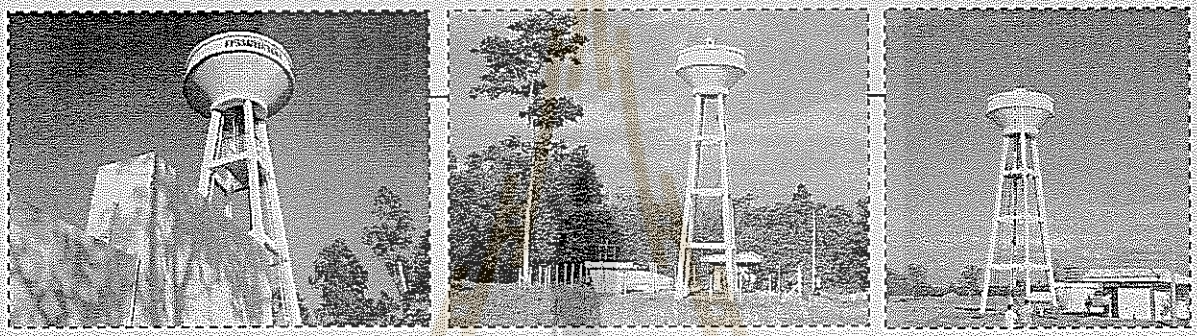
การประปาชุมชนเมืองและชนบท

(Urban and Rural Water Supply)

เอกสารประกอบการสอน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

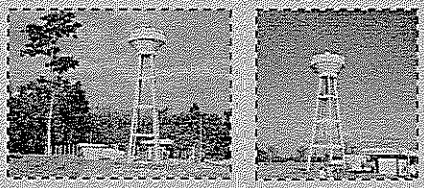
คำนำ

เอกสารประกอบการเรียนการสอนนี้ เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 617 326 การประปาเมืองและชนบท (Urban and rural water supply) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้ประกอบในการเรียน เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับระบบประปา แหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปา ลักษณะสมบัติของน้ำดิบ วิธีการผลิตน้ำสะอาด และการปรับปรุงคุณภาพน้ำ การแก้น้ำกระด้าง การใช้ระบบแลกเปลี่ยนประจุ การเกาะหรือดูดติดผิว การการเกาะหรือดูดติดผิว การฆ่าเชื้อโรค การให้ฟลูออไรด์ การกำจัดเหล็กและแมงกานีส การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม กระบวนการเมมเบรน ระบบแจกจ่ายน้ำประปา ขนาดของระบบประปา โดยนำเสนอในรูปของสไลด์การนำเสนอ เอกสารประกอบและรูปภาพ ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งที่จะให้นักศึกษาได้ใช้เป็นแนวทางในการเรียนในรายวิชานี้ ให้มีความรู้ ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หัวข้อการเรียน (ส่วนที่ 1)



- ประมวลการสอนรายวิชา
- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบประปา
- แหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปา
- ลักษณะสมบัติของน้ำดิบ
- การผลิตน้ำสะอาด
- วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ
- การแก้น้ำกระด้าง
- การใช้ระบบแลกเปลี่ยนประจุ

ประมวลการสอนรายวิชา

1. รายวิชา การประปาชุมชนเมืองและชนบท (Urban and Rural Water Supply)

รหัสวิชา 617 326 หน่วยกิต 4(4-0-8)

2. วันและเวลาเรียน ภาคการศึกษาที่ 3 รวม 12 สัปดาห์ จำนวน 48 ชั่วโมง

3. ผู้รับผิดชอบ อ.ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา โทร 3941 E-mail: prapat@sut.ac.th

4. ผู้เรียน นักศึกษาสาธารณสุขศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 หลักสูตร วท.บ. สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

5. เนื้อหาวิชาโดยสังเขป

วิชาบังคับก่อน : 432 201 วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น

ภาคบรรยาย

ศึกษาแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา หลักเกณฑ์คุณภาพและมาตรฐานของน้ำ การปรับปรุงคุณภาพน้ำเบื้องต้น การสร้างตะกอน และรวมตะกอน การตกตะกอนและการลอย การกรอง การใช้ระบบแลกเปลี่ยนประจุ การใช้เยื่อเมมเบรน การดูดติด การฆ่าเชื้อโรค การให้ฟลูออไรด์ การกำจัดเหล็กและแมงกานีส และการกำจัดความกระด้างด้วยการตกผลึก ศึกษาแนวทางในการเลือกวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ระบบการแจกจ่ายน้ำประปา น้ำบริโภคและกระบวนการผลิต

6. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1) วัฏจักรการเกิดน้ำ และประเภทของแหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา
2) ปริมาณน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา
3) ลักษณะสมบัติของน้ำดิบ รวมทั้งแหล่งกำเนิด และผลกระทบต่อสุขภาพ
4) มาตรฐานการใช้น้ำประปาเพื่อกิจการต่างๆ
5) วัตถุประสงค์การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบและหลักการออกแบบระบบผลิตน้ำประปา
6) วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำวิธีต่างๆ
7) แนวทางเลือกวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ
8) วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่นิยมใช้ในเขตเมือง และชนบท
9) วิธีการแจกจ่ายน้ำประปา และระบบการแจกจ่ายน้ำประปา น้ำบริโภคและกระบวนการผลิต

7. **การจัดการเรียนการสอน**

ประกอบด้วย :

1) การบรรยาย อภิปราย ซักถาม ในห้องเรียน และการทำรายงานพร้อมทั้งนำเสนอหน้าชั้นเรียน รวม 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และการดูงานนอกสถานที่

2) การศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง รวม 8 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

8. สื่อ ตำรา และเอกสารประกอบการเรียน

8.1 สื่อการสอนประกอบด้วย เอกสารสรุปย่อ คอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MS Power Point

8.2 **ตำราประกอบด้วย**

1) เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2536). **วิศวกรรมประปา**. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.

2) มั่นสิน ตัลทุลเวศม์. (2537). **วิศวกรรมประปา เล่มที่ 1**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

3) มั่นสิน ตัลทุลเวศม์. (2537). **วิศวกรรมประปา เล่มที่ 2**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

4) อุดร จารุรัตน์ และ จารุรัตน์ วรนิสรากุล. (2537) **วิศวกรรมการประปา**. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

8.3 เอกสารและหนังสืออ้างอิง ประกอบด้วย

1) American Society of Civil Engineers. (1997). **Water Treatment Plant Design.** 3rd Ed. New York: American Water Works Association.

2) American Water Works Association. (1999). **Water Quality and Treatment**. 5th Ed. New York: McGraw-Hill, INC.

3) David Stephenson. (1998). **Water Supply Management**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

4) Jame W.Moore. **Inorganic Contaminants of Surface Water**. New York: Springer-verlag.

5) Larry W. Mays (2002) Urban **Water Supply Handbook.** New York: McGraw-Hill, INC.

6) McGhee, Terence J. (1991). **Water Supply and Sewerage Engineering**. 6th Ed. New York: McGraw-Hill, INC.

7) Viessman, Warry Jr and Hammer. Mark J. (1998) **Water Supply and Pollution Control**. California: Addison Wesley Longman, Inc.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วิธีการวัดผล

9.1 ชนิดข้อสอบ อัตนัยและปรนัย ภาคภาคทฤษฎี 100 % ได้แก่

1) สอบกลางภาค 40 % (สัปดาห์ที่ 1-6)

2) สอบปลายภาค 40 % (สัปดาห์ที่ 7-12)

3) รายงานพร้อมนำเสนอหน้าชั้นเรียน 10 %

4) ทดสอบย่อย/การมีส่วนร่วม 10 %

รวม 100 %

10 วิธีการประเมินผล

ให้เกรดแบบอิงเกณฑ์และอิงกลุ่ม โดยใช้พิสัย Standardized T-score

11 แผนการสอนรายสัปดาห์

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	วิธีการวัดผล	การประเมินผล
1	1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบประปา และส่วนประกอบของระบบประปา 2. แหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปา (Water Resource) 2.1 วัฏจักรของการเกิดน้ำ 2.2 ประเภทของแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา	ฟัง-ซักถาม	ถาม - ตอบ
2	2.3 ปริมาณน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา 3. ลักษณะสมบัติของน้ำดิบ : แหล่งกำเนิด และผลกระทบต่อสุขภาพ - ทางกายภาพ - ทางเคมี	แบบทดสอบ	ให้คะแนน
3	- ชีวภาพ - มาตรฐานการใช้น้ำประปาเพื่อกิจการต่างๆ	แบบทดสอบ	ให้คะแนน
4	4. การผลิตน้ำสะอาด 4.1 วัตถุประสงค์การปรับปรุงคุณภาพน้ำ 4.2 หลักการออกแบบระบบผลิตน้ำประปา 4.3 ประเภทการผลิตประปา 4.4 วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ - การปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้น - การเติมอากาศ (Aeration) - ระบบทรายกรองช้า	แบบทดสอบ	ให้คะแนน

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	วิธีการวัดผล	การประเมินผล
5	- ระบบทรายกรองเร็ว - การผสมเร็ว - การสร้างตะกอนและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation) - การตกตะกอน (Sedimentation and Floatation) - การกรอง (Filtration)	แบบทดสอบ	ให้คะแนน
6	- การแก้น้ำกระด้าง - การใช้ปูนขาวและโซดาแอซ - การใช้ระบบแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) - การกำจัดความกระด้างด้วยการตกผลึก (Hardness Removal)	แบบทดสอบ	ให้คะแนน
7	**สอบกลางภาค** การดูงานระบบประปา มทส.		
8	- การเกาะหรือดูดติด(Adsorption) - การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ - การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)	แบบทดสอบ	ให้คะแนน
9	- การให้ฟลูออไรด์ (Fluoridation) - การกำจัดเหล็กและแมงกานีส (Ferrous and Manganese Removal) - กระบวนการเมมเบรน - การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม	แบบทดสอบ	ให้คะแนน
10	ระบบการแจกจ่ายน้ำประปา วิธีการแจกจ่ายน้ำประปา ระบบการแจกจ่ายน้ำประปา ขนาดของระบบประปา	แบบทดสอบ	ให้คะแนน
11	น้ำบริโภค คุณภาพน้ำบริโภค กระบวนการผลิต มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค	แบบทดสอบ	ให้คะแนน
12	นักศึกษานำเสนอรายงาน	ฟัง-ซักถาม	ให้คะแนน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

617 326 การประปาชุมชนเมืองและชนบท

(Urban and Rural Water Supply)

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
E-mail: prapat@sut.ac.th

หัวข้อการเรียน

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบประปา และส่วนประกอบของระบบประปา
- แหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปา
  - วัฏจักรการเกิดน้ำ
  - ประเภทของน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา

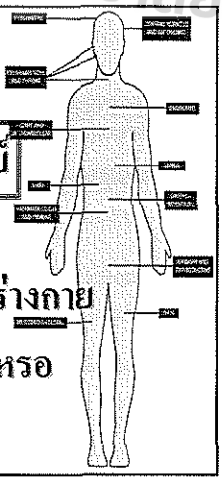
วัตถุประสงค์

1. สามารถอธิบายความรู้ทั่วไปและส่วนประกอบของระบบประปา
2. สามารถอธิบายเกี่ยวกับแหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปา วัฏจักรของการเกิดน้ำ และประเภทของแหล่งน้ำดิบ

วัตถุประสงค์ (ต่อ)

3. น.ศ. สามารถอธิบายเกี่ยวกับแหล่งน้ำดิบ คือ น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ได้อย่างถูกต้อง
4. น.ศ. สามารถอธิบายถึงปริมาณน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาได้อย่างถูกต้อง

น้ำ คือ อะไร ?



ความสำคัญของน้ำต่อมนุษย์

- ใช้ในเซลล์ร่างกาย
- นำของเสียออกจากร่างกาย
- ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ
- ควบคุมอุณหภูมิ

วิสัยทัศน์น้ำแห่งชาติ

ปี 2568 ประเทศไทยจะมีน้ำใช้อย่างเพียงพอ และมีคุณภาพ

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

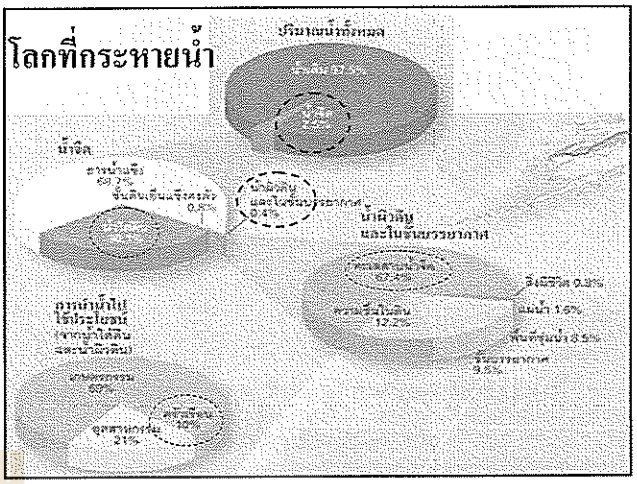
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โลกที่กระหายน้ำ

- 1 ใน 3 ของประชากรในโลก อยู่ในประเทศที่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอ ไม่มีน้ำดื่มที่สะอาด
- ปริมาณน้ำจืดทั้งหมด มนุษย์สามารถนำมาใช้ได้ไม่ถึงร้อยละ 0.1
- 1 วัน เด็กทั่วโลกเสียชีวิตจากการขาดน้ำดื่มหรือสุขาภิบาลที่สะอาดถึง 80 คน

ที่มา: National Geographic Magazine, Thai Version, December, 2002

โลกที่กระหายน้ำ



โลกที่กระหายน้ำ

- ประเทศไทยจัดสรรงบประมาณ ในการจัดหาน้ำสะอาดและพัฒนาระบบประปา ร้อยละ 5-6 ของงบประมาณทั้งประเทศ
- ประปาไทยสามารถดื่มน้ำจากก๊อกประปาได้โดยตรง ตั้งแต่ พฤษภาคม 2542
- ก.ค. 45 คุณภาพน้ำประปาในเขตประปานครหลวงได้มาตรฐานดีเยี่ยม ร้อยละ 99.7-100 ส่วนภูมิภาคอยู่ในเกณฑ์ดี ร้อยละ 67.8-86.6

ที่มา: National Geographic Magazine, Thai Version, December, 2002

หน่วยงานรับผิดชอบในประเทศไทย		
WATER	URBAN AREAS	MWA,PWA, MUNICIPALITIES
	RURAL AREAS	
	PIPED	PWA,LOCAL AUTHORITIES
	NON-PIPED	PWD,DOH,ARD,DMR,..
SEWERAGE	BANGKOK	BMA
	OTHER URBAN AREAS	PCD,PWD,WMA MUNICIPALITIES

SECTOR SITUATION

WATER SUPPLY

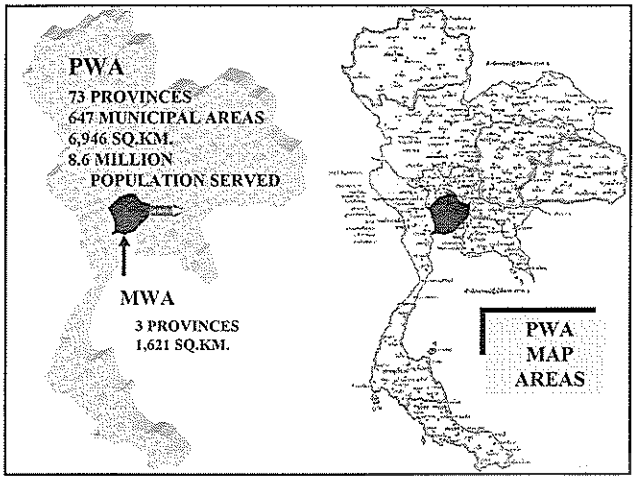
AGENCY	COVERAGE	CAPACITY
URBAN AREAS		
MWA	75% OF 8 MILLION	3.2 MCMD
PWA	72% OF 12 MILLION (225 WW'S)	2.98 MCMD
OTHERS	70% OF 3 MILLION	0.2 MCMD
INDUSTRIAL AREAS		
EAST WATER	EASTERN SEABOARD	
IEAT	18 INDUSTRIAL ESTATES	
RURAL AREAS		
GOV'T DEPT'S	PIPED SUPPLY IN 8,000 VILLAGES NON-PIPED IN 56,000 VILLAGES	

SECTOR SITUATION

SEWERAGE

AGENCY	COVERAGE	CAPACITY
BMA	90% OF GREATER BANGKOK (158 SQ KM) BY 2000	1 MCM / D
LOCAL GOV. OTHER CITIES PWD, PCD		
IEAT	INDUSTRIAL ESTATES	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



Water Borne Disease

“ โรคที่เกิดโดยการนำของน้ำซึ่งมีสิ่งต่างๆ เจือปน ”

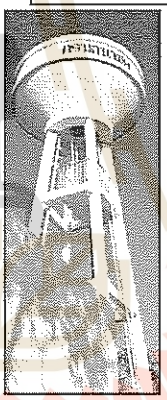
สาเหตุ : Bacteria , Protozoa , Virus , Helminth , Chemical poisoning

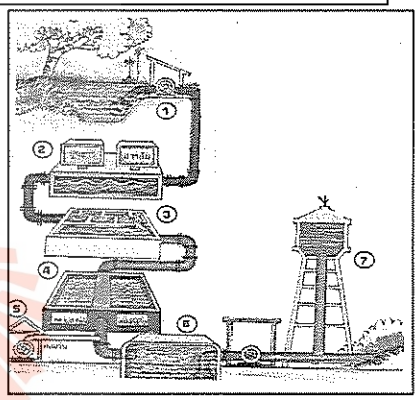
ภายใน 1 วันมีคนตายจากอหิวาตกโรค พยาธิใบไม้ โรคอื่นๆ ที่เกิดจากน้ำปนเปื้อนราว 9,300 คน

โรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ

1. โรคบิดแบซิลลารี
2. โรคบิดอะมีบิค
3. ไข้รากสาด
4. อหิวาตกโรค
5. โรคพยาธิไส้เดือนกลม

ระบบประปา



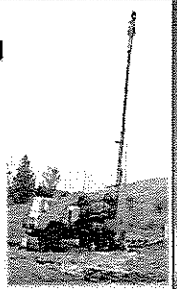


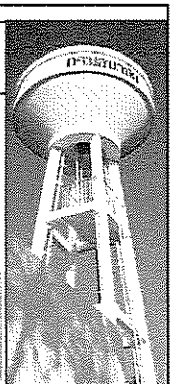
ระบบประปาชุมชน

1. แหล่งน้ำดิบ
2. ระบบทำความสะอาดหรือโรงประปา
3. ระบบขนส่งและแจกจ่ายน้ำ

ระบบประปาชุมชน

1. แหล่งน้ำดิบ
   - น้ำใต้ดิน
   - น้ำผิวดิน
   - น้ำฝน



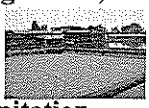


แหล่งน้ำที่ดีที่สุดสำหรับระบบประปา.....?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. ระบบทำความสะอาดน้ำ

- การกำจัดสารแขวนลอย :Coagulation, Sedimentation , Filtration



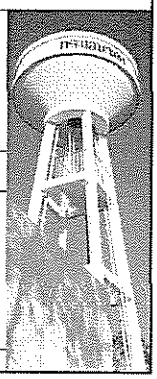
- การกำจัดสารละลาย : Precipitation , Adsorption , Ion Exchange , Membrane

- การฆ่าเชื้อโรค

3. ระบบขนส่งน้ำ

วิธีการขนส่งน้ำ
- ไหลเองตามธรรมชาติ
- ไหลด้วยเครื่องสูบน้ำ

ท่อขนส่งน้ำ
- OPEN CHANNEL
- PRESSURE PIPE



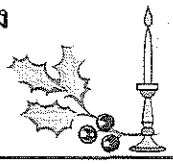
4. Distributing System

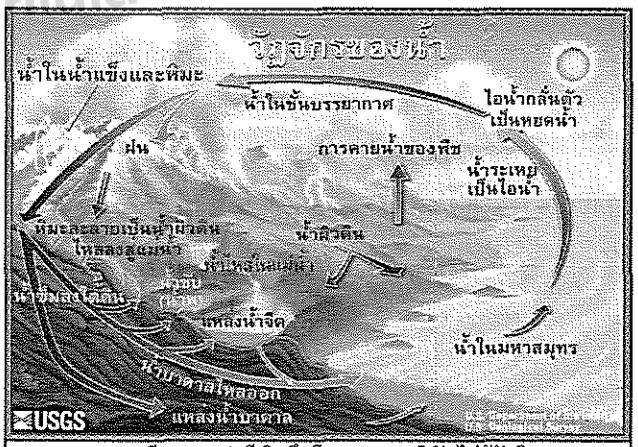
- Branching Pattern with Dead Ends
- Gridiron Pattern

- Reservoir Supply
- Coagulant
- Rapid-Mixing
- Flocculating tank
- Setting tank
- Filtering
- Disinfection
- Clear-Water tank

สรุปส่วนที่ 1

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบประปา
- ส่วนประกอบของระบบประปา

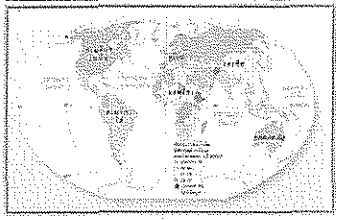




" การหมุนเวียนของน้ำที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติอันไม่รู้จักสิ้นสุด "

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา



- น้ำมหาสมุทร 97 %
- น้ำแข็งขั้วโลก 2.24%
- น้ำใต้ดิน 0.61%

- แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตประปามี 2 ประเภท คือน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล
- น้ำฝน.....?

