	2.10 - 24.10	6.69
บ้านที่มีถังพักน้ำ	3.04 - 23.65	8.63
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	2.70 - 24.65	6.21



รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ ความขุ่น ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

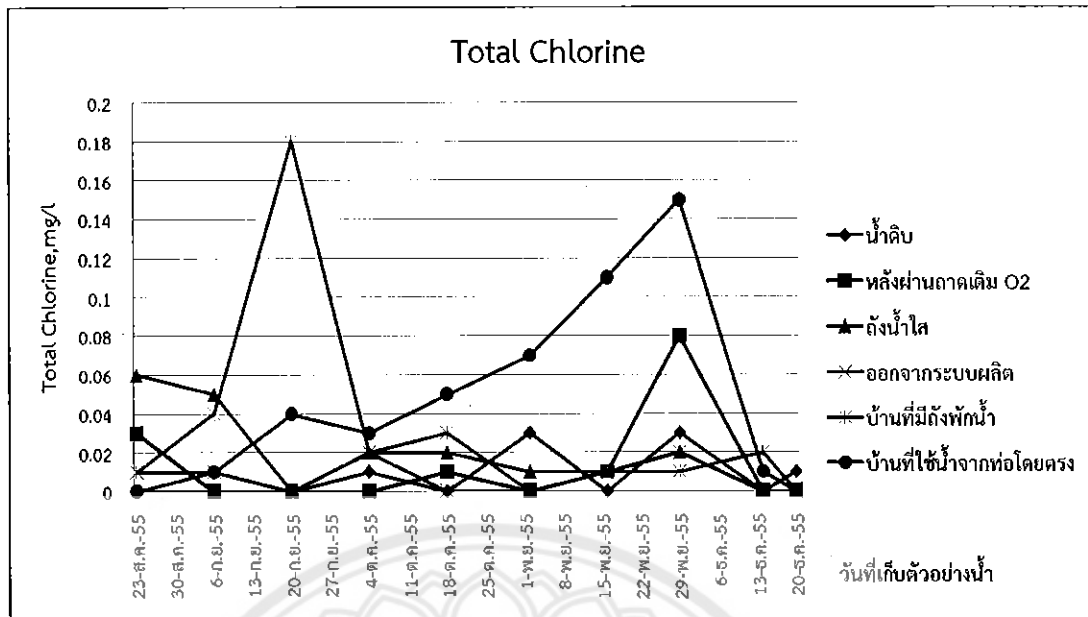
จากรูปที่ 4.10 จากการเปรียบเทียบค่าของความขุ่นของน้ำจากระบบผลิตประปาจาก น้ำบาดาลสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำที่กั้นหรือวางแสงแดด ไม่ให้ส่องลงใต้น้ำได้มาก เช่นเดียวกับสีจาก กราฟจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าความขุ่นของน้ำประปาตั้งแต่ น้ำดิบจนถึงท่อถึงสูงและตามเส้นท่อจุดที่ 6 ค่า ความขุ่นมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันคือจะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานส่วนน้ำในเส้นท่อของจุดที่ 5 และจะมี เกินมาตรฐานเป็นบางครั้งที่ทำให้การเก็บตัวอย่างน้ำ เนื่องจากน้ำตามเส้นท่อจุดที่ 5 มีการสำรองน้ำไว้ ในถังจึงอาจทำให้มีตะกอนหรือพวกสารอินทรีย์ที่ทำให้ลักษณะน้ำที่ออกมามีความขุ่น โดยค่าความขุ่น ของน้ำประปาอยู่ในช่วงค่า 2.10 - 28.90 NTU หรือค่าความขุ่นเฉลี่ยของทั้งระบบอยู่ที่ 7.51 NTU เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วค่าของความขุ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมอนามัย พ.ศ. 2543 โดย มาตรฐานหรือค่าที่ยอมรับของกรมอนามัยคือ 10 NTU หากเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดให้ก็ อาจจะทำให้ลักษณะน้ำไม่น่าใช้ในกิจกรรมต่างๆได้

#### 4.2.11 คลอรีน

ผลการวิเคราะห์ค่า คลอรีน ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.11 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ คลอรีน

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	0 - 0.03	0.008
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	0 - 0.08	0.013
ถังน้ำใส	0 - 0.06	0.019
ออกจากระบบผลิต	0 - 0.02	0.007
บ้านที่มีถังพักน้ำ	0 - 0.18	0.032
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	0 - 0.07	0.047



รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ คลอรีนรวม ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน  
ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