การแบ่งชั้นคุณภาพของแหล่งน้ำ

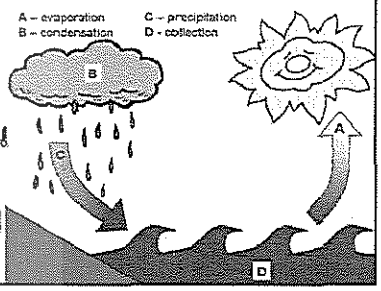
1. น้ำที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ
2. น้ำที่ต้องผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อโรคเท่านั้น
3. น้ำที่ต้องผ่านระบบการกรองเร็วและต้องมีการเติมคลอรีนก่อน/หลัง

การแบ่งชั้นคุณภาพของแหล่งน้ำ (ต่อ)

4. น้ำที่ต้องผ่านกรรมวิธีปรับปรุงคุณภาพเพิ่มนอกเหนือจากต้องผ่านระบบการกรองและเติมคลอรีนภายหลังแล้ว
5. น้ำที่ต้องผ่านกรรมวิธีปรับปรุงคุณภาพพิเศษ

แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา (Source of Water Supply)

1. น้ำฝน
2. น้ำผิวดิน
3. น้ำใต้ดิน



น้ำจากอากาศ (Precipitation)

- Drizzle
- Rain
- Sleet
- Snow
- Hail

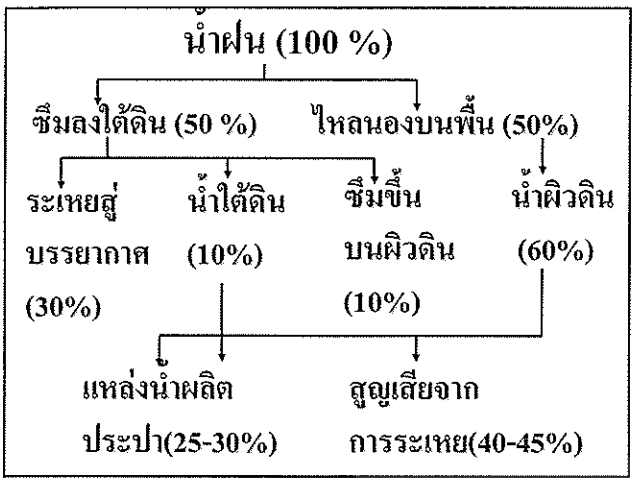
1.น้ำฝน (Rain)

ความสะอาดของน้ำฝนขึ้นกับ...

- คุณภาพอากาศของพื้นที่บริเวณนั้น
- หลังคา สารไนเตรท--->Blue Baby
- ภาชนะเก็บกักน้ำฝน

น้ำฝนมี pH เท่าไหร่?.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



2.น้ำผิวดิน (Surface Water)

ความหมาย

น้ำท่าซึ่งเกิดจากการไหลล้นบนพื้นดินลงมารวมกัน แหล่งน้ำคือ แม่น้ำ ลำคลอง น้ำตก อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ หนองบึง

..ปริมาณน้ำผิวดินขึ้นกับ..

1. ความเข้ม ความถี่และระยะเวลาที่ฝนตก
2. ลักษณะและขอบเขตของพื้นที่รองรับน้ำฝน (Catchments Area)

..ปริมาณน้ำผิวดินขึ้นกับ..(ต่อ)

3. ปริมาณการสูญเสียเนื่องมาจากการระเหยของผิวหน้าของแหล่งน้ำ
4. ปริมาณการสูญเสียเนื่องจากการซึมลงสู่ชั้นดิน (Infiltration)

การคำนวณหาปริมาณน้ำไหลนอง

* น้ำไหลนอง (Run off/Surface water)
* วิธีการหา
  1. วัดอัตราการไหลของแม่น้ำด้วยเครื่องมือวัดต่างๆ
  2. ใช้สถิติน้ำฝนและพื้นที่รองรับน้ำฝน
  3. สูตร เอมไพริคัล

ปริมาณน้ำไหลนองตลอดทั้งปี

= สปส.ของน้ำไหลนอง x ปริมาณน้ำฝน x พ.ท.รองรับน้ำฝน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สูตรเอมไพริคัล

- Vermuele

$$F = R-(11+0.29R)\ (0.035T-0.65)$$

- Justin

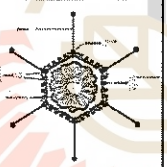
$$F = 0.394\ (R^2/T)\ (D^{0.155}/A^{0.078})$$

ประเภทของน้ำผิวดิน

1. ทะเล
2. แม่น้ำ ลำคลอง
3. ทะเลสาบ

คุณภาพของน้ำผิวดิน

- ความขุ่น
- กลิ่น
- สี
- สารพิษและเชื้อโรค



อ่างเก็บน้ำ

ทะเลสาบน้ำจืดที่สร้างขึ้นโดยการก่อสร้างเขื่อนขวางปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดแหล่งเก็บกักน้ำฝน

ระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำ: 1. ระดับน้ำสูงสุด
2. ระดับปกติ
3. ระดับน้ำต่ำสุด

การคำนวณขนาดของอ่างเก็บน้ำ

$$V_T = V_R + E + P + F + S$$

V_T	=	ขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำ
V_R	=	ปริมาณน้ำที่ต้องการเก็บกัก
E	=	ปริมาณน้ำที่ระเหยสู่บรรยากาศ
P	=	ปริมาณน้ำซึมลงใต้ดินอ่างและซึมผ่านใต้เขื่อน
F	=	ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอ่างเก็บน้ำ
S	=	ปริมาณตะกอนน้ำที่พัดมาตกสะสมก้นอ่าง

* ข้อพิจารณาในการสร้างอ่างเก็บน้ำ

- น้ำซึมลงก้น/ข้างอ่างได้น้อย
- ไม่ควรมีวัชพืชต่างๆ
- ไม่ควรเป็นดินเลน
- ที่ตั้งควรเป็นช่องแคบระหว่างภูเขา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- ตำแหน่งของอ่างเก็บน้ำควรอยู่ในระดับที่สูงเพียงพอ
- ไม่เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชน
- คุณภาพของดินบริเวณอ่างเก็บน้ำ

คลอง แม่น้ำ

* คุณภาพของน้ำในคลอง แม่น้ำ

- คุณลักษณะของดินที่ก้นคลอง
- ระดับสูงต่ำของแนวคลอง/แม่น้ำ
- ชุมชนโดยรอบ
- สภาพภูมิอากาศ
- นโยบายในการรักษาสภาพแวดล้อม

การคำนวณหาปริมาณการไหลของแม่น้ำ

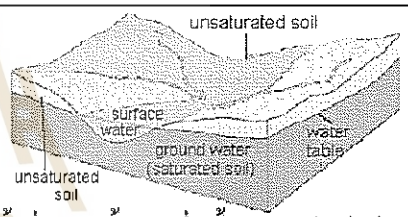
$$Q = vA$$

Q = ปริมาณการไหลของน้ำ

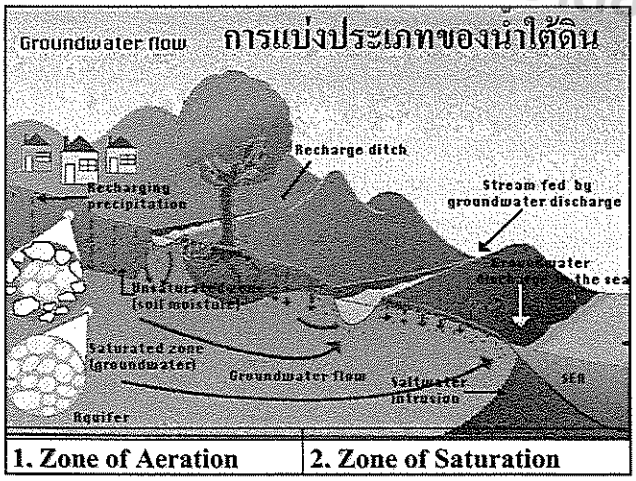
V = ความเร็วของการไหล

A = พื้นที่หน้าตัดโดยเฉลี่ยของแม่น้ำ

3.น้ำใต้ดิน (Underground Water)



- น้ำที่ขังอยู่ชั้นดินซึ่งน้ำส่งผ่านไม่ได้
- ระดับน้ำใต้ดิน (Water Table)
- น้ำบาดาลในที่กักขัง (Confined Ground water)



1. โซนสัมผัสอากาศ

1.1 ชั้นดินชุ่มน้ำ

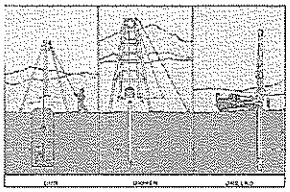
1.2 ชั้นกลาง

1.3 ชั้นแรงดึงดูดอนู

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

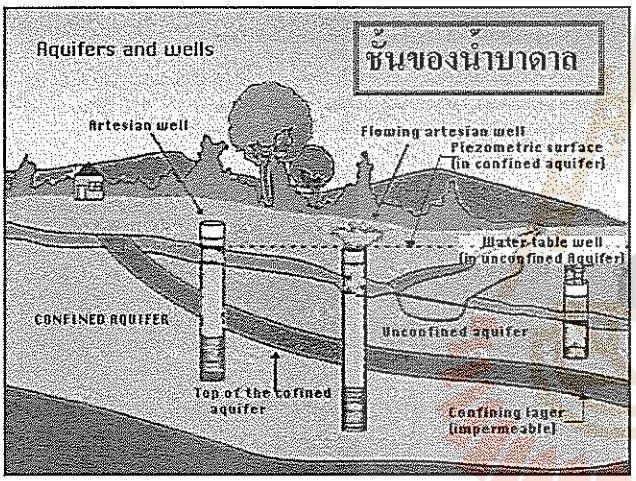
2. โซนอิ่มตัวด้วยน้ำ

- ชั้นกรวดทราย หินเนื้อพรุนน้ำซึมได้ ช่องว่าง รอยแตก
- น้ำบาดาล



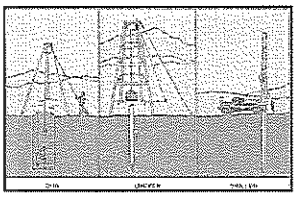
น้ำบาดาล (Ground Water)

น้ำซึ่งซึมลงใต้ดินจนถึงเก็บกักไว้ในช่องว่างของชั้นหินที่เป็นโซนอิ่มตัวด้วยน้ำ ได้แก่ บ่อบาดาล บ่อน้ำซับ



ชนิดของน้ำบาดาล

1. น้ำบาดาลปราศจากความดัน (Unconfined or free ground water)
2. น้ำบาดาลในที่กักขัง (Confined Ground Water)



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

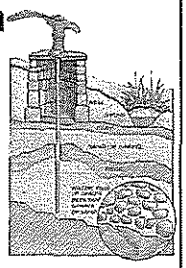
1. น้ำบาดาลปราศจากความดัน

* ชั้นหินอุ้มน้ำอิสระ (Unconfined Aquifer)
* น้ำชั้นนี้ขึ้นกับระดับน้ำใต้ดินเนื่องจาก
  - ระดับน้ำใต้ดิน
  - ความลาดเอียงของระดับน้ำใต้ดิน

- ระดับความลึกของระดับน้ำใต้ดิน
- แนวระดับน้ำใต้ดินตัดผ่านแนวลาดชัน ของผิวดิน
- การเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดิน
- รอยแตกร้าวของชั้นหิน โพรงหิน
- แผนที่ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน

2. น้ำบาดาลในที่กักขัง

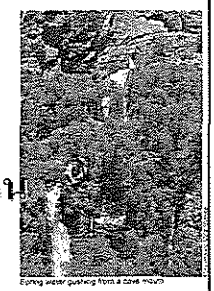
* ชั้นหินอุ้มน้ำกักขัง
* หินกักกัน
* บ่อพุบาดาล
* ผิวเขตความดัน



น้ำบาดาลชั่วคราว (Perched Water)

น้ำซับ (Spring)

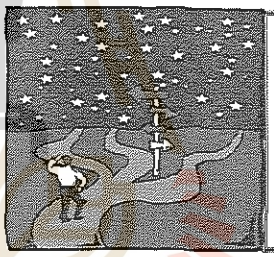
1. น้ำซับแบบแอ่ง
2. น้ำซับแบบหนุน
3. น้ำซับแบบไหลย้อน
4. น้ำซับจากร่องน้ำ



สรุปบทเรียนส่วนที่ 2

- วัฏจักรอุทกวิทยา
- แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา

Next Week



ปริมาณน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา
ลักษณะคุณสมบัติของน้ำดิบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

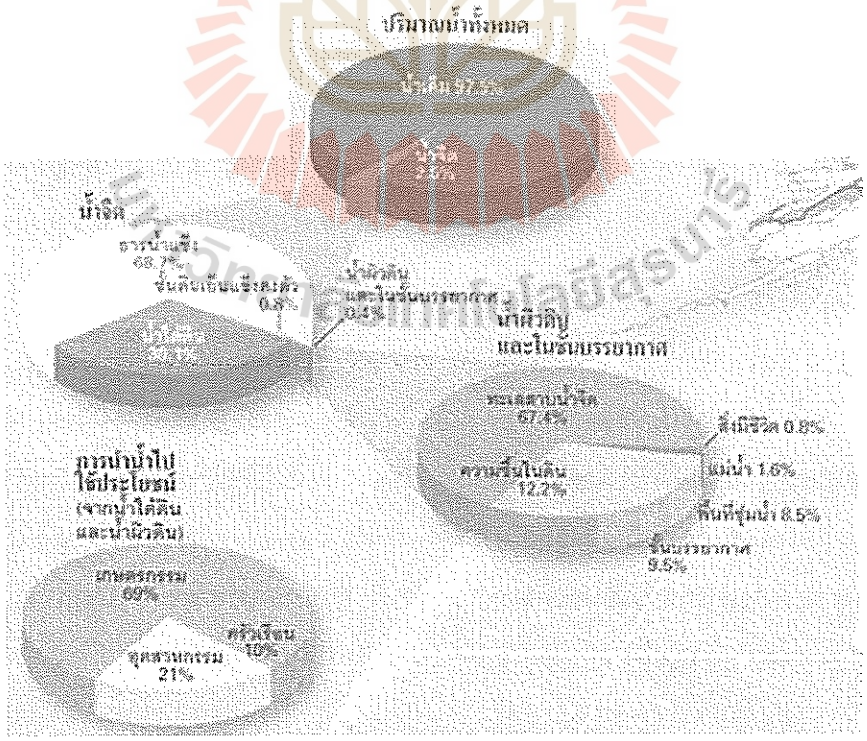
โลกที่กระหายน้ำ

สตรีนางหนึ่งในแอฟริกาหย่อนถังน้ำลงไปและเจอแต่ก้นบ่ออันแห้งขอด บ้านของชาวจีนครอบครัวหนึ่งถูกน้ำท่วมจมอยู่ใต้อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนแห่งใหม่ ชาวนาออสเตรเลียรายหนึ่งเตะคราบเกลือที่ค่อยๆ กัดกร่อนไร่นาของเขา

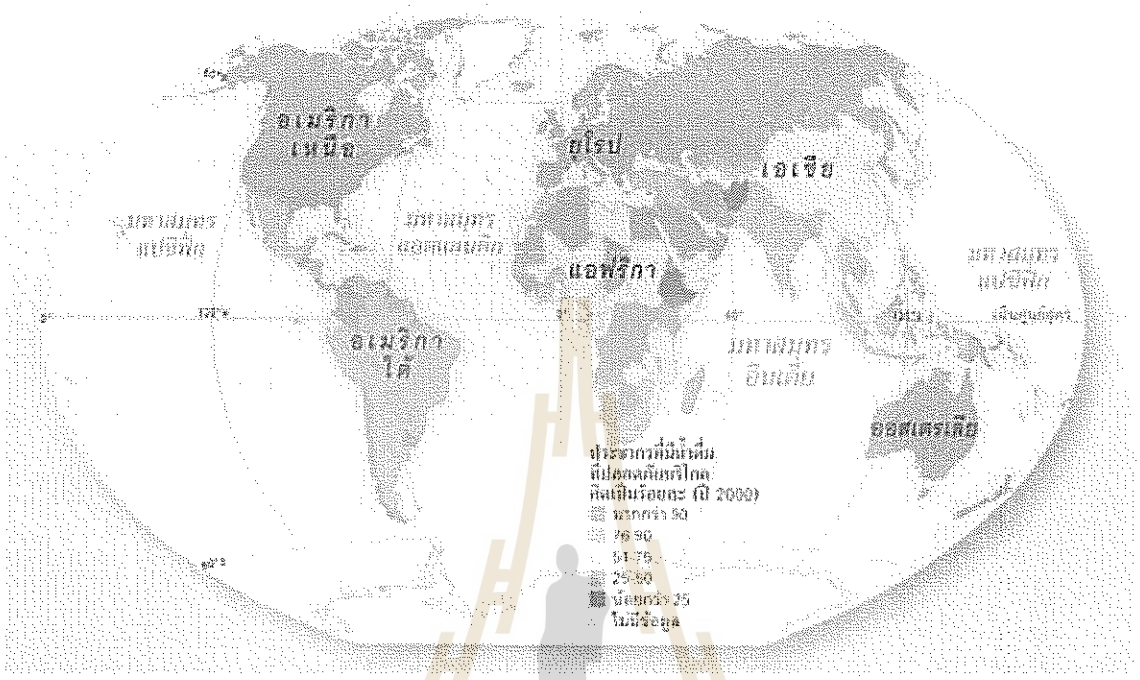
ผู้คนจากทุกมุมโลกกำลังประสบปัญหาเรื่องน้ำกันทั่วหน้า น้ำเชื่อมโยงสรรพชีวิตทั้งมวล และมีความสำคัญไม่แพ้อากาศ แต่ถึงกระนั้น 1 ใน 3 ของประชากรในโลก อยู่ในประเทศซึ่งปริมาณน้ำมักไม่เพียงพอกับความต้องการ ประชากรกว่า 1,000 ล้านคน ไม่มีน้ำดื่มที่สะอาด มิหนำซ้ำจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้ตัวเลขนี้สูงขึ้นอย่างมากในช่วง 25 ปีข้างหน้า

<u>ปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ใช่เพราะเราขาดแคลนน้ำ</u> อันที่จริงโลกของเรามีน้ำไหลเวียนอยู่ในปริมาณเท่าเดิมมาช้านาน แต่ปริมาณน้ำจืดตามทะเลสาบ แม่น้ำ และชั้นหินอุ้มน้ำ ที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ได้มีอยู่ไม่ถึงร้อยละ 0.1 ของปริมาณน้ำที่มีอยู่ในโลก และส่วนใหญ่แล้ว ในพื้นที่ที่มีคนต้องการน้ำมากที่สุดกลับมีแหล่งน้ำจืดน้อย

ขณะนี้เราดึงน้ำมาใช้แล้วครึ่งหนึ่ง และพื้นที่รับน้ำที่ใหญ่ที่สุดของโลกหลายต่อหลายแห่งกำลังประสบปัญหามลพิษ ความขัดแย้งทางการเมือง ตลอดจนถูกตักตวงผลประโยชน์มากเกินควร ท่านได้ตรวจสอบแหล่งน้ำในพื้นที่ของท่านในระยะหลังๆ บ้างหรือไม่



น้ำมีถมไป แต่สะอาดพอใช้ดื่มได้หรือไม่



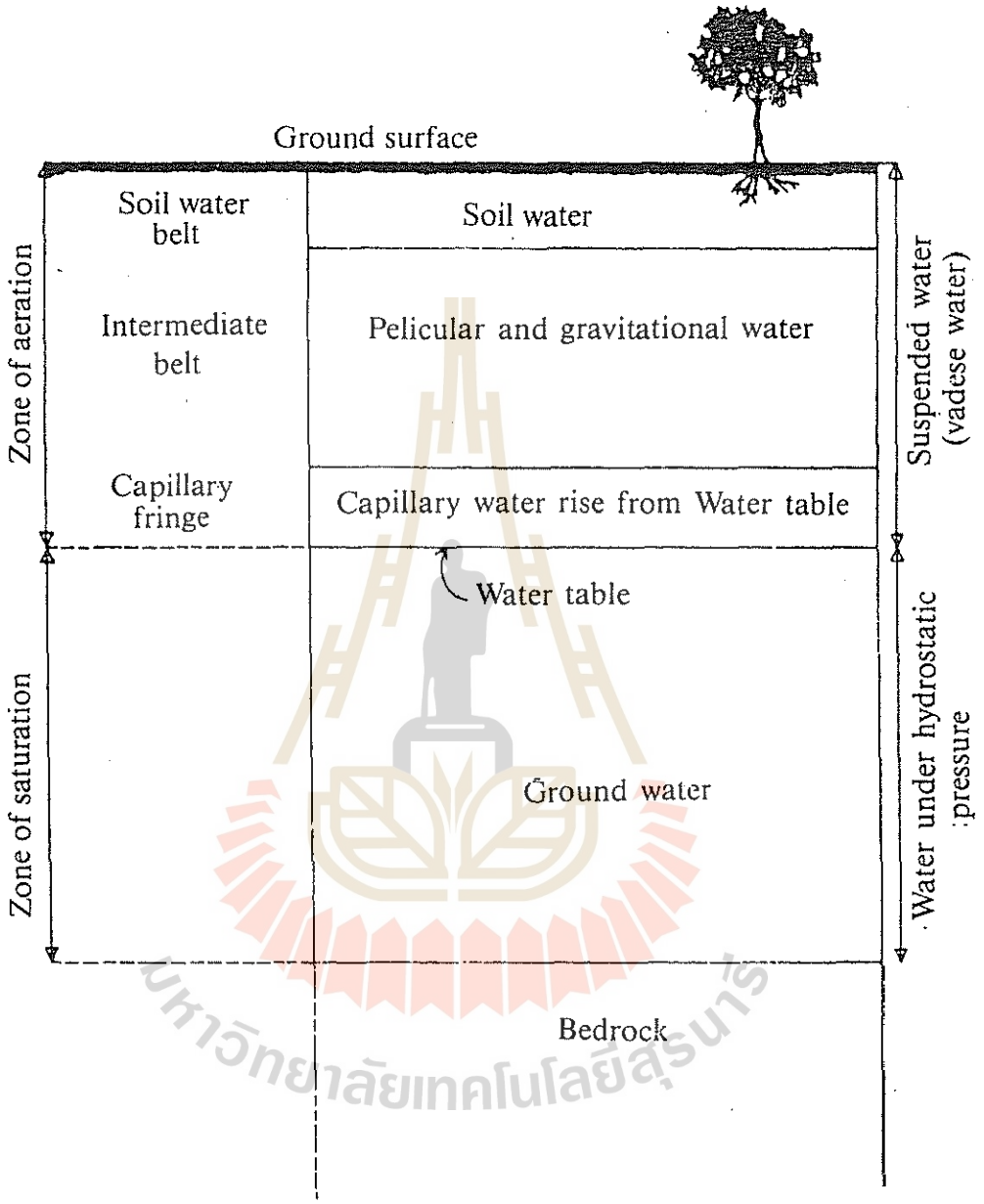
ทั่วโลกจะมีเด็กเสียชีวิตเพราะขาดน้ำดื่มหรือสุขาภิบาลที่สะอาดถึง 80 คน และภายในหนึ่งวันจะมีผู้เสียชีวิตจากอาการท้องร่วง อหิวาตกโรค โรคพยาธิใบไม้ ตลอดจนโรคอื่นๆ ที่เกิดจากน้ำที่ปนเปื้อนราวๆ 9,300 คน พอถึงปลายปีนี้จะมีผู้เสียชีวิต 3.4 ล้านคน ส่วนใหญ่อยู่ในทวีปเอเชียและแอฟริกาและอายุไม่ถึง 5 ปี

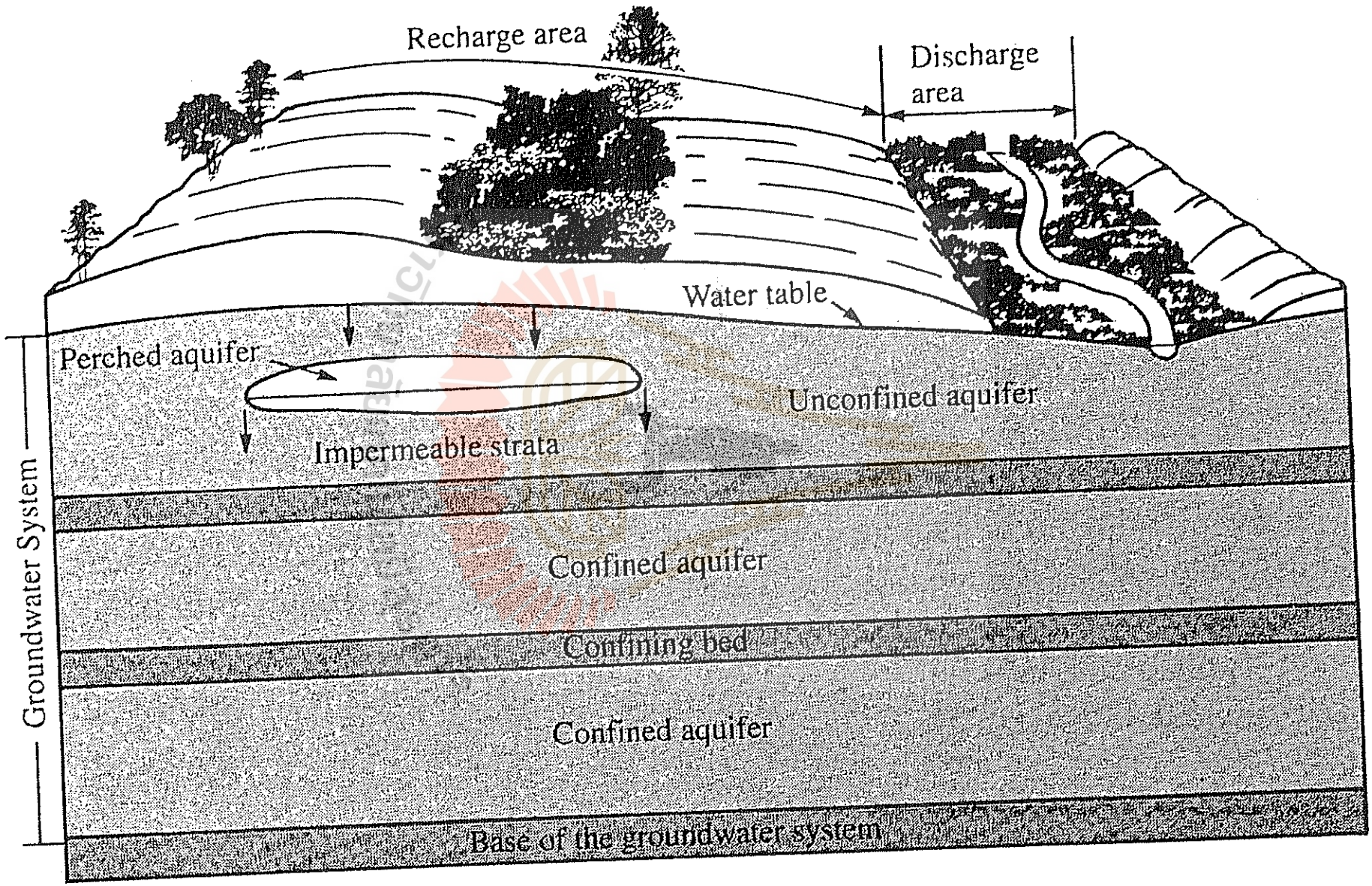
แม้ว่าคนเราต้องมีน้ำดื่มที่สะอาดในการดำรงชีพ แต่น้ำสะอาดก็หายากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมลพิษและความต้องการน้ำของประชากรที่เพิ่มขึ้น ส่วนประเทศไทยนั้น ปัญหาของการขาดแคลนน้ำดิบที่มีคุณภาพจะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นในอีก 20 ปีข้างหน้า เนื่องจากจะมีการเพิ่มผลผลิตเป็นสองเท่า จึงอาจเกิดปัญหาวิกฤตเรื่องแหล่งน้ำ

นอกจากนั้นประเทศไทยยังจัดสรรงบประมาณ ในการจัดหาน้ำสะอาดและพัฒนาระบบน้ำประปาน้อย คือ ราวร้อยละ 5-6 ของงบประมาณทั้งประเทศ **อย่างไรก็ตามการประปาของไทย ได้พัฒนาไปถึงขั้นดื่มน้ำจากก๊อกประปาได้โดยตรงแล้ว ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2542**

ส่วนตัวเลขรายงานการประเมินน้ำสะอาด และการสุขาภิบาลแห่งประเทศไทย โดยกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เมื่อเดือน กรกฎาคม 2545 **คุณภาพของน้ำในเขตการประปานครหลวงถือว่าได้มาตรฐานดีเยี่ยมทางด้านกายภาพ เคมีและแบคทีเรีย คือร้อยละ 99.7-100 ตามลำดับ** ส่วนการประปาส่วนภูมิภาคถือว่ามาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ดี คือ ร้อยละ 67.8-86.6 ตามลำดับ

ที่มา : National Geographic Maps for National Geographic Magazine ฉบับภาษาไทย ธันวาคม 2545

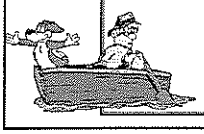

Ground surface
Soil water belt
Soil water
Intermediate belt
Pelicular and gravitational water
Capillary fringe
Capillary water rise from Water table
Water table
Ground water
Bedrock
Zone of aeration
Zone of saturation
Suspended water (vadese water)
Water under hydrostatic pressure


Recharge area
Discharge area
Water table
Perched aquifer
Impermeable strata
Unconfined aquifer
Confined aquifer
Confining bed
Confined aquifer
Base of the groundwater system
Groundwater System

การประปาเมืองและชนบท
Urban and Rural Water Supply

สัปดาห์ที่ 2

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม



Outline: ส่วนที่ 1

- การคำนวณหาน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา
- ประเภทของการใช้น้ำ
- อายุการใช้งานของระบบประปา
- ขอบเขตและประเภทของพื้นที่รับบริการประปา

วัตถุประสงค์

- นักศึกษาสามารถอธิบาย วิธีการกระบวนการหาปริมาณน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาได้อย่างถูกต้อง

ปริมาณน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา

การคำนวณหาน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา

1. อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคล
2. อายุการใช้งานของระบบประปา
3. จำนวนประชากรที่รับบริการ
4. ขอบเขตและประเภทพื้นที่รับบริการ

1. อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคล

- ขนาดของชุมชน (ผลโดยอ้อม)
- จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม (ใช้ในกรรมวิธีต่างๆ)
- คุณภาพของน้ำ (คุณภาพดี เป็นที่นิยม) อัตราการใช้น้ำเพิ่มขึ้น

4. ค่าน้ำประปา (ถูกใช้น้ำมากขึ้น)

5. สภาพอากาศ
(มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมาก ตามฤดูกาล วัน)

6. สภาพความเป็นอยู่และอาชีพของประชาชน
(เปลี่ยนแปลงไปตามการดำรงชีพและอาชีพ)
(เขตเมืองและชนบท)

อัตราการใช้น้ำส่วนบุคคลเฉลี่ยของคนไทย...?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประเภทของการใช้น้ำ

1. การใช้น้ำในครัวเรือน ขึ้นอยู่กับ
   - ชนิดและความหนาแน่นของชุมชน นิสัย
   - สภาวะการสุขาภิบาลและการประปา
   - ภูมิภาค 120 ลิตร/คน/วัน
   - นครหลวง 200 ลิตร/คน/วัน
2. การใช้น้ำของหน่วยงานต่างๆ

3. การใช้น้ำเพื่อการค้าและอุตสาหกรรม
4. การใช้น้ำเพื่อการสาธารณประโยชน์

เกณฑ์เฉลี่ย 40-80 ลิตรต่อคนต่อวัน

5. การใช้น้ำเพื่อการดับเพลิง

ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอาคารและประชากร

6. การสูญเสียน้ำประปา

ฝีมือการต่อท่อไม่ดี, ใช้เลินเล่อ, อายุน้ำประปา

อายุการใช้งานของระบบประปา

1. อายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างและอุปกรณ์
2. ความยากง่ายในการขยายระบบและพื้นที่
3. อัตราการเพิ่มของประชากรและการขยายตัวของอุตสาหกรรมและการค้า

4. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้
5. ค่าของเงินและค่าเสื่อมราคา
6. การทำงานของระบบ

ขอบเขตและประเภทของพื้นที่รับบริการประปา

* อัตราการใช้น้ำ

- โรงงานที่มีห้องน้ำห้องส้วม
- โรงแรม 180 ล./วัน/เตียง
- โรงพยาบาล

  ขนาดไม่เกิน 100 เตียง 340 l/วัน/เตียง

  ขนาดเกินกว่า 100 เตียง 455 l/วัน/เตียง
- อุตสาหกรรมและค้าทั่วไป

  12 ลิตร/วัน/ตร.ม.

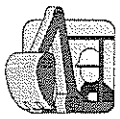
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่

- บริเวณที่อยู่อาศัย	คน/ตร.ม.
ครอบครัวเดียว	1,240 - 3,710
ครอบครัวใหญ่	3,710 - 8,650
- ย่านการค้า	3,710 - 7,415
- อุตสาหกรรม	1,240 - 3,710

การออกแบบระบบประปาต้องคำนึงถึง

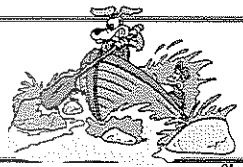
1. อายุการใช้งาน
2. จำนวนประชากรที่ต้องการใช้น้ำ
3. อัตราการใช้น้ำ
4. ปริมาณฝนที่ตก



Conclusion: ส่วนที่ 1

- การคำนวณหาน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา
- ประเภทของการใช้น้ำ
- อายุการใช้งานของระบบประปา
- ขอบเขตและประเภทของพื้นที่รับบริการประปา

ส่วนที่ 2



ลักษณะคุณสมบัติของน้ำดิบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Outline

- ลักษณะสมบัติของน้ำดิบตามธรรมชาติ
- ลักษณะสมบัติทางกายภาพ
- ลักษณะสมบัติทางเคมี

วัตถุประสงค์

นักศึกษาสามารถอธิบายลักษณะสมบัติของน้ำดิบเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดและผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยต่อไปนี้

1. ลักษณะสมบัติทางกายภาพ
2. ลักษณะสมบัติทางเคมี

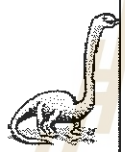
ลักษณะสมบัติของน้ำดิบตามธรรมชาติ

- ลักษณะสมบัติของน้ำบาดาล
- ลักษณะสมบัติของน้ำผิวดิน

1. ลักษณะสมบัติของน้ำบาดาล

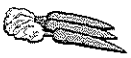
- ความขุ่นต่ำ
- ปราศจากสีและสารอินทรีย์
- TDS อาจสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับ...?