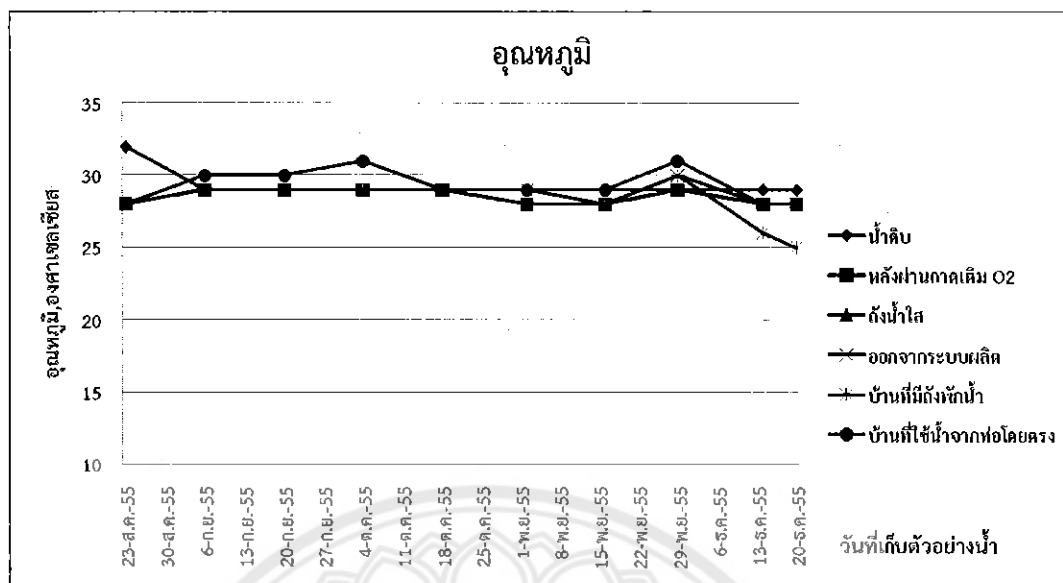
จากรูปที่ 4.10 คลอรีนเป็นสารเคมีที่เติมลงไปใต้น้ำเพื่อการฆ่าเชื้อโรคที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้น้ำ ทำให้ผู้ใช้น้ำมีความเสี่ยงในการนำน้ำประปามาใช้โดยตรงลดลง จากการดำเนินการของผู้ดูแลในระยะเวลาที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ พบว่าจุดเติมคลอรีนในระยะแรกเป็นการเติมในช่วงก่อนจะมีการนำน้ำขึ้นสู่ถังสูงแต่หลังจากการเก็บน้ำครั้งที่ 5 พบว่าผู้ดูแลได้มีการเปลี่ยนจุดเติมคลอรีนโดยเติมก่อนที่จะปล่อยน้ำผ่านถาดเติมอากาศ จากกราฟจะเห็นได้ว่าปริมาณการเติมคลอรีนที่พบมีค่าค่อนข้างน้อยและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.00 – 0.03 mg/l แต่จะมีบางครั้งที่จุดเก็บน้ำจากเส้นท่อที่มีปริมาณคลอรีนสูงกว่าจุดอื่น ซึ่งอาจจะเกิดจากการตกค้างในเส้นท่อหรือถังพักน้ำที่ได้สำรองน้ำไว้ใช้ได้

#### 4.2.12 อุณหภูมิ

ผลการวิเคราะห์ค่า คลอรีน ของน้ำดิบในบ่อบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.12 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ อุณหภูมิ

จุดเก็บ	ช่วงค่า (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
น้ำดิบ	29 - 32	29.3
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	28 - 29	28.5
ถังน้ำใส	28 - 29	28.5
ออกจากระบบผลิต	28 - 30	28.7
บ้านที่มีถังพักน้ำ	25 - 30	28.1
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	28 - 31	29.3



รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ อุณหภูมิ ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

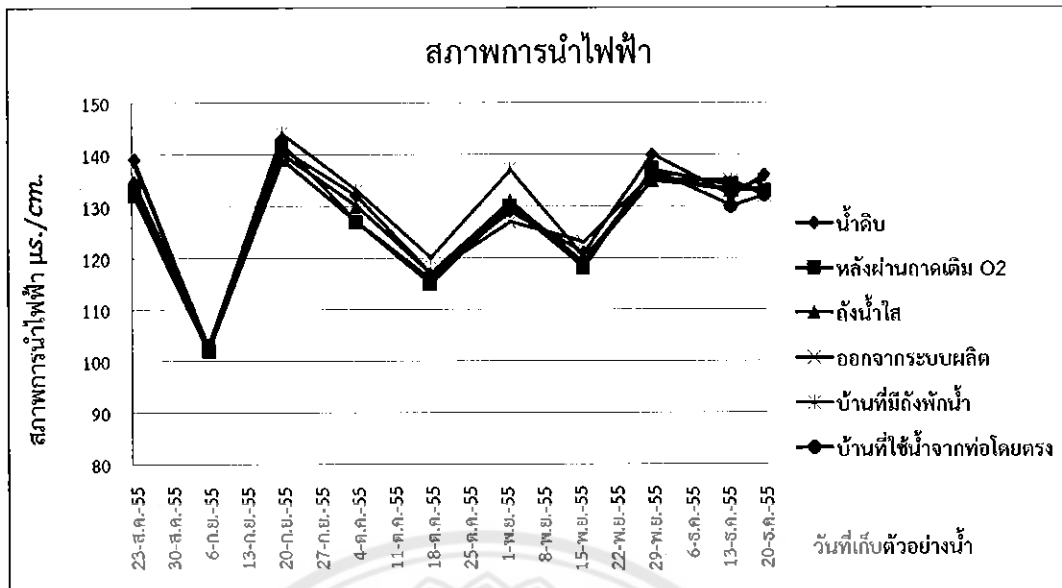
จากรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำดิบมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ แล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยและไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 28 – 32 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจแตกต่างกันเพราะช่วงเวลาในการเก็บน้ำตัวอย่างอยู่ในช่วง 9.00 – 12.00 น. แต่จะมีเพียงจุดเก็บน้ำที่มีการสำรองน้ำไว้ใช้บางจุดเท่านั้นที่มีอุณหภูมิต่ำลงมาเล็กน้อย

#### 4.2.13 สภาพการนำไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ค่า สภาพการนำไฟฟ้า ของน้ำดิบในบาดาลและน้ำประปาแสดงได้ดังตารางที่ ข.2 จากภาคผนวก ข และรูปที่ 4.13 โดยสามารถสรุปช่วงค่าและค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ สภาพการนำไฟฟ้า

จุดเก็บ	ช่วงค่า ( $\mu s./cm.$ )	ค่าเฉลี่ย ( $\mu s./cm.$ )
น้ำดิบ	103 - 141	129
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	102 - 139	126.7
ถังน้ำใส	103 - 140	127.6
ออกจากระบบผลิต	102 - 140	127.6
บ้านที่มีถังพักน้ำ	103 - 144	129.7
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	103 - 142	127