- DO ไม่มี CO_2 อาจสูงมาก
- เหล็กและแมงกานีส พบได้ง่าย ซึ่งอิ่มตัวด้วย CO เมื่อสูบน้ำบาดาลขึ้นมาสัมผัสอากาศ ทำให้เกิดตกผลึกสีแดงเหลือง หรือคล้ำ
- น้ำ pH สูง แรกสูบ น้ำขุ่นภายใน 10 นาที



2. ลักษณะสมบัติของน้ำผิวดิน

- ความขุ่นและสารอินทรีย์ในระดับสูง
- ปริมาณเกลือแร่อาจสูงหรือต่ำก็ได้
- น้ำฝนชะล้างสารพิษจากเกษตรกรรม
- เหล็กและแมงกานีสมีปริมาณต่ำ



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. ลักษณะสมบัติของน้ำผิวดิน (ต่อ)

- มีโอกาสแปดเปื้อนสารพิษมาก
- อ่างเก็บน้ำหรือทะเลสาป มักมีการหมักแบบไร้ O_2 ที่ก้นอ่าง ทำให้ Fe และ Mn ละลายกลับคืนสู่อ่าง และทำให้เกิดการพลิกตัวของน้ำ (turnover)

สรุป : ข้อแตกต่าง

- ลักษณะสมบัติของน้ำบาดาล
- ลักษณะสมบัติของน้ำผิวดิน

ลักษณะสมบัติของน้ำ

- ลักษณะสมบัติทางกายภาพ
- ลักษณะสมบัติทางเคมี
- ลักษณะสมบัติทางชีววิทยา

ลักษณะสมบัติทางกายภาพ

1. ความขุ่น (Turbidity)
   - สารแขวนลอยในน้ำ เช่นดินโคลน
   - ผลกระทบต่อระบบประปา เช่น การกรอง การตกตะกอน และการทำลายเชื้อโรค

ความขุ่นจะมากหรือน้อยขึ้นกับ

- ขนาดของสิ่งแขวนลอย
- ปริมาณสารแขวนลอย
- การกระจายตัวของอนุภาค
- คุณสมบัติการดูดซึมแสง

2. สี (Color)

- การเน่าเปื่อยของใบไม้ หรือ แร่ธาตุ
- มักมีสีชา
- น้ำดื่มไม่ควรมีสีเกินกว่า 20 หน่วย
- สีของน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ สีจริง และ สีปรากฏ

2.1 สีจริง (True color)

- สีที่ละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ

- เกิดจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก พวกกรดฮิวมิคและฟัลวิค คงตัวสูง

2.2 สีปรากฏ (Apparent color)

- สีของน้ำที่กำจัดได้ด้วยวิธีทางกายภาพ

3. กลิ่นและรส เกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้:

- จุลินทรีย์ต่างๆ สาหร่ายสำคัญที่สุด
- ก๊าซต่างๆ ที่ละลายในน้ำ H_2S
- การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในน้ำ
- น้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- การเติมสารเคมีบางชนิด เช่น Cl_2
- สารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำเช่นเหล็ก
- ผลกระทบต่อมนุษย์

4. รสชาติ (Taste)

- เกลืออนินทรีย์ที่ละลายในน้ำ สารประกอบพวกด่างทำให้ขม
- เกลือของโลหะทำให้รสกร่อยและขม

5. อุณหภูมิ (Temperature)

- มีผลต่อคุณภาพของน้ำ
- มีผลต่อกระบวนการผลิต
- ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

สรุป สมบัติทางกายภาพ

- ความขุ่น
- สี
- กลิ่น รสชาติ
- อุณหภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลักษณะสมบัติทางเคมี

1. พีเอช

- เป็นการวัดความเข้มข้นของ H^+ ในน้ำ
- มีค่าอยู่ในช่วง 0-14
- มาตรฐานน้ำดื่ม ให้มีค่า 6.5 - 8.5

2. ความเป็นด่าง (Alkalinity)

- เกิดจาก OH^-, CO_3^{2-} และ HCO_3^-
- ผลกระทบต่อระบบประปา
- มาตรฐานน้ำดื่ม ให้มีค่า 30 -500 มก./ล.

3. ความกระด้าง

3.1 ความกระด้างชั่วคราว

- ไบคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียม

3.2 ความกระด้างถาวร

- ซัลเฟตและคลอไรด์ของแคลเซียมและแมกนีเซียม

ระดับของน้ำกระด้าง

- น้ำอ่อน < 50 มก./ล.$CaCO_3$
- น้ำค่อนข้างอ่อน 50-150 มก./ล.$CaCO_3$
- น้ำกระด้างเล็กน้อย 150-250 มก./ล.$CaCO_3$
- น้ำกระด้าง 250-350 มก./ล.$CaCO_3$
- น้ำกระด้างมาก > 350 มก./ล.$CaCO_3$

4. คาร์บอนไดออกไซด์

- คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะอยู่ในรูป กรดคาร์บอนิค
- ผลกระทบต่อระบบประปา

5. ไนโตรเจน (Nitrogen)

5.1 แอมโมเนีย (Ammonia)

5.2 ไนไตรท์ (Nitrite)

5.3 ไนเตรต (Nitrate)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.1 แอมโมเนีย

- การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ไนโตรเจน
- ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความสกปรกของน้ำ
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 0.05-0.10 มก./ล.
- ผลกระทบต่อระบบประปา

5.2 ไนไตรท์

- เกิดจากการย่อยสลายของแอมโมเนีย
- มาตรฐานน้ำประปา ไม่เกิน 0.001 มก./ล.

5.3 ไนเตรต

- เกิดจากการย่อยสลายสารไนไตรท์
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 0.05-0.10 มก./ล.

6. แคลเซียม

- ทำให้เกิดความกระด้าง + ตะกรัน
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 75 มก./ล.

7. แมกนีเซียม

- ทำให้เกิดความกระด้าง + ตะกรัน
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 50 มก./ล.

8. คลอไรด์

- ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความสกปรกของน้ำ
- มาตรฐานน้ำดื่ม ให้มีค่า 250 มก./ล.

9. ทองแดง

- ใช้ในการป้องกันสาหร่ายในแหล่งน้ำดิบ
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 0.01 มก./ล.

10. เหล็ก

- ผลกระทบต่อระบบประปา
- เหล็กในน้ำใต้ดินจะอยู่ในรูปของเฟอรัสไบคาร์บอเนต, เฟอรัสซัลเฟต และเฟอรัสคลอไรด์
- มาตรฐานน้ำดื่ม ให้มีค่า 0.3 มก./ล.

11. แมงกานีส

- พบร่วมกับเหล็ก
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 0.1 มก./ล.

12. MBAS (Methylene Blue Active Substance)

- วัดปริมาณผงซักฟอก
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 0.2 มก./ล.

13. ฟีนอล

- ใช้ในการผลิตยาฆ่าเชื้อโรคและสารเคมี
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 0.002 มก./ล.

14. ฟอสเฟต

- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 0.2 มก./ล.

15. Total Dissolved Solids

- ปริมาณสารที่ละลายอยู่ในน้ำ
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 500 มก./ล.

16. ซัลเฟต

- การละลายของแร่ธาตุในดิน ,โรงงาน
- มาตรฐานน้ำประปา ให้มีค่า 250 มก./ล.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

17. ฟลูออไรด์

- ฟลูออไรด์ ประมาณ 1 มก./ล.
- ฟลูออไรด์ น้อยกว่า 1 มก./ล.
- ฟลูออไรด์ มากกว่า 1 มก./ล.

18. โลหะหนักต่างๆ

- สารหนู
- โครเมียม
- แบเรียม
- ไซยาไนด์
- โบรอน
- ตะกั่ว
- แคดเมียม
- เซเลเนียม

19. สารปราบศัตรูพืช

- Aldrin Heptachlor DDT Herbicides

20. แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

- เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในสภาวะขาดออกซิเจน
- น้ำดื่มไม่ควรมีเกิน 0.05 มก./ล.

21. พวกไตรฮาโลมีน (Trihalomethanes; THMs)

- เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างคลอรีน/ฮาโลเจนกับสารมิวมิคและฟุลวิค
- คลอโรฟอร์ม โบรโมฟอร์ม
- น้ำดื่มไม่ควรมีเกิน 100 ไมโครกรัม/ล.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุป

1. ลักษณะสมบัติน้ำบาดาล
2. ลักษณะสมบัติน้ำผิวดิน

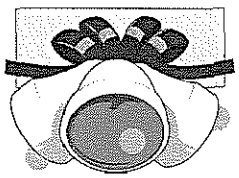
ลักษณะสมบัติทางกายภาพ

1. ความขุ่น
2. สี
3. กลิ่นและรส
4. รสชาติ
5. อุณหภูมิ

ลักษณะสมบัติทางเคมี

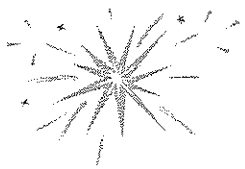
1. พีเอช
2. ความเป็นด่าง
3. ความกระด้าง
4. คาร์บอนไดออกไซด์

5. ไนโตรเจน
6. แคลเซียม
7. แมกนีเซียม
8. คลอไรด์
9. ทองแดง



10. เหล็ก
11. แมงกานีส
12. MBAS
13. ฟีนอล
14. ฟอสเฟต

15. TDS
16. ซัลเฟต
17. ฟลูออไรด์
18. โลหะหนักต่างๆ
19. สารปราบศัตรูพืช
20. แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์
21. ไตรฮาโลมีน



สรุปลักษณะสมบัติของน้ำ

- ลักษณะสมบัติทางกายภาพ
- ลักษณะสมบัติทางเคมี

Next Week

* ลักษณะสมบัติทางชีววิทยา
* มาตรฐานคุณภาพน้ำและน้ำดื่ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อะไรอยู่ในน้ำ

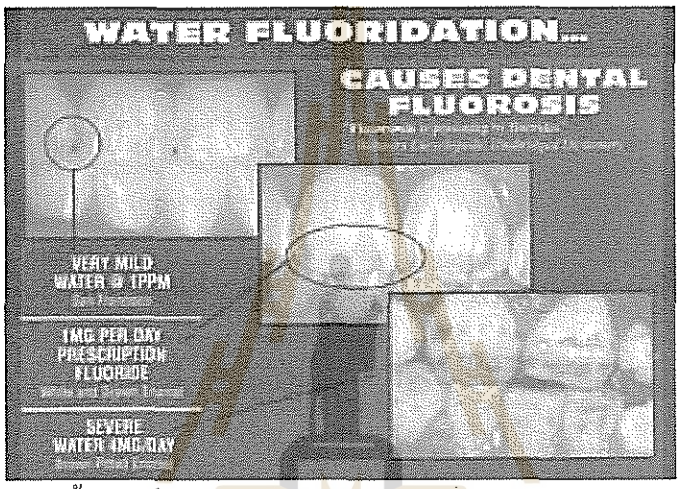
น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับร่างกาย ท่านทราบหรือไม่ว่าร่างกายของเรา มีน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ประมาณ 3 ใน 4 ส่วน ของร่างกาย คนเราสามารถอดอาหารได้หลายวันแต่ถ้าเราอดน้ำเพียง 3 วัน ก็จะตาย เมื่อน้ำมีความสำคัญ ถ้าเราดื่มน้ำที่สกปรก มีสารประกอบที่เป็นอันตราย หรือมีเชื้อโรคที่เป็นอันตราย เราก็อาจถึงตายได้เหมือนกัน **ก่อนอื่นเรามารู้จักความหมายของน้ำสะอาดคืออะไร** น้ำสะอาดต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ปราศจากเชื้อโรคที่อาจทำให้เกิดโรคโดยน้ำเป็นสื่อ
- ไม่มีสารพิษเจือปน
- หากมีแร่ธาตุหรือสารบางอย่างอยู่ ต้องมีไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

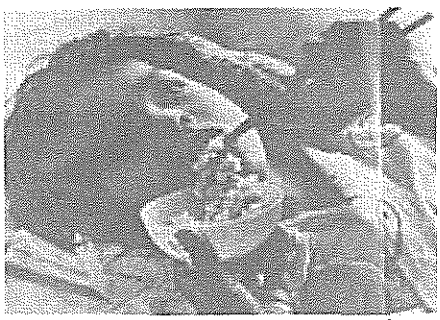
มาตรฐานที่กำหนดนี้มีของหลายหน่วยงาน เช่น ขององค์การอนามัยโลก มาตรฐานน้ำบริโภคในชนบทปี 2531 มาตรฐานสำนักงาน มาตรฐานอุตสาหกรรม มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาล และเกณฑ์คุณภาพน้ำประปากรมอนามัย ปี 2543 เป็นต้น แต่ละมาตรฐานพิจารณาค่า ของแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้ง จุลินทรีย์ที่มีผลต่อสุขภาพ ค่าที่กำหนดไม่แตกต่างกันมากนัก เรามาดูกันเลยทีละตัว

- **ค่า pH** (อ่านว่า พี เอช) เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำ พีเอช จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 14 ค่าที่เป็นกลางคือ 7 ค่าที่เหมาะสมควรอยู่ใกล้ 7 ถ้าต่ำกว่า 7 แสดงว่าเป็นกรด แต่ถ้ามากกว่า 7 แสดงว่าเป็นด่าง ถ้าน้ำนั้นมีความเป็นกรดมาก จะทำให้เกิดการกัดกร่อนภายในท่อน้ำได้ง่าย มาตรฐานของกรมอนามัย กำหนดให้อยู่ในช่วง 6.5-8.5 หมายความว่า น้ำบริโภคไม่ควรมี พีเอช ต่ำกว่า 6.5 หรือสูงกว่า 8.5
- **ความขุ่น** น้ำที่มีความขุ่นสูงๆ ทำให้ไม่น่าดื่มและไม่ควรดื่ม และยังทำให้การทำลายเชื้อโรคของคลอรีนลำบากขึ้น ดังนั้นเมื่อมี กระบวนการฆ่าเชื้อโรค เช่น ในระบบประปาหมู่บ้านของกรมอนามัย จึงต้องมีกระบวนการตกตะกอน การกรอง เพื่อให้น้ำใส ก่อนจึงเติมคลอรีน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคดีขึ้น กรมอนามัยกำหนดให้ค่าความขุ่นไม่เกิน 10 เอ็น.ที.ยู.
- **สี** สีของน้ำตามธรรมชาติเกิดจากสารอินทรีย์หรือโลหะบางชนิด เช่น มีเหล็ก ทำให้น้ำดูไม่น่าใช้ กรมอนามัยกำหนด ค่าสีไม่ควรเกิน 15 หน่วย
- **ปริมาณสารทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย** คือสารทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ เป็นการวัดมลพิษรวม กรมอนามัยกำหนด ให้ไม่ควรเกิน 1,000 มิลลิกรัม / ลิตร
- **ความกระด้าง** เป็นค่าที่ไม่มีผลต่อสุขภาพมากนัก แต่มีผลต่อการซักล้างทำให้เปลืองสบู่และทำให้เกิดตะกรันในหม้อต้มน้ำ นอกจากนี้ยังทำให้มีรสเฝื่อน กรมอนามัยกำหนดค่าความกระด้างไว้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/ลิตร หมายความว่าในน้ำ 1 ลิตร ไม่ควรมี ความกระด้างเกิน 500 มิลลิกรัม

- **ไนเตรท** เกิดจากการปนเปื้อนจากปุ๋ยหรือสาร อินทรีย์ที่เน่าเปื่อย ไนเตรทมีพิษต่อร่างกาย โดย เฉพาะในทารก หากมีอยู่ในปริมาณสูง ทำให้ร่างกาย ไม่สามารถนำอ๊อกซิเจนไปเลี้ยงร่างกายได้เพียงพอ กรมอนามัย กำหนดให้ค่าไนเตรทไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลิตร
- **ฟลูออไรด์** โดยธรรมชาติฟลูออไรด์จะมีอยู่ในน้ำ และในอาหารบางชนิดในปริมาณเล็กน้อยถ้ามีอยู่ ในน้ำนิดหน่อยจะป้องกันฟันผุได้ แต่ถ้ามีปริมาณมาก จะทำให้ฟันตกกระ หรือมีผลทำให้กระดูกผิดปกติ กรมอนามัยกำหนดค่าฟลูออไรด์ ไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัม/ลิตร



- **ซัลเฟต** หากมีมากทำให้น้ำมีรสเฝื่อนหรือขม มีคุณสมบัติเป็นยา ระบายอ่อนๆ ความกระด้างที่อยู่ในรูปเกลือซัลเฟต จะกำจัดได้ ค่อนข้างยาก กรมอนามัยกำหนดค่าซัลเฟต ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม / ลิตร
- **คลอไรด์** เกลือคลอไรด์ถ้าอยู่ในน้ำมาก จะทำให้เกิดรสเค็ม ไม่ชวนดื่ม กรมอนามัยกำหนดค่าคลอไรด์ ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม/ลิตร
- **ปรอท** อันตรายเกิดในรูปของการสะสม เกิดอาการ ทางประสาท ประสาทหลอน ปวดตามข้อ ชักกระตุก พิการ และถ้ามีปริมาณมากๆ ทำให้ถึงตาย กรมอนามัยกำหนดค่าปรอทในน้ำดื่มไม่ควรเกิน 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร



ภาพเด็กญี่ปุ่น ที่สมองถูกทำลายด้วยสารปรอท

- **เหล็ก** ถ้ามีในน้ำมากไปจะทำให้เกิดสี กลิ่น รส ที่ไม่พึงประสงค์ และเหล็ก อาจทำให้เกิดการอุดตันของท่อส่งน้ำ และทำให้เกิดคราบสนิม ต่อสุขภัณฑ์ กรมอนามัยกำหนดค่าเหล็กไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร
- **แมงกานีส** มักพบร่วมกับเหล็ก แมงกานีสจะละลายอยู่ในน้ำบาดาล และน้ำผิวดินที่มีคุณภาพน้ำไม่ดี พิษของแมงกานีสที่พบคือจาก การสูด เอาฝุ่นละอองจากเหมืองที่มีแมงกานีสสูงเข้าไป ทำให้มีผลต่อระบบประสาท กรมอนามัยกำหนดค่าแมงกานีส ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร
- **ทองแดง** ถ้าอยู่ในปริมาณพอดีมีประโยชน์ต่อมนุษย์ในด้านโภชนาการ หากเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากและต่อเนื่องกัน จะเป็นอันตรายต่อตับ นอกจากนี้ยังทำให้ห้องน้ำ และอ่างล้างหน้ามีสี กรมอนามัยกำหนดค่าทองแดงไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/ลิตร
- **สังกะสี** มีอันตรายน้อยสำหรับคน เป็นธาตุที่ร่างกายต้องการสำหรับเผาผลาญภายในร่างกาย แต่ถ้าได้รับมากเกินไป จะทำให้เกิดอาการ คลื่นเหียน อาเจียน กรมอนามัยกำหนดค่าสังกะสีในน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม/ลิตร
- **คลอรีนอิสระ** สำหรับน้ำบริโภคที่มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค ควรที่จะให้มีปริมาณคลอรีนอิสระ ตกค้างอยู่ระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ประปาที่มีท่อส่งยาวอาจต้องเติมคลอรีนที่ต้นท่อมากหน่อย เพื่อให้ปลายท่อ มีคลอรีนไม่น้อยกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร หรือกรณีที่เกิดโรคระบาด อาจเติมคลอรีนเป็น 2 เท่าของปกติได้
- **ตะกั่ว** เป็นสารพิษที่เกิดโทษอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพอนามัยเมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งทารก เด็ก และหญิงมีครรภ์ จะไวต่อสารนี้มาก เกิดการเจ็บป่วยเรียกว่า โรคแพ้พิษตะกั่ว เด็กมีอาการได้รวดเร็วและรุนแรง เพราะการดูดซึมง่ายกว่าผู้ใหญ่ จะมีอาการอ่อนเพลีย ความจำเสื่อม กล้ามเนื้อแขนไม่มีแรง ปวดท้องอย่างแรงสมองผิดปกติ ชัก หมดสติ และถึงตายได้ กรมอนามัยกำหนดค่าตะกั่วในน้ำดื่มไม่ เกิน 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร
- **โครเมียม** มีอันตรายต่อตับ ไต และระบบหายใจ กรมอนามัยกำหนดค่าโครเมียมในน้ำดื่มไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร
- **แคดเมียม** มีผลต่อจมูก คออักเสบ หายใจขัด ปอดบวม จัดเป็นสารพิษที่มีความเป็นพิษสูง แม้ได้รับเข้าสู่ร่างกายเพียงเล็กน้อย กรมอนามัยกำหนดค่าแคดเมียมในน้ำดื่มไม่เกิน 0.003 มิลลิกรัม/ลิตร
- **สารหนู** สะสมในร่างกายทำให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนังและปอด กรมอนามัยกำหนดค่าสารหนูในน้ำดื่มไม่เกิน 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร

- **โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์ม** แบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้ มักพบทั่วไปในดิน น้ำ และในของเสีย เช่น อุจจาระของคนและสัตว์ การพบแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้ในน้ำ ไม่ได้แสดงว่าน้ำนั้นมีเชื้อโรค แต่แสดงว่ามีโอกาสที่น้ำนั้นจะมี แบคทีเรียที่เป็นเชื้อโรคปนอยู่ เพราะเรามักพบแบคทีเรียที่เป็นเชื้อโรคปะปนอยู่กับโคลิฟอร์มและฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย

จะเห็นได้ว่าน้ำใสใสนี่แหละแต่ว่ามีแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์อยู่มากมายคนเราควรดื่มน้ำให้เพียงพอ คือ วันละ ประมาณ 6-8 แก้วทุกวัน และควรเป็นน้ำสะอาดถ้าไม่แน่ใจเราก็ควรไปต้มฆ่าเชื้อโรคเสียก่อน ไม่ใช่ว่ากลัวว่าน้ำไม่สะอาด แล้วไม่ยอมดื่มน้ำประปา หันไปดื่มน้ำอย่างอื่นแทนล่ะ!!