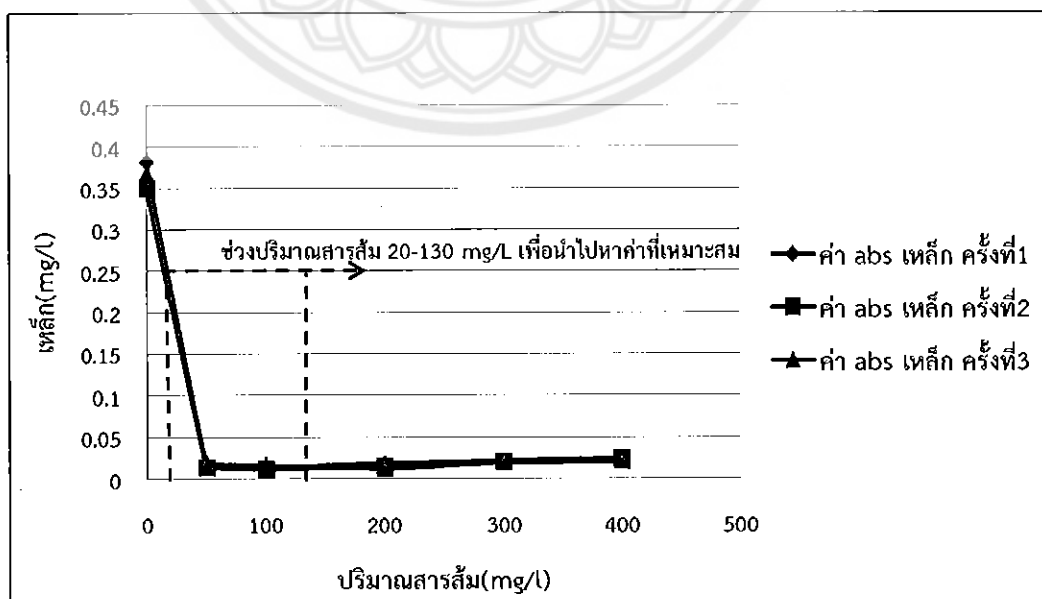


รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ สภาพการนำไฟฟ้า ของน้ำประปาและน้ำดิบในช่วงเดือน ส.ค. 55 – ธ.ค. 55

จากรูปที่ 4.13 ค่าการนำไฟฟ้าเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณเกลือแร่ละลายอยู่ในน้ำและสามารถยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้มากน้อยเพียงใดจากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละจุดมีแนวโน้มใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 100 – 140  $\mu s/cm$ . แสดงว่ามีการละลายของแร่ธาตุต่างๆ ลงสู่น้ำบาดาลและสามารถเป็นตัวกลางยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้ในระดับหนึ่ง

### 4.3 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของน้ำประปา

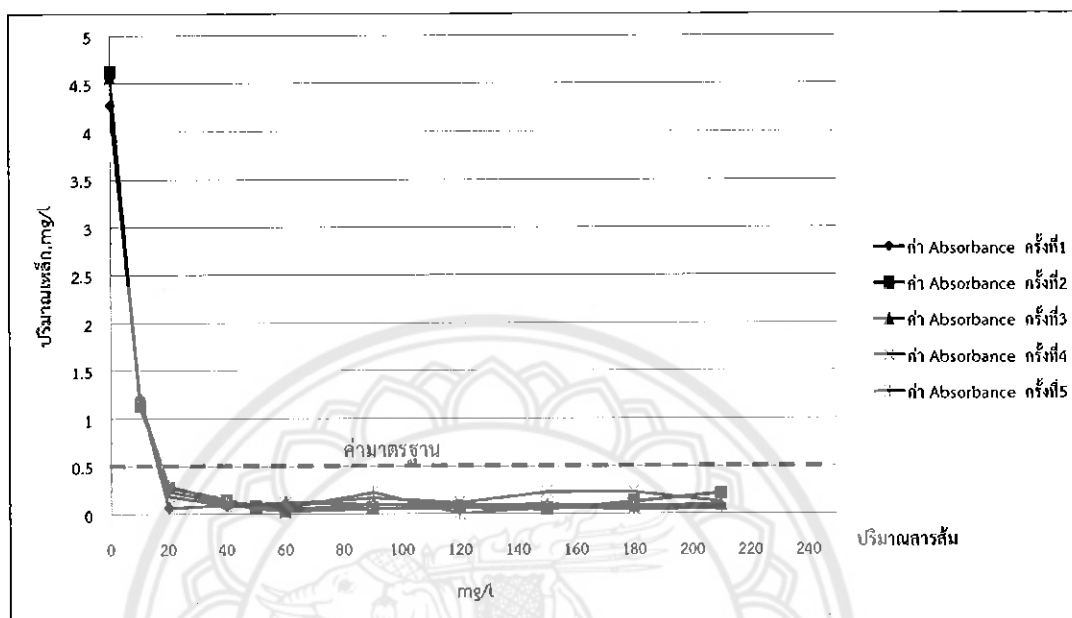
#### 4.3.1 ปริมาณสารส้มที่ได้จากการทำจาร์เจสต์เบื้องต้นทดสอบค่าเหล็ก



รูปที่ 4.14 ช่วงปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เจสต์เบื้องต้นทดสอบค่าเหล็ก