แหล่งอ้างอิง

http://www.anamai.moph.go.th/wsupply/journal/v18/p12.htm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE DIRECT®

Science of the Total Environment 340 (2005) 57–70

Science of the Total Environment
An International Journal for Scientific Research into the Environment and its Relationship with Humankind

www.elsevier.com/locate/scitotenv

Chemical water quality in Thailand and its impacts on the drinking water production in Thailand

Kornprabha Kruawal[a], Frank Sacher[b], Andreas Werner[c], Jutta Müller[c], Thomas P. Knepper[c,*]

[a]*Department of Biotechnology, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand*
[b]*DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe, Germany*
[c]*Europe University of Applied Sciences Fresenius, Idstein, Germany*

Received 19 January 2004; received in revised form 22 May 2004; accepted 25 August 2004

Abstract

In Thailand, surface water and groundwater are the main water sources for tap water and drinking water production. Thirty-six different samples from surface waters from Chao Praya and Mae Klong rivers, tap waters, bottled drinking waters, groundwaters and commercial ice cubes from around the Bangkok area were collected. Water samples were also taken from two waterworks in the Chonburi province. The extensive survey showed that, overall in all water samples investigated, there was only a minor pollution which could be traced back to the analyses performed including amongst others total organic carbon, inorganics and heavy metals, pesticides, organochlorine compounds, volatile organic compounds, surfactants, pharmaceuticals and disinfection by-products. However, whenever organic micropollutants could be detected in surface water, such as, e.g. the herbicide atrazine, they were also present in the tap water produced thereof proving that the present treatment steps are not sufficient for removal of such pollutants. The concentration of disinfection by-products was higher in tap water produced from Chao Praya river than from Mae Klong river. Disinfection by-products were also found in bottled drinking water. Commercial ice cubes contained anionic surfactants and their metabolites at elevated concentrations. The data of this study constitute the first set of homogenous data for the chemical water quality and also aid development of new water quality criteria in Thailand.
© 2004 Elsevier B.V. All rights reserved.

Keywords: Thailand; Micropollutants; Drinking water; GC/MS and LC/MS analyses

1. Introduction

In recent years, Thailand has experienced an impressive growth in population, industry and agriculture (Molle, 2002). The environmental con-

* Corresponding author. Tel.: +49 6126 9352 68; fax: +49 6126 9352 10.
E-mail address: knepper@fh-fresenius.de (T.P. Knepper).

0048-9697/$ - see front matter © 2004 Elsevier B.V. All rights reserved.
doi:10.1016/j.scitotenv.2004.08.008

sequences of this are causing concern about the impacts of pollution. Water pollution is one the most serious environmental problems in Thailand. Wastewater discharges emit various kind of pollutants. These substances include household chemicals, such as surfactants, pharmaceuticals and insect repellents, agricultural chemicals, such as pesticides as well as industrial chemicals, inorganics and heavy metals (Knepper et al., 1999). Due to their environmental persistence, these pollutants can cause contamination of surface water and groundwater which are the main water resources for drinking water production in Thailand. Transport over relative long distances has been reported for those pollutants exhibiting high water solubility (Eichhorn et al., 2002). In addition, inadequate wastewater treatment facilities can fail to remove recalcitrant pollutants and therefore their levels can be considerably high in receiving water (Eichhorn et al., 2001). The removal of these pollutants, even present at low concentrations, is an established challenge in the production of tap water and drinking water from surface water and groundwater. Furthermore, due to the use of elevated levels of disinfectants, the formation of disinfection by-products has to be taken into account when assessing the quality of drinking water.

Thailand has become one of the biggest users of pesticides in the South Asia region. Pesticides that are mostly used include 2,4-D, monocrotophos, metamidophos, atrazine, endosulfan, methyl parathion, and paraquat (Jungbluth, 1997). Overuse of pesticides is causing in increasing environmental contamination. Boonyatumanond et al. (2001) monitored the residues of organochlorine pesticides in four main rivers (Chao Praya, Mae Klong, Bang Pakong and Tha Chin) and coastal areas of Thailand. DDT and metabolites were found in the range of 18–20 ng/L at Krabi province (West Coast). Aldrin (5 ng/L) was detected at the lower part of Chao Praya river. The concentration of HCH and its isomers ranged from 10 to 17 ng/L in three provinces in the south of Thailand.

The surfactant consumption has rapidly increased in Thailand, the household and laundry sectors being the major markets (Colin, 1996). Hence surfactants may be considered as major contaminants in the environment of Thailand, especially in surface waters. Branched alkylbenzenesulfonates (ABS) were widely used in both domestic and commercial detergents. Due to the very poor biodegradability of ABS, they were banned in Europe and withdrawn from the market in the US since the mid-1960s (Knepper and Berna, 2003). However, ABS are still in extensive use in developing countries, such as Thailand (Colin, 1996). Nowadays, linear alkylbenzene sulfonates (LAS) have mostly substituted ABS. LAS are biodegradable and their main aerobic degradation products are sulfophenyl carboxylates (SPC).

At present, the crisis surrounding raw water supply becomes more and more serious due to the disposal of domestic, agriculture runoff, and industrial wastewaters into rivers. A monitoring of three indicators, biochemical oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (DO) and total coliform bacteria (TCB), revealed that the water quality of Chao Praya river has decreased severely, especially at the lower part of the river. DO, BOD and TCB did not meet the standard of water quality of Thailand (Haapala, 2002; Simachaya et al., 2000).

Moreover, there are many studies on the water quality of the main rivers in Thailand, such as Chao Praya, Tha Chin, Bang Prakong and Mae Klong river (Simachaya et al., 2000; Kwanyuen et al., 1999; Molle, 2002); however, none of these studies address the fate and behavior of pollutants in raw water, groundwater and drinking water in Thailand.

Groundwater, the other water supply for the Bangkok area, is already over-utilized. More than 2 million cubic meters per year of groundwater is used for the industrial sector (65%) and households (25%) in Bangkok and seven adjoining provinces (World Bank, 2000). The liquid effluents from septic tanks can percolate into the ground and lead to an increasing probability of groundwater contamination. The groundwater quality was also affected from agricultural runoff, pesticide residues, coastal aquaculture, and industrial effluents (Molle, 2002). Intensive pumping of groundwater can cause not only land subsidence but also saltwater intrusion.

Although the Metropolitan Waterworks Authority (MWA) has recommended that tap water in some Bangkok areas is hygienic and suitable for drinking, most Thai people do not drink tap water, mainly due to their concern about high chlorine residuals and aesthetics, such as taste, smell and discoloration. Nowadays, bottled water is becoming more and more

popular in Thailand. In Bangkok and the surrounding area, consumption of bottled drinking water increased from 23% in 1995 to 40% in 2000. Therefore, the quality of bottled water also needs to be monitored and standardized carefully.

Chlorination is widely used at waterworks in Thailand. Chlorine can react with organic matter naturally present in raw waters and form disinfection by-products (DBPs), such as trihalomethanes (chloroform, bromodichloromethane, dibromochloromethane, bromoform) Thus DBPs may be present in tap water in Thailand. DBPs are of concern because some are suspected carcinogens and attributed to reproductive/developmental effects in human (US Environmental Protection Agency, 2002).

Thus, the purpose of this study was to analyze the water quality, especially on the presence of emerging contaminants from surface water and groundwater used as the source for tap water production in Bangkok and close by areas and to investigate their impact on tap water, bottled drinking water and commercial ice cubes produced thereof.

2. Materials and methods

2.1. Area description

Samples from Chao Praya (CP) and Mae Klong (MK) rivers were taken before the entry point into the raw water canal and also before drain the outlet into Gulf of Thailand (Fig. 1). Samples from of the beginning, middle and the end of the raw water canal

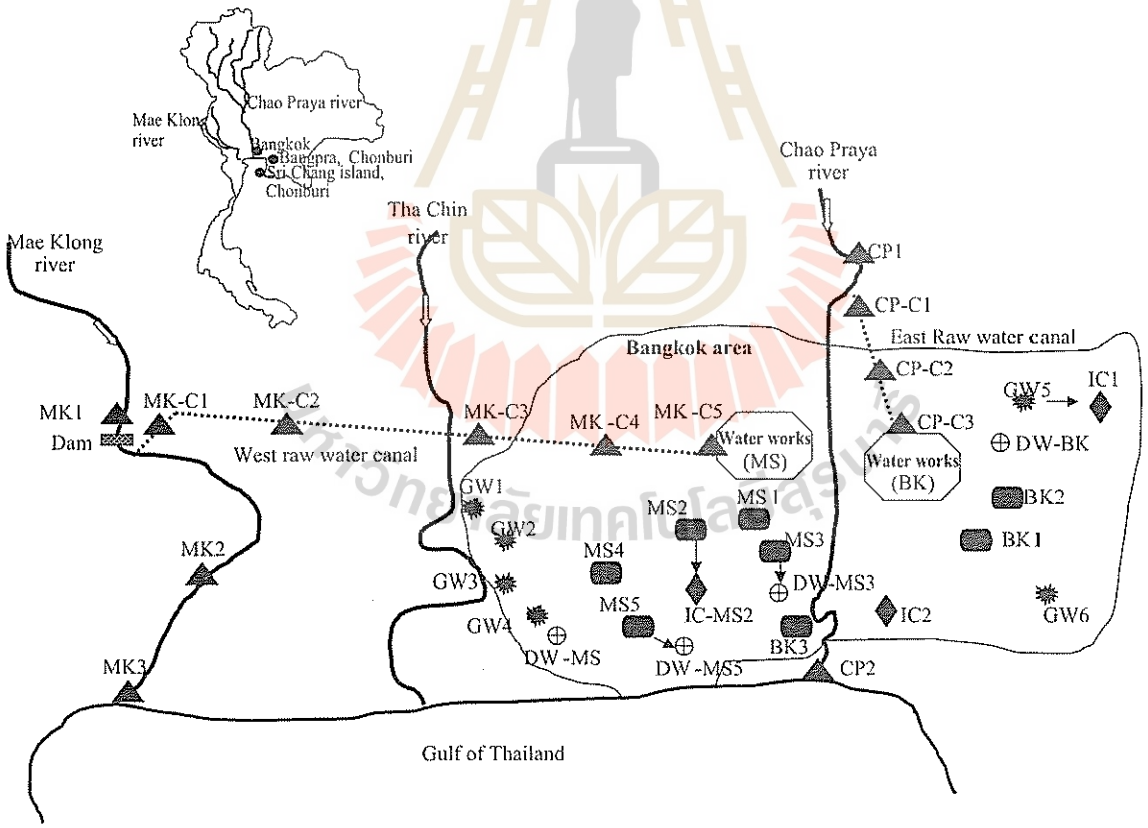


Fig. 1. The sampling sites used in this sampling campaign: ▲=surface water, ▬=tap water, ✹=groundwater (GW), ⊕=bottled drinking water (DW), and ◆=commercial ice cube (IC), Mae Klong river (MK); Chao Praya river (CP), canal (C) ; Bang Kean (BK) and Mahasawat (MS) waterworks.

Table 1
Pollutants and parameters investigated in Thai water samples

Compounds/ parameter class	Specific compounds investigated/ methods used
Household chemicals	
Surfactants	Linear alkylbenzene sulfonates (LAS), Sulfophenyl carboxylates (SPC), Alkylbenzene sulfonates (ABS)
Acidic pharmaceuticals	Clofribric acid, Diclofenac, Fenofibric acid, Fenoprofen, Gemfibrozil, Ibuprofen, Ketoprofen, Naproxen
Agricultural chemicals	
Neutral pesticides	AIPA, Alachlor, Ametryn, Atrazine, Atrazine-desethyl, Atrazine-desisopropyl, Azinphos-ethyl, Chlorfenvinphos, Chlorpyrifos, Desmetryn, Dichlobenil, Dimethoate, Epoxiconazole, Ethofumesate, Fenoxaprop-ethyl, Fenpropimorph, Fluazifop-butyl, Fluchloralin, Furalaxyl, Hexazinone, Iprodione, Metalaxyl, Metamitron, Metazachlor, Methidathion, Methoprotryne, Metolachlor, Metribuzin, n-Chloridazon, Parathion-ethyl, Pendimethalin, Prometryn, Propazine, Propham, Propiconazole, Sebutylazine, Simazine, Tebuconazole, Terbuthylazine-desethyl, Terbutryn, Terbutylazine, Trifluralin, Vinclozolin
Acidic pesticides	2,4,5-T, 2,4-D, 2,4-DP (Dichlorprop), Bentazone, Bromacil, Dicamba, Fluazifop, Fluoxypyr, Haloxyfop, MCPA, MCPB, MCPP (Mecoprop), Triclopyr
Organochlorine pesticides	Aldrin, 4,4-DDD, 4,4-DDE, 2,4-DDT, 4,4-DDT, Dieldrin, α-Endosulfan, β-endosulfan, Endrin, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH, Heptachlor, Heptachlorepoxid, Hexachlorobenzene, Methoxychlor
Disinfection by products	Trichloromethane, Bromodichloromethane, Dibromochloromethne, Tribromomethane, Trichloronitromethane
Volatile organic compounds	Dichloromethane, Tetrachloromethane, Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, 1,1,1-Trichloroethane, *cis*-1,2-Dichloroethylene, *trans*-1,2-Dichloroethylene, 1,1-Dichloroethylene, 1,1-Dichloroehtane, Trichlorotrifluoroehtane
Inorganics and heavy metals	Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Al, Si, As, Pb, Cd, Cr_{total}, Ni, Sb, Se, Ba, B, Cu, Zn, U
GC/MS screening	Unknown pollutants and their metabolites
LC/MS screening	
Organic carbon	TOC measurement
Physical parameters	pH, conductivity, UV absorbance (254 nm)

were also collected in order to investigate the fate of selected pollutants along the raw water canal. Eleven tap water and three groundwater samples from the Bangkok area were taken from east and west side of Chao Praya river. Bottled drinking water and commercial ice cube samples were also collected to investigate the removal of selected pollutants in the production process.

Water samples were also taken from Bangpra and Sri Chang island waterworks in Chonburi province. These two waterworks use different water resources for tap water production. Raw water from Bangpra reservoir and seawater are the raw water supply at Bangpha and Sri Chang island waterworks, respectively. All sampling sites are shown in Fig. 1.

2.2. Selected pollutants

The investigated pollutants were divided into eight groups: surfactants; pharmaceuticals; neutral pesticides; acidic pesticides; organochlorine pesticides; volatile organic compounds; inorganics and heavy metals; disinfection by-products. Gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) and liquid chromatography/mass spectrometry (LC/MS) screenings were also performed in order to identify the unknown pollutants and their metabolites. Furthermore, sum parameters such as total organic carbon (TOC) and physico-chemical parameters were also determined (Table 1).

2.3. Sampling, sample preparation, and analysis

Most samples were taken in July 2003, only sampling at two waterworks in Chonburi was done in October 2002. All samples were kept in 1000-mL

polypropylene bottles and stored at +4 °C until shipped to Germany for analyses. Each sample was filtered through a glass fiber (0.45 μm) prewashed with methanol and Milli-Q water.

2.3.1. Neutral pesticides

After solid-phase extraction on Oasis® HLB cartridges 3cc material (60 mg) (Waters, USA) pH 7.0, neutral pesticides analysis was done according to Knepper et al. by ion trap GC/MS (Varian, Walnut Creek, USA) consisting of an AS 8200 autosampler, a Varian 340 gas chromatograph and a Saturn II mass spectrometer. A XTI–5 (Restek, Bellefonate, PA, USA) column (length 30 m, film thickness 0.25 μm, ID 0.25 mm) was used with helium as carrier gas. Injections (3 μL) were made in the splitless mode with the injection port maintained at 50 °C. This temperature was held for 3.5 min, followed by a 20 °C/min ramp to 120 °C and then a 2 °C/min ramp to 200 °C. The temperature was then increased to 300 °C with a 6 °C/min ramp, which was held for 10 min. The injector temperature profiles were as follows: an initial temperature of 50 °C, held for 0.20 min, followed by a 100 °C/min ramp to 300 °C which was held for 75 min.

2.3.2. Acidic pesticides/acidic pharmaceuticals

The water samples were extracted with 0.1 g Lichrolute® EN (Merck, Germany) and 0.25 g Isolute® C18 EC at pH 2.0 (IST, UK) and derivatized with diazomethane according to Knepper et al. The analyses were performed using the same column and GC/MS system as described in Section 2.3.1, but using different GC temperature profile. After injection, the temperature was held at 50 °C for 1.5 min, followed by a 20 °C/min ramp to 120 °C and a 2 °C/min ramp to 230 °C. This was then increased to 290 °C (10 °C/min ramp) and held for 10 min. The injector temperature profiles were as follows: an initial temperature of 50 °C for 0.2 min, followed by a 100 °C/min ramp to 300 °C, which was held for 70 min. The MS data were collected in the EI mode (full scan, *m/z* 60 to 550 amu).

2.3.3. Branched alkylbenzene sulfonates, linear alkylbenzene sulfonates and sulfophenyl carboxylates

The analytical method based on solid-phase extraction on Isolute® C18 material (IST) at pH 2.0 and subsequent reversed-phase liquid chromatographic separation and mass spectrometric detection is described elsewhere (Eichhorn et al., 2001).

2.3.4. Disinfection by-products

Analysis of trihalomethane compounds and other halogenated hydrocarbons was performed according to the international standard procedure EN ISO 10301. One milliliter of *n*-pentane and 0.5 μg of bromotrichloromethane as internal standard were

Table 2
River flow, basin area, and water quality parameters of Chao Praya and Mae Klong rivers[a]

River	Flow rate (m^3/s)	Basin area (km^2)	River reaches	Source of pollution[b]	pH	Temperature (°C)	Conductivity (μS/cm)	Turbidity (NTU)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	TCB (MPN/100 ml)[c]
Chao Praya	917	20,125	Upper	Industry: M; Agriculture: H; Domestic: H	7.51	29.9	258	54.3	4.45	0.9	1300
			Middle	Industry: L; Agriculture: M; Domestic: M	7.54	29.8	237	91.7	3.34	0.8	2700
			Lower	Industry: H; Agriculture: L; Domestic: H	7.32	27.8	289	34.7	1.30	2.8	14,500
Mae Klong	550	30,840		Industry: M; Agriculture: M; Domestic: H	7.98	28.2	204	10	6.08	1.0	790

[a] Mean values, year 2003.
[b] H=high, M=medium, L=low.
[c] Total coliform bacteria.

added to 100 mL of water sample. After vigorous shaking for 10 min, the organic layer was removed and dried by addition of 1 g of sodium sulfate. An aliquot of 1 μL was then injected into the GC system.