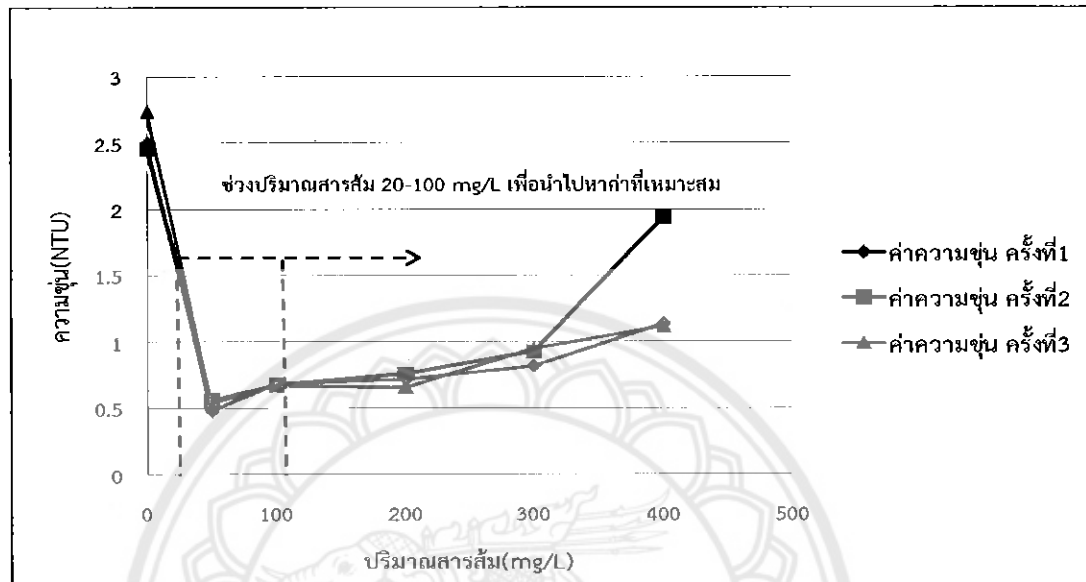
กระบวนการทำจาร์เทสต์เป็นขั้นตอนการหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของน้ำบาดาลเพื่อนำไปใช้ในระบบผลิตน้ำประปา จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นเป็นการเลือกช่วงปริมาณสารส้มของน้ำบาดาลดังแสดงดังรูปที่ 4.14 พบว่าน้ำประปามีปริมาณสารส้มอยู่ในช่วง 20-130 mg/L



รูปที่ 4.15 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของพารามิเตอร์หลัก

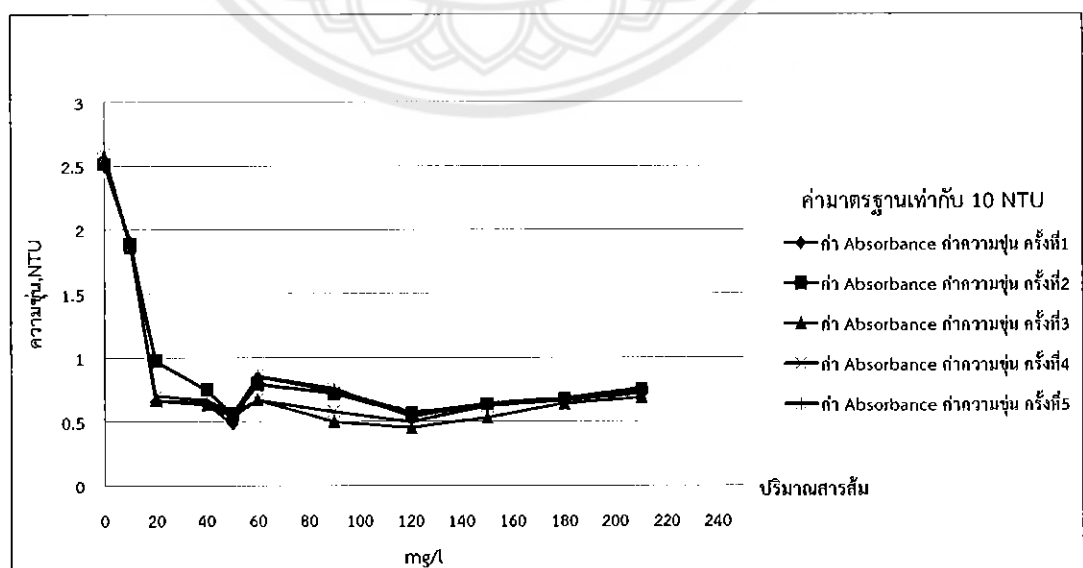
จากรูปที่ 4.15 จากกราฟผลการทดลองการทำจาร์เทสต์โดยการใช้สารส้มเพื่อเปลี่ยนรูปของเหล็กละลายน้ำให้อยู่ในรูปของตะกอนของเหล็กแล้วสามารถตกตะกอน เพื่อให้แยกตะกอนออกจากน้ำได้ โดยใช้ปริมาณสารส้มที่แตกต่างกัน จากกราฟจะเห็นว่าปริมาตรของเหล็กก่อนที่จะมีการเติมสารส้มมีสูงมาก แต่เมื่อได้เติมสารส้มในปริมาณที่แตกต่างกันลงไปพบว่าปริมาณของเหล็กลดลงไปมากจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของกรมอนามัย และสารส้มในปริมาณ 20 mg/L เป็นปริมาณที่น้อยที่สุดเหมาะสมที่ช่วยกำจัดเหล็กละลายน้ำให้สามารถเปลี่ยนรูปและตกตะกอนจนมีปริมาณของเหล็กลดลงต่ำกว่ามาตรฐาน

#### 4.3.2 ปริมาณสารส้มที่ได้จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นทดสอบค่าความขุ่น



รูปที่ 4.16 ช่วงปริมาณสารส้มที่เหมาะสมจากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นทดสอบค่าความขุ่น

กระบวนการทำจาร์เทสต์เป็นขั้นตอนการหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของน้ำบาดาลเพื่อนำไปใช้ในระบบผลิตน้ำประปา จากการทำจาร์เทสต์เบื้องต้นเป็นการเลือกช่วงปริมาณสารส้มของน้ำบาดาลดังแสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่าน้ำประปามีปริมาณสารส้มอยู่ในช่วง 20-100 mg/L



รูปที่ 4.17 ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ความขุ่น

จากรูปที่ 4.17 จากกราฟผลการทดลองการทำอาร์เทสต์ จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นในช่วงที่ยังไม่มีการเติมสารส้มมีค่าสูง แต่เมื่อมีการเติมสารส้มลงไปปริมาณที่ต่างกัน พบว่า ความขุ่นมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด และสารส้มในช่วง 20 mg/l เป็นปริมาณที่ความขุ่นมีค่าลดลงต่ำสุด แสดงว่าเป็นปริมาณที่น้อยที่สุดซึ่งช่วยกำจัดสารที่ทำให้เกิดสีได้จนต่ำกว่ามาตรฐานอย่างเห็นได้ชัดจึงทำให้น้ำมีความใส และค่าความขุ่นจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมสารส้มมากขึ้นกว่านี้



## บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 จากผลการทดลองสามารถสรุปคุณภาพน้ำแต่ละจุดเก็บได้ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในกระบวนการผลิตและน้ำประปา

พารามิเตอร์มาตรฐาน		จุดเก็บน้ำในกระบวนการผลิต				จุดเก็บน้ำจากเส้นท่อ	
พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	น้ำดิบ	หลังผ่าน ภาคเติม อากาศ	ถังน้ำใส	ออกจาก ระบบผลิต	พักน้ำไว้ ก่อน นำไปใช้	ใช้น้ำโดยตรง จากเส้นท่อ
พีเอช (pH)	6.5-8.5	6.77	7.24	7.32	7.52	7.86	7.72
ความขุ่น (NTU)	10	5.51	11.48	6.53	6.7	8.63	6.21
สี (Pt-Co unit)	ไม่เกิน 15	61	56	28	28	44	29
สารละลายทั้งหมด (mg/l)	ไม่เกิน 1000	189.2	199.6	197.5	185	185	184.2
ความกระด้าง (mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	ไม่เกิน 500	42	42.8	42.3	41.9	44.2	42.3
ซัลเฟต (mg/l)	ไม่เกิน 250	2.24	2.2	2.02	1.57	2.08	1.58
คลอไรด์ (mg/l)	ไม่เกิน 250	7.45	7.69	9.4	9.03	9.1	9.07
ไนเตรท (mg/l as NO <sub>3</sub> )	ไม่เกิน 50	0.014	0.017	0.121	0.14	0.159	0.153
เหล็ก (mg/l)	ไม่เกิน 0.5	4.71	4.62	2.44	2.45	2.42	1.93
แบคทีเรียประเภท โคลิฟอร์ม (MPN/100 ml)	ไม่พบ	2.6	294	536	420	334	158

5.1.2 จากตารางที่ 5.1 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตได้ คือจุดเก็บน้ำที่น้ำประปาออกจากระบบและน้ำประปาในเส้นท่อ ได้แก่จุดที่มีการสำรองน้ำไว้ใช้และจุดที่ใช้น้ำโดยตรงจากแนวท่อ กับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของกรมอนามัย แสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปากับมาตรฐานน้ำประปาของกรมอนามัย

พารามิเตอร์	จุดที่น้ำประปาออกจากระบบผลิต	จุดเก็บตามแนวท่อ	
		มีการสำรองน้ำไว้ใช้	ใช้น้ำโดยตรงจากเส้นท่อ
พีเอช (pH)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ความขุ่น (NTU)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
สี (Pt-Co unit)	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
สารละลายทั้งหมด (mg/L)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ความกระด้าง (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ซัลเฟต (mg/L)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
คลอไรด์ (mg/L)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ไนเตรต (mg/L as NO <sub>3</sub> )	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
เหล็กทั้งหมด (mg/L)	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/100 ml)	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน

5.1.3 จากผลการตรวจวิเคราะห์น้ำประปาจากระบบผลิตน้ำประปาจากน้ำบาดาลของเขตพื้นที่ หมู่ที่ 8 บ้านนาโพธิ์แดงตำบลวัดจันทร์อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของระบบเท่ากับร้อยละ 47.98 และประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบเท่ากับร้อยละ 54.1

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตประปาจากน้ำบาดาล พารามิเตอร์ที่คณะผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์นั้น ยังไม่ครบตามหลักการวิเคราะห์น้ำประปาสำหรับอุปโภค และบริโภค ซึ่งบางพารามิเตอร์ต้องใช้เครื่องมือขั้นสูงสำหรับการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตามและการตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการนำน้ำประปามาใช้ในการอุปโภคบริโภคและมั่นใจว่าไม่มีสารอันตรายหรือเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนมากับน้ำประปา อันจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้

จากผลการวิเคราะห์น้ำพบว่า ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียรวมมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกและช่วงหลังอย่างเห็นได้ชัดเจน อาจเกิดจากการเปลี่ยนจุดเติมคลอรีนจากเดิมคือเติมคลอรีนก่อนนำน้ำขึ้นถังสูง แต่ในปัจจุบันเปลี่ยนเป็นเติมคลอรีนแล้วปล่อยน้ำผ่านภาดเติมอากาศ ซึ่งคลอรีนมีคุณสมบัติช่วยในการออกซิไดส์เหล็กละลายน้ำให้เป็นตะกอนของเหล็ก ดังนั้นคลอรีนที่เติมลงไปจุดนี้ จะถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยน

รูปของเหล็กแทนการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ อันเป็นผลให้ปริมาณคลอรีนที่เรียรวมเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการเติมคลอรีนก่อนที่จะมีการนำน้ำขึ้นถึงสูงจึงมีประสิทธิภาพในด้านการกำจัดคลอรีนที่เรียรวมได้มากกว่าการเติมคลอรีนแล้วปล่อยน้ำผ่านภาตเติมอากาศ

ปริมาณคลอรีนที่เติมอาจจะต้องมีการทำ Breakpointchlorinationสามารถทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมในการเติมลงไปแล้วเหลือคลอรีนตกค้างสำหรับการฆ่าเชื้อโรคตามปริมาณที่มีเกณฑ์แนะนำไว้ การเติมคลอรีนที่เพียงพอจะส่งผลให้ค่าคลอรีนที่เรียรวมในน้ำลดลงทำให้น้ำประปาที่ผลิตได้มีการปนเปื้อนของเชื้อโรคที่จะไปถึงผู้บริโภคน้อยลงด้วย