Analysis of the volatile halogenated compounds was done by GC/ECD using a PerkinElmer Auto-system XL. Separation was performed on two columns, a ZB5 (60 m×0.32 mm×1.0 μm) from Zebron and a VGC column (75 m×0.45 mm×2.55 μm) from Restek. Injection was done via a split/splitless injector at 40 °C. For GC separation, the temperature program started at 40 °C, incremented at 1 °C/min to 55 °C and then increased at 8 °C/min to a final temperature of 170 °C which was held for 15 min. For ECD detection, nitrogen was used as the make-up gas.

2.3.5. Total organic carbon

TOC was analysed according to the European standard procedure EN 1484 using a TOC-5,000A Total Organic Carbon Analyser from Shimadzu (Duisburg, Germany). In this method, the inorganic carbon present in a water sample is removed by acidification and subsequent stripping with nitrogen. The organic compounds then undergo catalytical oxidation to carbon dioxide which is stripped and detected by infrared spectroscopy.

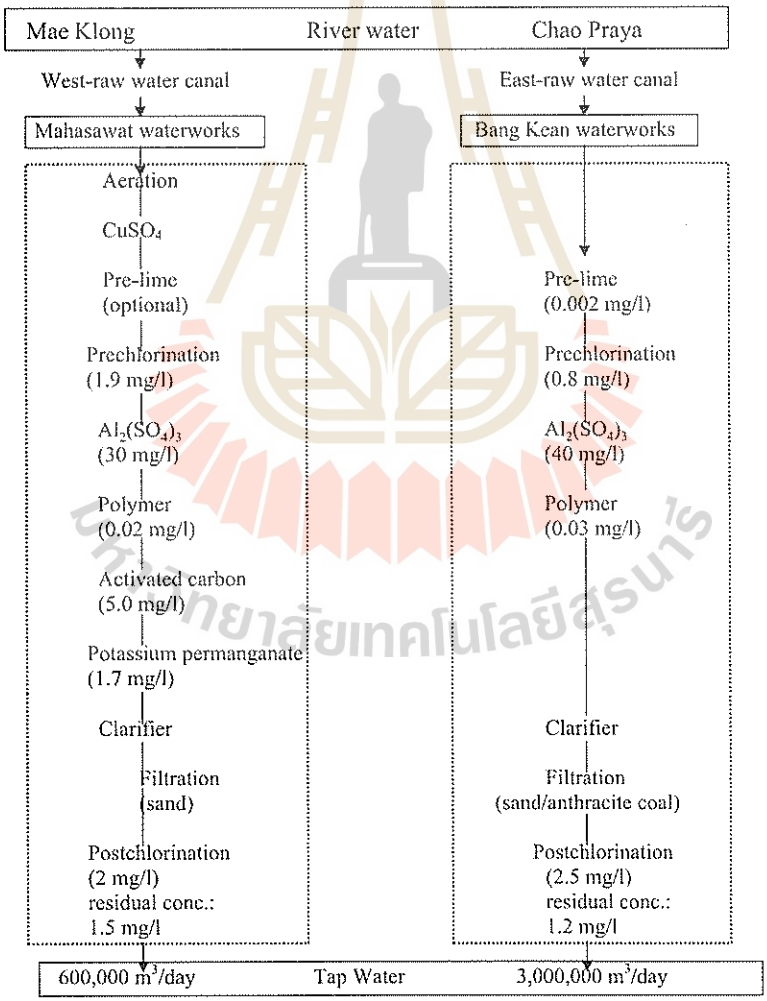


Fig. 2. Scheme of water production process at Bang Kean (BK) and Mahasawat (MS) waterworks in Thailand.

2.3.6. Inorganics and heavy metals

The inorganic compounds Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Al and Si were determined by ICP-OES according to EN ISO 11855. The compounds B, Ba, Cr, Hg, Se, Sb, As, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn and U were determined by ICP-MS according to the German standard procedure DIN 38406, Part 29. In all cases, the water samples were acidified prior to analysis by addition of 1% (v/v) of nitric acid.

3. Results and discussion

3.1. Sampling area and waterworks

The Bang Khen and Mahasawat waterworks are responsible for water supplies in the Bangkok area. The Chao Praya river and the Mae Klong river, where the investigated waterworks withdraw their raw water from, differ in terms of hydrological conditions, and physical and chemical parameters of the water. Some selected data characterizing the two rivers are listed in Table 2. A scheme of the water production process which is similar in both waterworks is displayed in Fig. 2 (MWA, 2003). Unique to the Mahasawat waterworks are the aeration, copper sulfate, activated carbon and potassium permanganate treatment steps. Bangpra waterworks utilizes raw water from Bangpra reservoir to produce tap water. The production process is adapted the same as used at Bang Kean waterworks. Seawater is used as the raw water supply at Sri Chang waterworks. The raw seawater is mixed with powder activated carbon before passing through sand filtration, followed by reverse osmosis and chlorination.

3.2. Inorganics

In Tables 3a–3d, the accumulated heavy metals and inorganics data are summarized for investigated raw waters. All obtained values are within the recommended range for surface water destined for use in drinking water production. For the inves-

Table 3a
Data analysis for inorganics (mg/l) in the surface water samples from the Chao Praya river (CP), the east raw water canal, tap water produced from Bang Kean (BK) waterworks, and a bottled drinking water sample

Inorganics	Drinking water standards (mg/l)[a]	CP1+canal[b]	Tap water from BK[c]	Bottled drinking water[d] (DW-BK)	CP2[d]
Ca	75	22.6±0.74	22.4±0.33	<0.5	26.3
Mg		5.43±0.22	5.1±0.08	<0.5	6.9
	50				
Na	–	14.5±1.24	14.3±0.05	10.1	18.8
K	–	3.75±0.15	3.53±0.05	<0.3	4.3
Fe	0.5	2.11±0.60	0.0067±0.009	<0.01	0.02
Mn	0.3	0.13±0.01	0.002±0.003	<0.005	0.062
Al	–	1.35±0.97	0.03±0.02	<0.02	0.04
Si	–	8.38±1.00	6.37±0.047	<0.1	8.2
As	0.05	0.002±0.0004	<0.001	<0.001	0.003
Pb	0.05	0.002±0.0004	<0.001	<0.001	0.003
Cd	0.01	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Cr	0.05	0.002±0.0007	<0.001	<0.001	0.003
Ni	–	0.003±0.0005	0.0003±0.0005	<0.001	0.004
Sb	–	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Se	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Ba	1.0	0.06±0	0.043±0.005	<0.01	0.06
B	–	0.03±0.004	0.037±0.005	0.02	0.05
Cu	1.0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Zn	5.0	<0.02	0.25±0.36	<0.02	<0.02
U	–	0.0004±0.00005	0.0001±0.00002	0.00009	0.00048

The abbreviations identify the sampling sites as shown in Fig. 1.
[a] Drinking water quality standards of Thailand.
[b] n=4.
[c] n=3.

Table 3b
Data analysis for inorganics (mg/l) in the surface water from Mae Klong (MK) river, the west raw water canal, tap water produced from Mahasawat (MS) waterworks, and bottled drinking water samples

Inorganics	Drinking water standards (mg/l)[a]	MK1+canal[b]	Tap water from MS[c]	Bottled drinking water[d]	MK2[e]	MK3[e]
Ca	75	29±0.83	30±0.55	0.9±0.9	33.2	40.9
Mg	50	7.01±0.24	7.18±0.1	<0.5	8.0	36.8
Na	–	3.8±1.07	5.20±0.21	24±21	8.5	243
K	–	0.14±0.07	1.4±0	0.35±0.35	2.1	11.3
Fe	0.5	0.14±0.08	0.018±0.036	<0.01	0.67	0.60
Mn	0.3	0.02±0.01	<0.005	<0.005	0.132	0.125
Al	–	0.11±0.10	0.16±0.04	0.04±0.04	0.68	0.50
Si	–	5.37±0.26	4.54±0.05	5.75±1.35	7.8	6.8
As	0.05	0.004±0.0005	0.0018±0.0004	0.001±0.001	0.005	0.007
Pb	0.05	0.0007±0.0009	0.0006±0.001	0.00±0.001	0.002	0.002
Cd	0.01	<0.0001	<0.0001	0.00005 ±0.00005	<0.0001	<0.0001
Cr	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.002
Ni	–	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001
Sb	–	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Se	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.006
Ba	1.0	0.03±0.005	0.03±0	<0.01	0.05	0.04
B	–	<0.02	<0.02	0.01±0.01	<0.02	0.13
Cu	1.0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Zn	5.0	<0.02	0.062±0.08	0.035±0.035	<0.02	<0.02
U	–	0.0009±0.0003	0.001±0.0001	0.00036±0.00034	0.00074	0.00078

The abbreviations identify the sampling sites as shown in Fig. 1.
[a] Drinking water quality standards of Thailand.
[b] n=6.
[c] n=5.
[d] n=2.
[e] n=1.

tigated rivers and canals, the concentrations do not differ significantly, except for the high sodium concentration in samples from the Mae Klong river taken at the site just proceeding the entry into the gulf of Thailand (MK3). The sodium concentration in this sample was 243 mg/L, as showed in Table 3b. This can be explained by the seawater intrusion from the gulf as the sampling site at MK3 is located about 10 km upstream from the mouth of Mae Klong river. Other naturally occurring inorganics, i.e. Ca, Mg, K were also consistently higher at this last MK site in comparison to the sampling sites further up the river. Seawater is used as raw water supply for Sri Chang island waterworks. The raw water contained high concentrations of Ca, Mg, Na and K as shown in Tables 3d. However, as shown by the subsequent tap water figures, the concentrations of these elements are efficiently reduced to acceptable values in the purification process adopted.

The largest source of groundwater in Thailand is in Bangkok and surrounding provinces, with the current levels of groundwater extraction exceeding safe yields and leading to adverse effects. Six groundwater samples were collected from around Bangkok area. Groundwater from sampling sites near Mae Klong river, in general, contained higher inorganics than groundwater from sites near Chao Praya river (Table 3c). However, the concentration of sodium in the groundwater samples collected from the Chao Praya locality (159 mg/L) are higher than the Mae Klong river locality. Here, groundwater was found to be contaminated from saltwater intrusion attributable to the over-extraction. Moreover, groundwater contained higher contents of uranium than surface water or tap water. The concentrations of inorganics in water samples can be used as indicator for distinguishing groundwater from surface water.

Tap water produced from Sri Chang waterworks contained a high concentration of sodium (216 mg/L,

Table 3c
Data analysis for inorganics (mg/l) in the groundwater, bottled drinking water produced from groundwater, and commercial ice cube samples

Inorganics	Drinking water standards (mg/l)[a]	Groundwater near Mae Klong[b]	Bottled drinking water produced from groundwater[c]	Groundwater near Chao Praya river[d]	Ice cubes samples[e]
Ca	75	44±9.23	<0.5	24±1.9	<0.5
Mg	50	17.7±2.78	<0.5	6.95±0.55	<0.5
Na	–	49±17.7	127	159±2	1.07±0.50
K	–	4.3±0.47	5.4	1.25±0.05	0.13±0.19
Fe	0.5	0.5±0.85	<0.01	0.035±0.035	<0.01
Mn	0.3	0.066±0.07	<0.005	0.062±0.007	<0.005
Al	–	0.20±0.34	<0.02	<0.02	<0.02
Si	–	9.15±0.32	8.7	13.4±0.3	<0.1
As	0.05	0.001±0.0007	0.001	0.003±0	<0.001
Pb	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	0.003±0.005
Cd	0.01	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Cr	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Ni	–	<0.001	<0.001	<0.001	0.0003±0.0005
Sb	–	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Se	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Ba	1.0	0.15±0.09	<0.01	0.085±0.005	<0.01
B	–	0.018±0.011	0.02	0.025±0.005	<0.02
Cu	1.0	0.0025±0.005	<0.01	<0.01	<0.01
Zn	5.0	0.04±0.05	<0.02	0.035±0.005	<0.02
U	–	0.0082±0.0014	0.00573	0.0051±0.001	0.00001±0.00002

The abbreviations identify the sampling sites as shown in Fig. 1.
[a] Drinking water quality standards of Thailand.
[b] n=4.
[c] n=1.
[d] n=2.
[e] n=3.

Table 3d) because this tap water was produced from seawater. Boron was also found at a high concentration (1.09 mg/L). This is most likely attributed to industrial and ship transportation sources occurring around Sri Chang island.

Heavy metals and inorganics were determined in the bottled drinking waters produced from tap water in Bangkok (as shown in Tables 3a–3c). Bottled drinking water DW-BK contained again lower concentrations of heavy metals and inorganics than other bottled drinking waters resulting from the more extensive processes applied (see above).

3.3. Organic micropollutants

3.3.1. Pesticides and pharmaceuticals

From all 73 neutral, acidic and organochlorine pesticides investigated, only atrazine was found in the range between 58 and 86 ng/L in the samples from Chao Praya river (CP1 and CP2) and east raw water canal (CP-C1, CP-C2 and CP-C3) drawn from Chao Praya river. The concentration levels of atrazine are shown in Fig. 3. Chao Praya basin is an important rice producing agricultural area, especially along both river banks. Increasing demand on agricultural productivity has resulted in a rapid increase in the use of pesticides. Subsequent runoff from agricultural areas causes contamination of pesticides in surface water.

The analyses from GC/MS screening also showed that endosulfan sulfate was present in surface waters from Chao Praya river. Endosulfan sulfate is a breakdown product of endosulfan and is more persistent than the corresponding parent compound (Shetty et al., 2000). Endosulfan is one of the most important agricultural pesticides used in Thailand. Its usage however is restricted and not allowed in rice fields in Thailand (PANAP, 1996).

Neither neutral nor acidic pesticides were found above LOD in all six groundwater samples analysed.

Table 3d
Data analysis for inorganics (mg/l) in raw water and tap water from Bangpra and Sri Chang island waterworks, Chonburi province

Investigated chemicals	Drinking water standards (mg/l)[a]	Bangpra waterworks		Sri Chang island waterworks	
		Raw water	Tap water	Raw water	Tap water
Ca	75	8.7	8.9	326	9.2
Mg	50	2.9	3.7	1006	5.8
Na	–	15.9	22.8	8596	216
K	–	6.7	6.9	309	9.2
Fe	0.5	0.09	n.d.	<0.2	0.17
Mn	0.3	0.15	0.007	<0.1	n.d.
Al	–	n.d.[b]	0.07	<0.4	n.d.
Si	–	1.3	1.1	<2.0	0.1
As	0.05	0.001	n.d.	<0.02	0.002
Pb	0.05	<0.002	n.d.	<0.02	n.d.
Cd	0.01	n.d.	n.d.	<0.002	n.d.
Cr	0.05	n.d.	n.d.	<0.02	n.d.
Ni	–	0.003	n.d.	<0.02	n.d.
Se	–	n.d.	n.d.	<0.02	n.d.
Se	0.01	n.d.	n.d.	<0.02	0.005
Ba	1.0	0.08	0.07	<0.2	n.d.
B	–	0.05	0.06	<0.4	1.09
Cu	1.0	0.02	n.d.	<0.2	n.d.
Zn	5.0	0.1	n.d.	<0.4	0.09

The abbreviations identify the sampling sites as shown in Fig. 1.
[a] Drinking water quality standards of Thailand.
[b] Not detected.

This might be explained by the fact that all groundwater samples were collected from the Bangkok area where less agricultural activities occur.

In the eight tap water samples collected in Bangkok (Fig. 1), most pesticides were lower than LOD, except for atrazine. In tap water produced from Bang Kean waterworks, atrazine was still detectable in the same concentration range than in the surface water from Chao Praya river and the east raw water canal (Fig. 3) from which it was sourced. Moreover, endosulfan sulfate was detected in tap water samples from Bang Kean waterworks

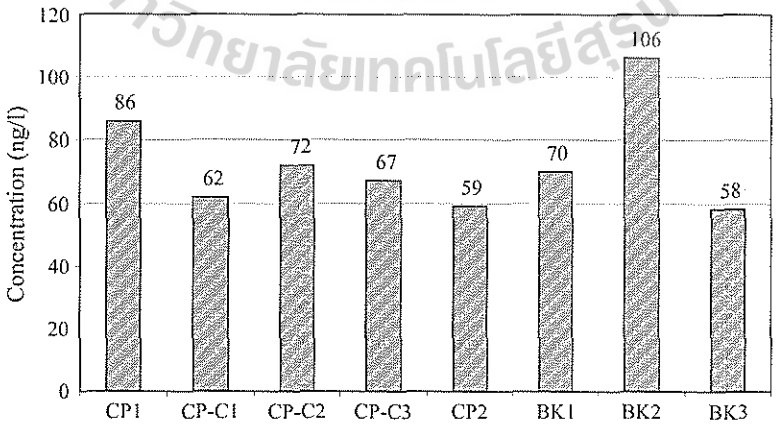


Fig. 3. Atrazine in the surface water from Chao Praya river, east raw water canal, and tap water produced from Bang Kean waterworks (sources from CP river, see Fig. 1).

Table 4a
Data analysis for surfactants (μg/l) in the Thai surface water samples

Surfactants	LOD (μg/l)	CP1+canal	CP2	MK1+canal	MK2	MK3	Bangpra	Sri Chang
Linear alkylbenzene sulfonates (LAS)	1.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Sulfophenyl carboxylates (SPC)	0.5	<LOD	1.7	<LOD	2.9	<LOD	<LOD	<LOD

The abbreviations identify the sampling sites as shown in Fig. 1.
<LOD=below limit of detection.

(no data shown). This means that the tap water production process used at this waterworks is not capable of removing organic micropollutants from the water.

All investigated pesticides in bottled drinking waters were below LOD and thus also atrazine was effectively removed by the use of activated carbon filtration in the production process. Bottled drinking water (DW-BK) produced from tap water from Bangkean waterworks.

The bottled drinking waters DW-MS3 and DW-MS5 were produced from the tap waters MS3 and MS5, respectively. These two bottled drinking water contained lower SPC concentrations than the tap water, as shown in Table 4c.

Furthermore, the presence of pharmaceuticals in all water samples was below detection limit.

3.3.2. *Surfactants*

Analyses of surface water showed that LAS and ABS were observed at lower levels than the limit of detection (LOD) in all surface water samples examined (Table 4a). Only the aerobic metabolite of LAS, SPC, showed an increase from below LOD up to 2.9 μg/L in samples taken from surface waters after their passage through the Bangkok area (Table 4a).

These concentrations are still considerably low despite the discharges from the highly populated areas in Bangkok where the river water is affected by waste originating from various human activities. However, SPC was again below LOD in the sample taken from the site close to the river mouth (MK3), which can be explained by dilution through seawater intrusion. ABS was not detected in any of the samples (no data shown).

LAS and SPC were also found at concentrations lower than the LOD in raw water at the two waterworks in Chonburi (Table 4a). Bangpra waterworks uses rain water collected in a large reservoir as the raw water supply. There are no domestic or industrial discharge into the reservoir. Seawater is used at Sri Chang waterworks.

Low values of LAS and SPC (Table 4b) were detected in the groundwater samples, except for GW2 which was collected from a private well. GW2 contained 7.5 and 18 μg/L of LAS and SPC, respectively. There were various human activities occurring, including washing and cleaning around this well, which can be a potential source of the SPC contamination in groundwater.