นอกจากการตรวจพบค่าคลอรีนเกินมาตรฐานแล้ว ยังพบว่าปริมาณของเหล็ก สี และความขุ่นบางจุด มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงได้เสนอแนวทางการลดปริมาณค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ การทำการทดสอบโดยวิธีจาร์เทส โดยใช้สารส้มในการสร้างตะกอนของเหล็ก ละลายน้ำให้เปลี่ยนรูปเป็นตะกอนของเหล็กให้เกิดการตกตะกอนและง่ายต่อการกำจัดออก ส่งผลให้เหล็กในรูปต่างๆ ถูกกำจัดออกได้หมด อีกทั้งยังช่วยให้ค่าความขุ่นและสีลดลง จากการทดสอบโดยวิธีจาร์เทส พบว่าปริมาณของสารส้มที่เหมาะสมปริมาณน้อยที่สุดที่ช่วยให้ค่าของความขุ่น สี และเหล็ก ถูกกำจัดออกไปจนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ 20 มิลลิกรัม/ลิตร

อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการผลิตน้ำประปา อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำดิบอาจมีการปนเปื้อนสารต่างๆ ที่แตกต่างกัน รวมทั้งฤดูกาลก็มีส่วนทำให้คุณสมบัติของน้ำดิบเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ ระบบผลิตน้ำประปาที่เกิดจากการออกแบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพการกำจัดสิ่งเจือปนได้มากนักน้อยเพียงใด การดำเนินการของผู้ดูแลและการทำความสะอาดระบบเป็นระยะๆ ระบบการส่งจ่ายน้ำซึ่งทำอาจเกิดการรั่วซึม การผูกข้อง และระยะเวลาการใช้งานของระบบ เป็นต้น

## บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ อุทมนสินโรจน์. วิศวกรรมการประปา. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, 2539

มันลีน ตันตุลเวศน์. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537

มันลีน ตันตุลเวศน์. วิศวกรรมการประปา เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537

สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2556 จาก <http://www.prapathai.com/>

สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2556 จาก <http://www.pwa.co.th/service/treatment.html>

สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2556 จาก <http://www.dwr.go.th/>







ตารางที่ ก1 ตารางค่าดิบเปรียบเทียบค่าพีเอช

ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ pH											
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55	
น้ำดิบ	6.94	6.71	6.89	6.7	6.7	6.64	6.92	6.95	6.68	6.58	
หลังผ่านสถานะเติม O <sub>2</sub>	7.5	6.81	7.43	7.31	7.43	6.87	7.23	7.44	7.16	7.25	
ถังน้ำใส	7.47	7.07	7.37	7.44	7.54	7.11	7.33	7.37	7.16	7.31	
ออกจากระบบผลิต	7.55	7.72	7.54	7.61	7.71	7.28	7.42	7.55	7.37	7.42	
บ้านที่มีถังพักน้ำ	7.69	7.25	8.13	7.92	8.2	7.89	7.91	8.11	7.69	7.84	
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	7.65	7.56	7.83	7.68	7.93	7.87	7.74	7.58	7.66	7.7	

ตารางที่ ๓2 ตารางค่าดิบเปรียบเทียบค่า Total Chlorine

ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ Total chlorine										
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	0	0	0	0.01	0	0.03	0	0.03	0	0.01
หลังผ่านถาดเติม O <sub>2</sub>	0.03	0	0	0	0.01	0	0.01	0.08	0	0
ถังน้ำใส	0.06	0.05	0	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0	0
ออกจากระบบผลิต	0.01	0.01	0	0.02	0	0	0.01	0.02	0	0
บ้านที่มีถังพักน้ำ	0.01	0.04	0.18	0.02	0.03	0	0.01	0.01	0.02	0
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	0	0.01	0.04	0.03	0.05	0.07	0.11	0.15	0.01	0

ตารางที่ ก3 ตารางค่าดัชนีเปรียบเทียบค่าคลอไรด์

ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ คลอไรด์											
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55	
น้ำดิบ	5.66	6.23	7.31	6.37	6.3	7.58	8.89	8.89	13.1	4.12	
หลังผ่านถาดเติม O2	5.42	6.94	6.84	6.37	7.35	8.4	7.02	10.88	13.1	4.59	
ถังน้ำใส	8.6	6.89	9.43	7.54	8.87	9.6	9.83	13.34	12.87	7.02	
ออกจากระบบผลิต	8.02	6.37	9.2	8.49	8.64	8.71	10.29	12.87	11	6.69	
บ้านที่ติดตั้งพื้หน้า	7.9	7.08	9.2	8.49	8.05	8.71	9.06	12.52	12.75	7.16	
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	8.25	7.03	9.2	7.31	7.7	9.95	7.7	12.99	13.34	7.25	

ตารางที่ ก4 ตารางค่าดัชนีเปรียบเทียบค่าความกระด้าง

	ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ ความกระด้าง										
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55	
น้ำดิบ	41	42	42	40	44	42	42	43	42	42	
หลังผ่านถาดเติม O2	42	42	44	42	43	43	43	45	42	42	
ถังน้ำใส	41	42	42	40	43	42	42	42	45	44	
ออกจากระบบผลิต	41	42	41	42	42	41	42	43	43	42	
บ้านที่ส่งถึงพักน้ำ	42	43	44	45	47	46	45	44	42	44	
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	39	43	42	40	43	43	42	44	43	44	

ตารางที่ ก5 ตารางค่าดัชนีเปรียบเทียบค่าเหล็กทั้งหมด

	ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ เหล็กทั้งหมด									
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	4.882	5.128	4.745	4.335	4.925	4.5	4.75	4.35	4.83	4.65
หลังผ่านถาดเติม O2	4.697	5.128	4.245	4.165	4.65	4.58	4.68	4.62	4.86	4.56
ถังน้ำใส	3.352	5.128	1.67	1.215	2.995	2.08	1.71	2.1	2.48	1.67
ออกจากระบบผลิต	3.3	5.128	1.545	1.275	2.945	2.06	1.63	2.28	2.74	1.62
บ้านที่มีถังพักน้ำ	2.928	5.128	2.17	1.06	2.28	1.61	1.4	1.4	1.83	1.82
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	3.126	5.128	1.585	0.835	2.08	1.45	0.94	1.27	1.66	1.23



ตารางที่ ก7 ตารางค่าดัชนีเปรียบเทียบค่าในตรรก-ไนโตรเจน

ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ ในตรรก-ไนโตรเจน										
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	0.002	0.015	0.012	0.017	0.033	0.004	0.008	0.022	0.023	0.005
หลังผ่านถาดเติม O2	0.006	0.017	0.015	0.019	0.035	0.007	0.012	0.024	0.022	0.01
ถังน้ำใส	0.003	0.112	0.117	0.153	0.166	0.141	0.014	0.039	0.266	0.195
ออกจากระบบผลิต	0.006	0.155	0.162	0.174	0.205	0.18	0.021	0.033	0.251	0.208
บ้านที่มีถังพักน้ำ	0.019	0.009	0.236	0.205	0.223	0.24	0.02	0.032	0.336	0.268
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	0.023	0.005	0.256	0.226	0.239	0.173	0.021	0.034	0.297	0.254

ตารางที่ ก8 ตารางค่าดัชนีเปรียบเทียบค่าสี

ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ สี										
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	30	10	90	80	70	70	60	70	60	70
หลังผ่านถาดเติม O2	90	10	60	70	60	60	50	60	50	50
ถังน้ำใส	70	10	30	30	30	20	20	30	20	20
ออกจากระบบผลิต	70	10	30	30	30	20	20	30	20	20
บ้านที่มีถังพักน้ำ	50	20	40	80	60	50	40	40	30	30
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	50	20	40	20	30	30	30	20	20	30



ตารางที่ ก9 ตารางค่าเทียบค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย										
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	2	2	2	2	2	2	2	2	8	2
หลังผ่านธาตุเติม O2	2	80	130	14	14	170	500	1600	300	130
ถังน้ำใส	2	240	240	240	170	900	900	1600	900	170
ออกจากระบบผลิต	2	240	17	14	12	240	1600	350	1600	130
บ้านที่มีถังพักน้ำ	6	40	40	300	33	350	300	1600	500	170
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	8	30	30	12	12	300	500	500	80	110

ตารางที่ ก10 ตารางค่าดิบเปรียบเทียบค่าซัลเฟต

กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ ซัลเฟต										
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	2.587	1.434	2.065	4.065	1.674	3.609	2.217	2.478	2.022	0.224
หลังผ่านถาดเติม O2	3.707	1.434	1.63	2.587	1.522	2.283	4.152	2.696	1.804	1.933
ถังน้ำใส	4.783	0.87	1.609	2.011	2.457	1.457	2.196	3.413	1.217	1.63
ออกจากระบบผลิต	1.085	0.913	1.522	1.848	1.87	1.717	2.13	2.804	1.587	1.962
บ้านที่ติดตั้งพักน้ำ	1.602	1.033	1.826	3.891	2.087	3.044	1.848	3.826	1.457	1.894
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	1.344	1.327	1.5	1.739	1.717	1.804	1.826	2.457	1.826	2.29

ตารางที่ ก11 ตารางค่าดัชนีเปรียบเทียบค่าความขุ่น

	ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ ความขุ่น									
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	7.31	3.06	2.32	5.83	3.72	3.4	11.23	2.87	6.65	8.71
หลังผ่านถาดเติม O2	28.9	5.04	7.43	9.3	7.43	4.85	18	9.27	12.44	12.1
ถังน้ำใส	24.95	2.1	7.37	3.02	7.54	2.71	4.42	4.51	4.3	4.36
ออกจากระบบผลิต	24.1	2.1	7.54	3.73	7.71	2.78	4.19	5.49	4.7	4.57
บ้านที่มีถังพักน้ำ	23.65	11.5	8.13	15.75	8.2	3.04	3.47	3.48	3.78	5.34
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	24.65	2.82	7.83	2.7	7.93	3.03	3.27	3.01	3.23	3.64

ตารางที่ ก12 ตารางลำดับเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ

ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ อุณหภูมิ										
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	32	29	29	29	29	29	29	29	29	29
หลังผ่านถาดเติม O2	28	29	29	29	29	28	28	29	28	28
ถังน้ำใส	28	29	29	29	29	28	28	29	28	28
ออกจากระบบผลิต	28	29	29	29	29	29	28	30	28	28
บ้านที่ส่งถึงพังกา	28	29	29	29	29	28	28	30	26	25
บ้านที่ใช้มาจากท่อโดยตรง	28	30	30	31	29	29	29	31	28	28

ตารางที่ ก13 ตารางค่าดิบเปรียบเทียบค่าสภาพการนำไฟฟ้า

	ตารางแสดงค่าเปรียบเทียบ สภาพการนำไฟฟ้า									
	23-ส.ค.-55	6-ก.ย.-55	20-ก.ย.-55	4-ต.ค.-55	18-ต.ค.-55	2-พ.ย.-55	16-พ.ย.-55	29-พ.ย.-55	14-ธ.ค.-55	20-ธ.ค.-55
น้ำดิบ	139	103	141	132	117	129	121	140	132	136
หลังผ่านถาดเติม O <sub>2</sub>	132	102	139	127	115	130	118	137	134	133
ถังน้ำใส	135	103	140	130	117	131	119	135	133	133
ออกจากระบบผลิต	133	102	140	130	117	127	123	136	133	135
บ้านที่มีถังพักน้ำ	138	103	144	133	120	137	120	135	135	132
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	134	103	142	127	116	130	119	137	130	132