The results of the surfactant analysis on different tap water samples is shown in Table 4c. In tap water

Table 4b
Data analysis for surfactants (μg/l) in the groundwater and commercial ice cube samples

Surfactants	LOD (μg/l)	Groundwater near Chao Praya river	Groundwater near Mae Klong river				Ice cube samples		
			GW1	GW2	GW3	GW4	IC1	IC2	IC-MS3
Linear alkylbenzene sulfonates (LAS)	1.6	<LOD	<LOD	7.5	<LOD	<LOD	1.8	31	130
Sulfophenyl carboxylates (SPC)	0.5	1.2	<LOD	18	<LOD	1.1	3.6	18	51

The abbreviations identify the sampling sites as shown in Fig. 1.
<LOD=below limit of detection.

Table 4c
Data analysis for surfactants (μg/l) in the tap water produced from Bang Kean (BK) and Mahasawat (MS) waterworks, and derived bottled drinking water samples

Surfactants	LOD (μg/L)	Tap water						Bottled drinking water	
		BK	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	BK	MS sites
Linear alkylbenzene sulfonates (LAS)	1.6	<LOD	4.3	1.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Sulfophenyl carboxylates (SPC)	0.5	3.1	2.1	3.6	2.2	0.6	1.4	<LOD	0.8

The abbreviations identify the sampling sites as shown in Fig. 1.
<LOD=below limit of detection.

from Bang Kean waterworks collected from private houses, an average concentration of 3.1 μg/L of SPC was found and LAS concentrations were below the LOD. MS1 (from a storage tank in private house) contained 4.3 μg/L (LAS) and 2.1 μg/L (SPC), whereas MS2 (from a storage tank in a commercial ice cube factory) contained 1.6 μg/L (LAS) and 3.6 μg/L (SPC). The analyses revealed that SPC were also present in MS3, MS4 and MS5 (0.6 to 2.2 μg/L) while LAS was below LOD. MS3 was collected from reservoir tank in the bottled drinking water factory while MS4 and MS5 were taken directly from the tap of private houses. Thus, it was not surprising that both LAS and SPC may mainly contaminate from cleaning activities in household and factory.

All commercial ice cube samples contained both LAS and SPC, especially IC-MS2 (as shown in Table 4b). The concentrations of LAS and SPC in IC-MS3 were significantly high at 130 and 51 μg/L, respectively. The source for this pollution of surfactants, especially in ice cubes, might be traced

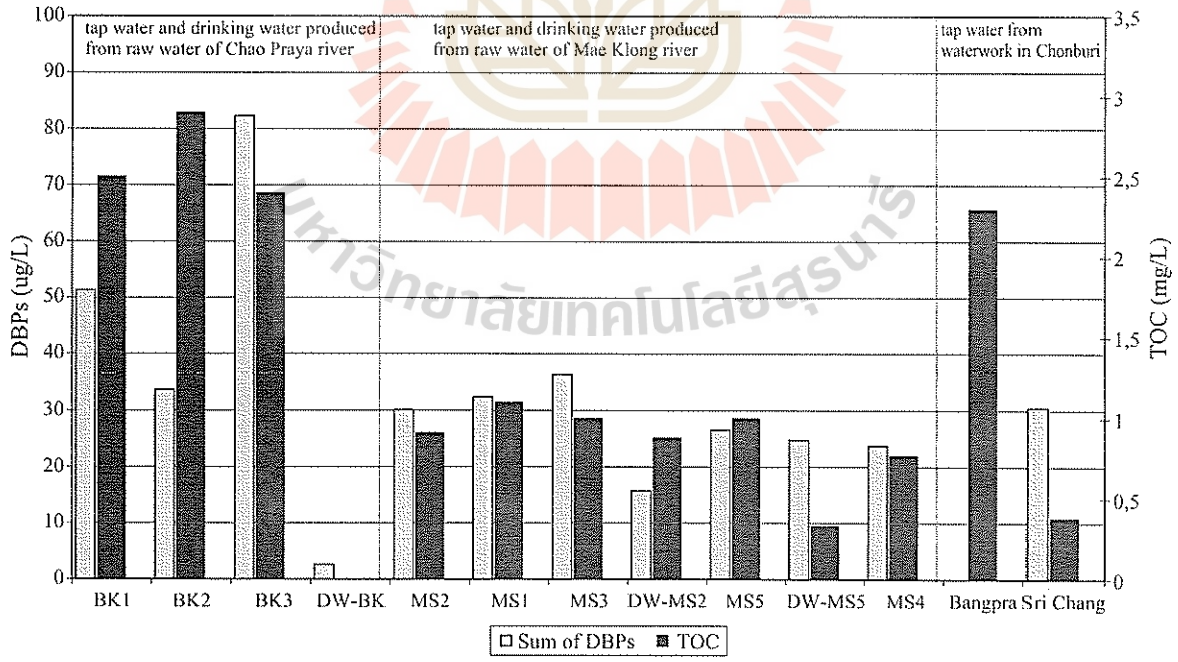


Fig. 4. Disinfection byproducts (DBPs) and total organic carbon (TOC) in tap water and bottled drinking water in Bangkok and raw water and tap water in Chonburi.

back to the cleaning process of the machines with surfactants.

3.3.3. Disinfection by-products

Disinfection by-products (DBP) were detectable in almost all tap waters and bottled drinking waters which were produced from tap waters. In particular, three disinfection by-products, trichloromethane, bromodichloromethane and dibromochloromethane, were found in the samples under investigation. The levels determined are shown in Fig. 4. The tap waters produced from raw water of Chao Praya river (BK*) contained higher concentrations of disinfection by-products despite the lower concentration of chlorine used during the prechlorination process (Fig. 2). However, since the TOC levels were also higher in this raw water, the formation of DBPs is more likely.

Samples from two waterworks in Chonburi province were also analysed for disinfection by-products. The tap water from Sri Chang Island waterworks gave a total of disinfection by-products concentration level (30 μg/L) similar to the tap water from Mahasawat waterworks. Surprisingly, DPBs were not detected in the sample from Bangpra waterworks although the TOC of tap water from Bangpra (2.3 mg/L) was equivalently as high as the tap water from Bangkean.

DBPs and TOC were also found in bottled drinking water. Bottled drinking waters DW-MS3 and DW-MS5 were produced by UV disinfection from tap water MS3 and MS5, respectively (Figs. 1 and 4). The UV disinfection process is not to be considered in removing significantly TOC and DBPs from water. In contrast, the drinking water DW-BK, which was produced by activated carbon filtration followed by reverse osmosis and UV disinfection, contained low amounts of DBPs although it was produced from tap water that contained high concentrations of DBPs (BK).

4. Conclusion

One of Thailand's most critical environmental problems is water pollution. Moreover, Thailand has the lowest volume of surface water per person, compared to other Asian countries (World Bank, 2000). This study covered the selected micropollutants that might be relevant for drinking water production. All analyses performed in this study showed that the overall pollution of the investigated surface waters in Thailand is quite low compared to other recent data available from literature for other regions with similar infrastructure and population. For example, the anionic surfactant concentration is much lower than data reported for, e.g. the Philippines, Brazil and Taiwan, where values up to 155 μg/L were reported (Eichhorn et al., 2001, 2002). However, several compounds which have already been banned in Europe and US such as some halogenated pesticides are still used in Thailand. These pesticides should also be replaced by environment-friendly chemicals or biological/environmental control.

However, even if at present, the pesticide residues in surface water are detected in a relatively lower range, the treatment processes for tap water and bottled drinking water production have been shown here to be inadequate for completely removing micropollutants. It can be recommended that other additional water treatment steps, such as active charcoal filtration and subsoil passage, complemented by laboratory experiments on the elimination of pollutants at low concentration, be investigated to further improve Thailand's chemical water quality. The finding of this study has made it possible to propose new water quality and guidelines for these micropollutants.

To date, National Environment Board has prescribed drinking water quality including bottled drinking water quality standards and groundwater quality standards for drinking purposes (PCD, 2002). These water quality standards set limits for only 30 parameters and micropollutants such as pesticides are not included. The Thai Government should upgrade the water quality standards in an effort to reduce water pollution and also assure safe drinking water supply. Additionally, there is a need for monitoring program. The assessment of water quality based on the evaluation of BOD, DO, TCB and other parameters in present regulation is not enough. Widening the quality assessment to micropollutants is desirable. To address this problem, Thailand need to develop a regulation and an integrated approach for management of drinking water resources.

However, one has to keep in mind that only the chemical water quality in Thailand has been addressed here, whereas the microbial and much more important parameters regarding drinking water safety were not investigated at all.

Acknowledgements

The authors are grateful to the BMBF for financially supporting the research project (project no. 02WT0280. Helpful proof reading from Dr. L. Bonnington is gratefully acknowledged. We also thank Bernd Maes for GC/MS analysis of organochlorine pesticides.

References

Boonyatumanond R, Jaksakul A, Boonchalermkit S, Puncharoen P, Tabucanon MS. Monitoring of persistent organochlorine pesticides and phenols in the coastal hydrosphere in Thailand. Proceedings on Industries and EDC Pollution, 16–17 April 2001, Seoul, Korea, UNU.

Colin A. Surfactants for emerging markets in Asia/Pacific, 1996–2010. Houston & Associates.

Eichhorn P, Flavier MF, Paje ML, Knepper TP. Occurrence and fate of linear and branched alkylbenzenesulfonates and their metabolites in surface waters in the Philippines. Sci Total Environ 2001;269:75–85.

Eichhorn P, Rodrigues SV, Baumann W, Knepper TP. Incomplete degradation of linear alkylbenzene sulfonate surfactants in Brazilian surface waters and pursuit of their polar metabolites in drinking waters. Sci Total Environ 2002;284:123–34.

Haapala U. Urbanization and water: The stages of development in Latin America, South–East Asia, and West Africa. Master's thesis, Helsinki University of Technology, Finland; 2002.

Jungbluth F. Analysis of crop protection policy in Thailand. TDRI Q Rev 1997;12:16–23.

Knepper TP, Peschka M, Miller J, Gabriel S, Seel P. accepted for publication in: THE HANDBOOK OF ENVIRONMENTAL CHEMISTRY; Editor-in-Chief: Prof. O. Hutzinger; VOLUME 5 SERIES WATER POLLUTION: THE RHINE.

Knepper TP, Sacher F, Lange FT, Brauch HJ, Karrenbrock F, Roerden O, et al. Detection of polar organic substances relevant for drinking water. Waste Management 1999;19:77–99.

Knepper TP, Berna JL. Surfactants: Properties, Production, and Environmental Aspects. In: Knepper TP, Barcelo D, de Voogt P, editors. Analysis and Fate of Surfactants in the Aquatic Environment, Wilson & Wilson's Comprehensive Analytical Chemistry, volume XL. Elsevier; 2003. p. 1–50.

Kwanyuen B, Cherdchanpipat N, Sathoh M. Effect of irrigation to river water quality at Thamaka irrigation project. Workshop on Sustainable Management of The Mae Klong River Basin, 12 October 1999, Bangkok, Thailand.

Metropolitan Waterworks Authority (MWA). Annual report 2003.

Molle F. The closure of the Chao Praya river basin in Thailand: its causes, consequences and policy implications. Conference on Asian Irrigation in Transition—Responding to the Challenges Ahead. 22–23 April 2002, Bangkok, Thailand p. 1–16.

PANAP F. Endosulfan datasheet. Pesticide Action Network—Asia and the Pacific, Penang, Malaysia, June p. 6.

Pollution Control Department. State of Thailand's Pollution in Year 2002.

Shetty PK, Mitra J, Murthy NBK, Namitha KK, Savitha KN, Raghu K. Biodegradation of cycodiene insecticide endosulfan by *Mucor thermohyalospora* MTCC 1384. Curr Sci 2000;79: 1381–3.

Simachaya W, Watanamahart P, Kaewkrajang V, Yenpiem A. Water quality situation in the Chao Praya delta. Proceeding of the International Conference The Chao Phraya Delta: Historical Development, Dynamics and Challenges of Thailand's Rice Bowl, December, Bangkok, Thailand. p. 1–21.

US Environmental Protection Agency Nationwide disinfection by products occurrence study. National Exposure Research Laboratory. November.

World Bank. Thailand Environment Monitor 2000.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

617326 การประปาเมืองและชนบท

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัปดาห์ที่ 3

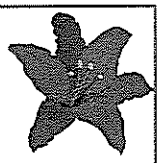
- คุณลักษณะสมบัติน้ำทางด้านชีวภาพ

- มาตรฐานการใช้น้ำประปาเพื่อกิจการต่าง ๆ

วัตถุประสงค์

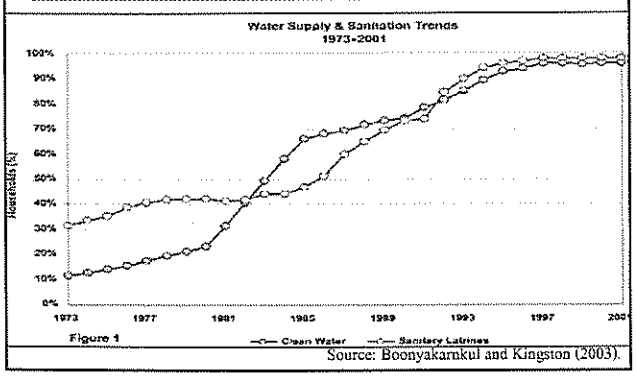
1. น.ศ. สามารถอธิบายลักษณะสมบัติของน้ำทางด้านชีวภาพได้อย่างถูกต้อง
2. น.ศ. สามารถอธิบายมาตรฐานการใช้น้ำประปาเพื่อกิจการต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

หัวข้อ: คุณสมบัติน้ำทางชีววิทยา



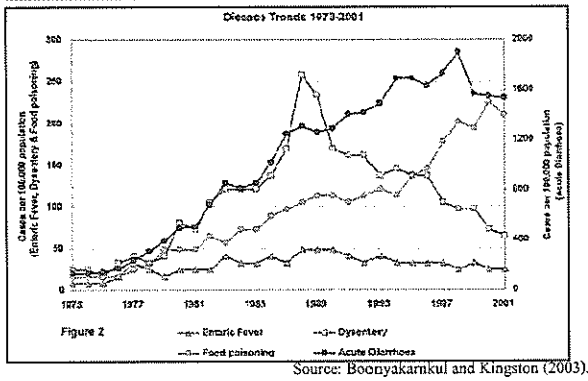
- Waterborne Disease
- แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำ
- การวิเคราะห์หา Bacteria ในน้ำ
- สารกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำ
- ลักษณะสมบัติทางด้านการกัดกร่อนของน้ำ

Thailand Water supply and Sanitary Trends 1973-2001



Source: Boonyakarnkul and Kingston (2003).

Disease Trends in Thailand (1973-2001)



Source: Boonyakarnkul and Kingston (2003).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Cases of Acute Diarhoea in Thailand

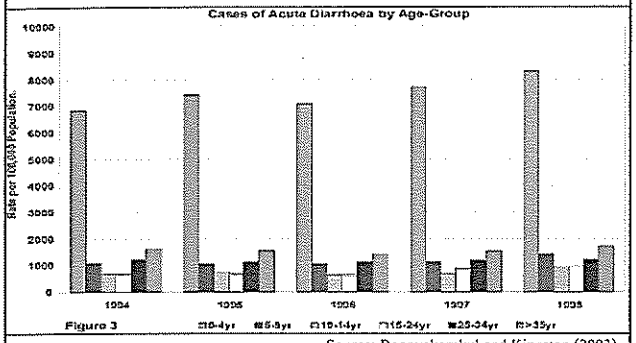
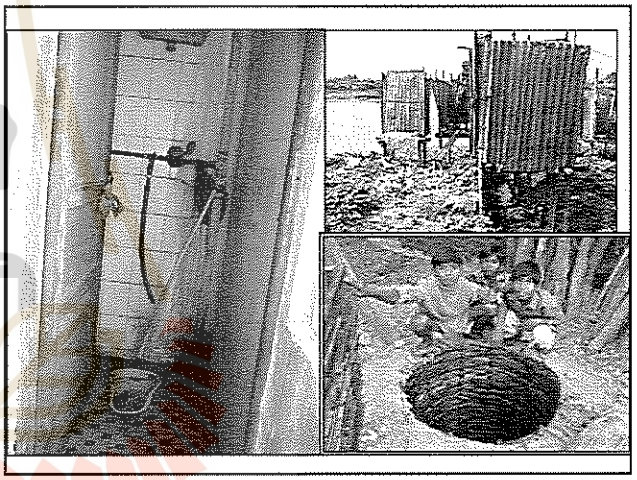


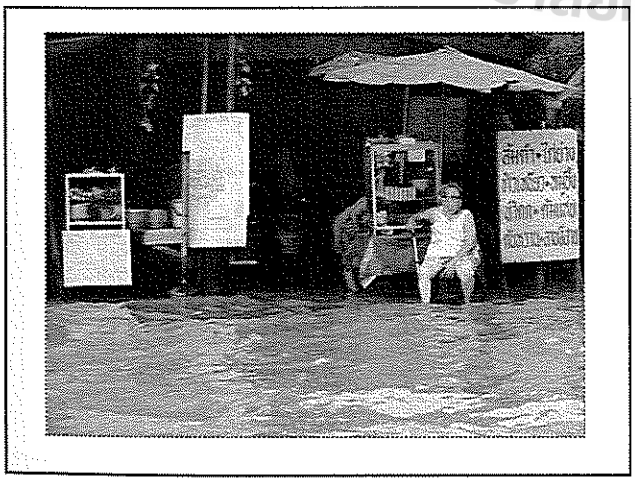
Figure 3

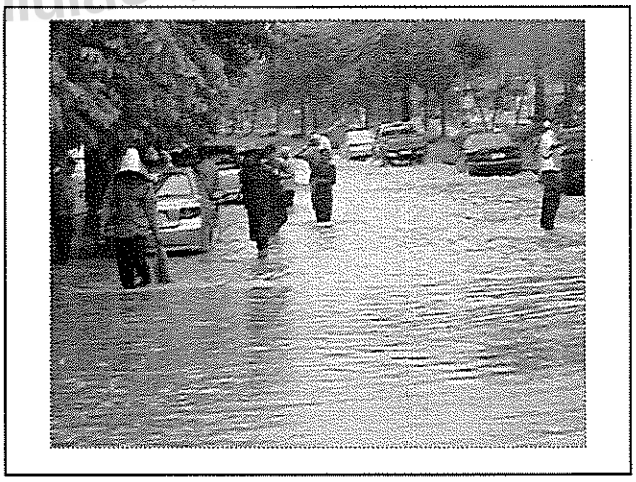
Source: Boonyakarnkul and Kingston (2003).

Water borne disease

คุณเห็น ภาพนี้ แล้ว คุณรู้สึกอย่างไร?