## ภาคผนวก ข

ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบและน้ำประปา

มหาวิทยาลัยพระนคร

ตารางที่ ข1 ผลการวิเคราะห์ pH

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	6.58 - 6.95	6.77
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	6.81 - 7.50	7.24
ถึงน้ำใส	7.07 - 7.54	7.32
ออกจากระบบผลิต	7.28 - 7.72	7.52
บ้านที่มีถังพักน้ำ	7.25 - 8.13	7.86
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	7.56 - 7.93	7.72

ตารางที่ ข2 ผลการวิเคราะห์ คลอไรด์

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	4.12 - 8.89	7.45
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	4.59 - 13.10	7.69
ถึงน้ำใส	6.89 - 13.34	9.40
ออกจากระบบผลิต	6.37 - 12.87	9.03
บ้านที่มีถังพักน้ำ	7.08 - 12.75	9.09
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	7.03 - 13.34	9.07

ตารางที่ ข3 ผลการวิเคราะห์ ความกระด้าง

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	40 - 44	42
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	42 - 45	42.8
ถึงน้ำใส	40 - 45	42.3
ออกจากระบบผลิต	41 - 43	41.9
บ้านที่มีถังพักน้ำ	42 - 47	44.2
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	40 - 44	42.3

ตารางที่ ข4 ผลการวิเคราะห์ เหล็ก

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	4.350 - 5.128	4.710
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	4.165 - 5.128	4.619
ถึงน้ำใส	1.216 - 5.128	2.440
ออกจากระบบผลิต	1.275 - 5.128	2.452
บ้านที่มีถังพักน้ำ	1.400 - 5.128	2.162
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	0.835 - 5.128	1.930

ตารางที่ ข5 ผลการวิเคราะห์ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	160 - 233	189.2
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	160 - 266	199.6
ถึงน้ำใส	162 - 280	200.4
ออกจากระบบผลิต	151 - 266	185
บ้านที่มีถังพักน้ำ	105 - 254	185
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	98 - 264	184.2

ตารางที่ ข6 ผลการวิเคราะห์ ไนเตรท – ไนโตรเจน

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	0.002 - 0.033	0.014
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	0.006 - 0.035	0.017
ถึงน้ำใส	0.003 - 0.266	0.121
ออกจากระบบผลิต	0.006 - 0.251	0.140
บ้านที่มีถังพักน้ำ	0.009 - 0.336	0.159
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	0.005 - 0.297	0.152



ตารางที่ ข7 ผลการวิเคราะห์ สี

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	10 - 90	61
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	10 - 90	56
ถึงน้ำใส	10 - 70	28
ออกจากระบบผลิต	10 - 70	28
บ้านที่มีถังพักน้ำ	20 - 80	44
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	20 - 50	29

ตารางที่ ข8 ผลการวิเคราะห์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	2 - 8	2.6
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	2 - 1600	294
ถึงน้ำใส	2 - 1600	536.2
ออกจากระบบผลิต	2 - 1600	420.5
บ้านที่มีถังพักน้ำ	6 - 1600	333.9
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	8 - 500	158.2

ตารางที่ ข9 ผลการวิเคราะห์ ซัลเฟต

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	1.434 - 4.065	2.238
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	1.434 - 4.152	2.375
ถึงน้ำใส	0.870 - 3.413	2.164
ออกจากระบบผลิต	0.913 - 2.804	1.744
บ้านที่มีถังพักน้ำ	1.033 - 3.891	2.251
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	1.327 - 2.290	1.783

ตารางที่ ข10 ผลการวิเคราะห์ ความขุ่น

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	2.32 - 11.23	5.51
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	5.04 - 18.00	11.48
ถังน้ำใส	2.10 - 24.95	6.53
ออกจากระบบผลิต	2.10 - 24.10	6.69
บ้านที่มีถังพักน้ำ	3.04 - 23.65	8.63
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	2.70 - 24.65	6.21

ตารางที่ ข11 ผลการวิเคราะห์ คลอรีน

จุดเก็บ	ช่วงค่า (มล./ก.)	ค่าเฉลี่ย (มล./ก.)
น้ำดิบ	0 - 0.03	0.008
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	0 - 0.08	0.013
ถังน้ำใส	0 - 0.06	0.019
ออกจากระบบผลิต	0 - 0.02	0.007
บ้านที่มีถังพักน้ำ	0 - 0.18	0.032
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	0 - 0.07	0.047

ตารางที่ ข12 ผลการวิเคราะห์ อุณหภูมิ

จุดเก็บ	ช่วงค่า (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
น้ำดิบ	29 - 32	29.3
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	28 - 29	28.5
ถังน้ำใส	28 - 29	28.5
ออกจากระบบผลิต	28 - 30	28.7
บ้านที่มีถังพักน้ำ	25 - 30	28.1
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	28 - 31	29.3

ตารางที่ ข13 ผลการวิเคราะห์ สภาพการนำไฟฟ้า

จุดเก็บ	ช่วงค่า ( $\mu s./cm.$ )	ค่าเฉลี่ย ( $\mu s./cm.$ )
น้ำดิบ	103 - 141	129
หลังผ่านถาดเติมอากาศ	102 - 139	126.7
ถังน้ำใส	103 - 140	127.6
ออกจากระบบผลิต	102 - 140	127.6
บ้านที่มีถังพักน้ำ	103 - 144	129.7
บ้านที่ใช้น้ำจากท่อโดยตรง	103 - 142	127



## ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายปวิวรรต บุญนุก  
ภูมิลำเนา 158/1 หมู่ 1 ต. บ้านบอม อ. แม่ทะ จ. ลำปาง  
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอรุโณทัย จังหวัดลำปาง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: machimoro\_love\_17@hotmail.com



ชื่อ นางสาวนฤมล เทียงเอม  
ภูมิลำเนา 6/6 หมู่ 2 ต. วังจันทร์ อ. สามเงา จ. ตาก  
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนผดุงปัญญา จังหวัดตาก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: bumbim\_truelove@hotmail.co.th