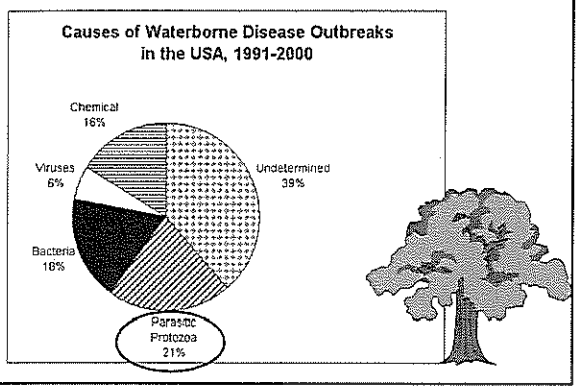






มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลักษณะสมบัติของน้ำทางด้านชีวภาพ



ลักษณะสมบัติของน้ำทางด้านชีวภาพ

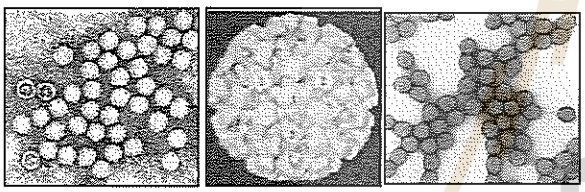
Waterborne Disease โรคติดต่อทางน้ำ

1. Pathogenic microorganism

1.1 Virus : ไวรัสตับอักเสบเอ โปลิโอ

1.2 Bacteria

- อหิวาตกโรค ไข้รากสาด โรคบิด



Enterovirus **Reovirus** **Rotavirus**

1.3 Protozoa : โรคบิดอะมีบิค

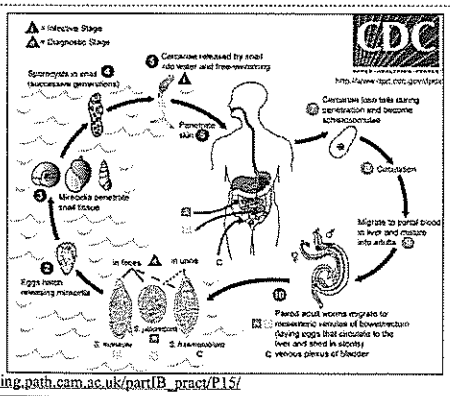
1.4 Helminth :

- โรคพยาธิใส้เดือนกลม

- โรคพยาธิเข็มหมุด

- โรคพยาธิใบไม้ปอด

Life cycle of *Schistosoma spp.*



Source: teaching.path.cam.ac.uk/partIB_pract/P15/

2. Nonpathogenic microorganism

- จุลินทรีย์ที่ไม่มีผลต่อการเจ็บป่วยหรือเป็นเชื้อโรค ไม่มีความสำคัญทางสุขภาพอนามัย
- บางชนิดจัดให้เป็นตัวชี้ความสกปรกหรือความเน่าเสีย (Pollution Indicator)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำ

1. Pathogenic Bacteria

- Enteric pathogens สามารถทำให้เกิดโรคได้ในคน เจริญได้ดีที่ 37° C
- บิด อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ ฯลฯ

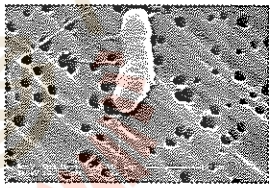
2. Non-Pathogenic Bacteria

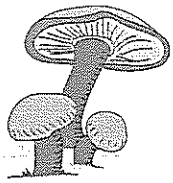
- พวกที่อยู่ในลำไส้คนและสัตว์มากที่สุด
- Coliform bacteria อยู่ในลำไส้สัตว์เลือดอุ่น
- ใช้เป็นดัชนีในการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านแบคทีเรีย

สาเหตุที่เลือก Coliform Bacteria เป็นดรรชนีในการตรวจวัดคุณภาพน้ำเพราะ...

1. สามารถย่อยน้ำตาล Lactose ได้กรดและ CO_2 มาก
2. เป็นเชื้อที่พบมากในอุจจาระคน
3. มีชีวิตอยู่ได้นานกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น

4. ใช้เป็นเครื่องชี้ความสกปรกของน้ำ
5. ถ้าพบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ต้องพบเชื้อโรคชนิดอื่นด้วย



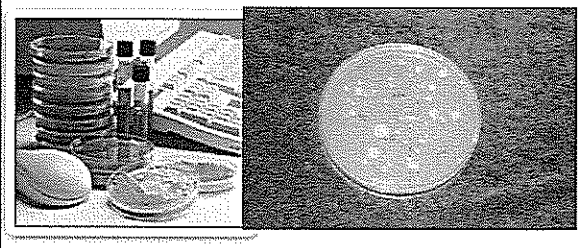


การวิเคราะห์หา Bacteria ในน้ำ

1. Total Plate Count

- นำน้ำตัวอย่างมาเพาะเชื้อในตู้อบ อุณหภูมิ 35-37 ^{0}C นาน 24-48 ชม.
- Total count ไม่เกิน 500 โคโลนี/มล.

Total Plate Count



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. การตรวจหา Coliform bactetria

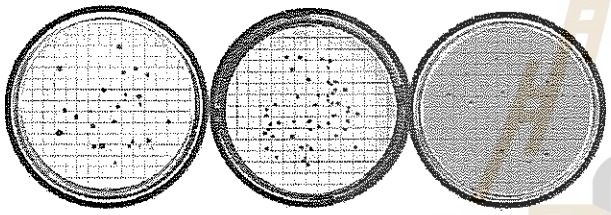
- *Escherichia coli* (E.*coli*)

- *Aerobacter aerogenes* (A.*aerogenes*)

- Multiple Tube Technique
- MPN ต้องน้อยกว่า 2.2 MPN/100 ml.

3. การตรวจหา E.coli

- Membrane Filter Technique
- กรองน้ำผ่านเยื่อกรอง Cellulose acetate หรือ Glass filter
- ต้องไม่พบ E.coli เลย



Fecal Coliform E. Coli Total Coliform

สารกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำ

1. Cesium-137

- ปล่อยรังสีแกมม่า
- มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายโปแตสเซียม

2. Strontium-90

- ปล่อยรังสีเบต้า
- มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายแคลเซียม

ลักษณะสมบัติทางด้านการกัดกร่อนของน้ำ

เพื่อให้น้ำประปามีความต้านทานไม่ทำปฏิกิริยาการกัดกร่อนกับท่อประปา ควรมีคุณสมบัติดังนี้

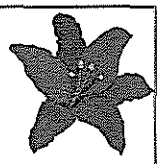
1. ควรมีหินปูนละลายประมาณ 4-10 มก./ล.
2. ควรมีแคลเซียม ไม่น้อยกว่า 40 มก./ล.

3. ควรมีค่าความเป็นด่างไม่น้อยกว่า 40 มก./ล.
4. อัตราส่วนความเป็นด่างต่อผลรวมของคลอไรด์และซัลเฟต ไม่ควรน้อยกว่า 5
5. พีเอช ค่าอยู่ระหว่าง 6.8 - 7.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

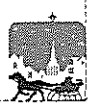
สรุป: คุณสมบัติน้ำทางชีววิทยา

- Waterborne Disease
- แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำ
- การวิเคราะห์หา Bacteria ในน้ำ
- สารกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำ
- ลักษณะสมบัติทางด้านการกัดกร่อนของน้ำ



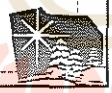
มาตรฐานการใช้น้ำเพื่อกิจการต่างๆ

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค
- มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท
- มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค
- มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน



มาตรฐานการใช้น้ำเพื่อกิจการต่างๆ (ต่อ)

- มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก
- มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำทางบักเตรี
- INTERNATIONAL STANDARDS FOR DRINKING – WATER
- มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

- คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี รส กลิ่น ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง
- คุณสมบัติทางเคมี เช่น Total Solid Fe Mn Cu Zn Ca.. etc
- สารเป็นพิษ เช่น Hg Pb CN Cd Ba
- คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา เช่น MPN E.Coli

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ.2521)

มาตรฐานน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

- คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี รส กลิ่น ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง
- คุณสมบัติทางเคมี เช่น Total Solid Total Hardness As Ba Cd..etc
- คุณสมบัติทางบัคเตรี เช่น Coliform E.Coli จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524)

มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

- คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี ความขุ่น ความเป็นกรด-ด่าง
- คุณสมบัติทางเคมี เช่น Fe Mn Cu TDS ..etc
- สารพิษ เช่น As CN Pb
- คุณสมบัติทางบัคเตรี เช่น Total Plate Count MPN E.Coli

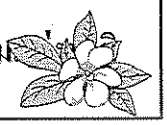
ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2542)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

- VOC เช่น Benzene CCl_4
- Heavy Metal เช่น Cd Cu Pb Mn ..etc
- Pesticide เช่น Chlordane Diedrin DDT
- สารพิษอื่นๆ เช่น Pyrene Cyanide PCBs

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2543)



มาตรฐานน้ำดิบ ของ WHO

- คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี
- คุณสมบัติทางเคมี เช่น TDS Fe Mn Cu Zn ..etc
- สารพิษ เช่น As CN Pb
- คุณลักษณะด้านมลภาวะ เช่น COD BOD NO_3 NH_3

มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำทางบักเตรี

International Standard for Drinking

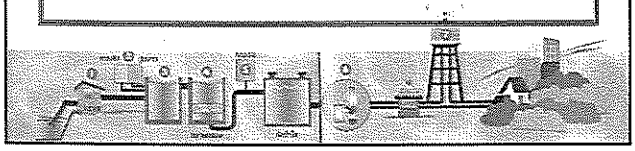
- Compound effecting the portability of water
- Compounds hazardous to health
- Toxic Substances
- Chemical Indicator for Pollution
- Bacteriological Standard

มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ของ กปน.

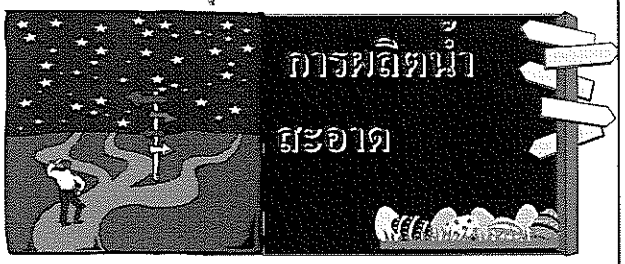
- คุณสมบัติทางแบคทีเรีย เช่นTotal Coliform, E. Coli
- คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ เช่น สี ความขุ่น TDS Fe Mn Cu Zn ..etc
- Pesticide เช่น Aldrin Diedrin
- Trihalomethane เช่น Chloroform
- กัมมันตรังสี เช่น Gross Alpha activity

สรุป

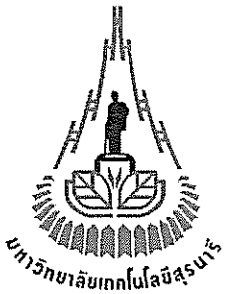
- คุณลักษณะสมบัติน้ำทางด้านชีวภาพ
- มาตรฐานการใช้น้ำประปาเพื่อกิจการต่าง ๆ



Next Week



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



เอกสารประกอบการเรียน

617326 การประปาเมืองและชนบท

Urban and Rural Water Supply

เรื่อง

มาตรฐานคุณภาพน้ำ

อ.ดร. ประพัฒน์ เป็นตามวา

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม

สำนักวิชาแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค	3
มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท	5
มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค	7
มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน	8
มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก	11
มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำทางบักเตรี	12
INTERNATIONAL STANDARDS FOR DRINKING – WATER	12
มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง	14
แหล่งอ้างอิง	14

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด (Maximum Allowable Concentration)
ทางกายภาพ	1.สี (Colour)	ปลาตินัม-โคบอลต์ (Platinum-Cobalt)	5	15
	2.รส (Taste)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	3.กลิ่น (Odour)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	4.ความขุ่น (Turbidity)	ซิลิกา สเกล ยูนิต (Silica scale unit)	5	20
	5.ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	-	6.5-8.5	9.2
ทางเคมี	6.ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	500	1,500
	7.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	0.5	1.0
	8.มังกานีส (Mn)	มก./ล.	0.3	0.5
	9.เหล็กและมังกานีส (Fe& Mn)	มก./ล.	0.5	1.0
	10.ทองแดง (cu)	มก./ล.	1.0	1.5
	11.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	5.0	15.0
	12.คัลเซียม (Ca)	มก./ล.	75[b]	200
	13.แมกนีเซียม (Mg)	มก./ล.	50	150
	14.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	200	250[c]
	15.คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	250	600
	16.ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล.	0.7	1.0
	17.ไนเตรต (NO_3)	มก./ล.	45	45
	18.อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (Alkylbenzyl Sulfonate,ABS)	มก./ล.	0.5	1.0
	19.ฟีโนลิกซับสแตนซ์(Phenolic substances as phenol)	มก./ล.	0.001	0.002

สำนักวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารเป็นพิษ	20.ปรอท (Hg)	มก./ล.	0.001	-
	21.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	0.05	-
	22.อาร์เซนิก (As)	มก./ล.	0.05	-
	23.ซิลิเนียม (Se)	มก./ล.	0.01	-
	24.โครเมียม (Cr hexavalent)	มก./ล.	0.05	-
	25.ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล.	0.2	-
	26.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	0.01	-
	27.แบเรียม (Ba)	มก./ล.	1.0	-
ทางจุลชีววิทยา	28.แสตนดาร์ดเพลตเคานต์ (Standard Plate Count)	โคโลนีต่อลูบาศก์เซนติเมตร (Colonies/cm^3)	500	-
	29.เอ็มพีเอ็น (MPN)	โคลิฟอร์มออร์แกนิสซัมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร (Coliform Organism/100 cm^3)	น้อยกว่า 2.2	-
	30.อีโคไล (E.coli)		ไม่มี	-

หมายเหตุ: "เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราวและน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในระหว่างเกณฑ์กำหนดสูงสุด กับเกณฑ์อนุโลมสูงสุดนั้นไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

[b]หากคัลเซียมมีปริมาณสูงกว่าที่กำหนด และมักเนเซียม มีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดในมาตรฐานให้พิจารณาคัลเซียมและมักเนเซียมในเทอมของความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) ถ้ารวมความกระด้างทั้งหมดเมื่อคำนวณเป็นคัลเซียมคาร์บอเนต มีปริมาณต่ำกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐานการแบ่งระดับความกระด้างของน้ำดังต่อไปนี้

0 ถึง 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เรียก น้ำอ่อน

75 ถึง 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เรียก น้ำกระด้างปานกลาง

150 ถึง 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เรียก น้ำกระด้าง

300 มิลลิกรัมต่อลิตร เรียก น้ำกระด้างมาก

[c]หากซัลเฟต มีปริมาณถึง 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มักเนเซียม ต้องมีปริมาณไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (มิลลิกรัมต่อลิตร = มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร)

แหล่งที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 68 ลงวันที่ 4 กรกฎาคม 2521

มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์อนุโลมสูงสุด)
ทางกายภาพ	1.สี (Colour)	ฮาเซนยูนิต(Hazen)	20
	2.กลิ่น(Odour)	-	ไม่มีกลิ่น (ไม่รวมกลิ่นคลอรีน)
	3.ความขุ่น(Turbidity)	ซิลิกาสเกลยูนิต (silica scale unit)	5
	4.ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-8.5
ทางเคมี	5.ปริมาณสารทั้งหมด(Total Soilds)	มก./ล.	500
	6.ความกระด้างทั้งหมด(Total Hardness) (คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต)	มก./ล.	100
	7.สารหนู (As)	มก./ล.	0.05
	8.แบเรียม (Ba)	มก./ล.	1.0
	9.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	0.005
	10.คลอไรด์ (Cl, คำนวณเป็นคลอรีน)	มก./ล.	250
	11.โครเมียม (Cr)	มก./ล.	0.05
	12.ทองแดง (cu)	มก./ล.	1.0
	13.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	0.3
	14.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	0.05
	15.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	0.05
	16.ปรอท (Hg)	มก./ล.	0.002
	17.ไนเตรต (NO_3-N, คำนวณเป็นไนโตรเจน)	มก./ล.	4.0
	18.ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	0.001
	19.ซิลิเนียม (Se)	มก./ล.	0.01
	20.เงิน (Ag)	มก./ล.	0.05
	21.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	250

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

	22.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	5.0
	23.ฟลูออไรด์ (F) (คำนวณเป็นฟลูออรีน)	มก./ล.	1.5
	24.อะลูมิเนียม	มก./ล.	0.2
	25.เอบีเอส (Alkylbenzene Sulfonate)	มก./ล.	0.2
	26.ไซยาไนด์	มก./ล.	0.1
ทางบัคเตรี	27.โคลิฟอร์ม (Coliform)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	2.2
	28.อี.โคไล (E.Coli)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	ตรวจไม่พบ
	29.จุลินทรีย์ทำให้เกิดโรค(Disease-causing bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	ตรวจไม่พบ

แหล่งที่มา: ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 98 ตอนที่ 157 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 24 กันยายน 2524 ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติมโดย ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 ตีพิมพ์ในหนังสือราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอนที่ 61 ลงวันที่ 2 เมษายน 2534

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
ทางกายภาพ	1.สี(Colour)	ปลาตินัม-โคบอลต์	5	15
	2.ความขุ่น(Turbidity)	หน่วยความขุ่น	5	20
	3.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	7.0-8.5	6.5-9.2
ทางเคมี	4.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.5	1.0
	5.มังกานีส (Mn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.3	0.5
	6.ทองแดง (cu)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 1.0	1.5
	7.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 5.0	15.0
	8.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 200	250
	9.คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 250	600
	10.ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 0.7	1.0
	11.ไนเตรด (NO_3)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 45	45
	12.ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness as $CaCO_3$	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 300	500
	13.ความกระด้างถาวร (Non carbonate hardness as $CaCO_3$	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 200	250
	14.ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total disslved solids)	มก./ล.	ไม่เกินกว่า 600	1,200
สารพิษ	15.สารหนู (As)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	16.ไซยาไนด์ (CN)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.1
	17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.05
	18.ปรอท (Hg)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.001
	19.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01
	20.ซิลิเนียม (Se)	มก./ล.	ต้องไม่มีเลย	0.01
ทางบักเตรี	21.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count	โคโลนีต่อ ลบ.ซม.	ไม่เกินกว่า 500	-
	22.บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธี Most Probable Number (MPN)	เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 ลบ.ซม.	น้อยกว่า 2.2	-
	23.อี.โคไล (E.coli)	-	ต้องไม่มีเลย	-

แหล่งที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 29 ง ลงวันที่ 13 เมษายน 42

มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
1.สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound) 1) เบนซีน (Benzene)	ไมโครกรัม/ลิตร	ต้องไม่เกิน 5	วิธี Purge and Trap Gas Chromatography หรือวิธี Purge and Trap Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
3) 1,2 - คลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
4) 1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 7	"
5) ซิส -1,2 - ไดคลอโรเอทธิลีน (cis-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 70	"
6) ทรานส์ -1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (trans-1,2-Dichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 100	"
7) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
8) เอทธิลเบนซีน (Ethylbenzene)	"	ต้องไม่เกิน 700	"
9) สไตรีน (Styrene)	"	ต้องไม่เกิน 100	"
10) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachoroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
11) โทลูอีน (Toluene)	"	ต้องไม่เกิน 1,000	"
12) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
13) 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 200	"
14) 1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane)	"	ต้องไม่เกิน 5	"
15) ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes)	"	ต้องไม่เกิน 10,000	"
2. โลหะหนัก (Heavy metals) 1) แคดเมียม (Cadmium)	มิลลิกรัม/ลิตร	ต้องไม่เกิน 0.003	วิธี Direct Aspiration/Atomic Absorption Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent	"	ต้องไม่เกิน 0.05	"

Chromium)			
3) ทองแดง (Copper)	"	ต้องไม่เกิน 1.0	"
4) ตะกั่ว (Lead)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	"
5) แมงกานีส (Manganese)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	"
6) นิกเกิล (Nickel)	"	ต้องไม่เกิน 0.02	"
7) สังกะสี (Zinc)	"	ต้องไม่เกิน 5.0	"
8) สารหนู (Arsenic)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	วิธี Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
9) ซีลีเนียม (Selenium)	"	ต้องไม่เกิน 0.01	"
10) ปรอท (Mercury)	"	ต้องไม่เกิน 0.001	วิธี Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry/Plasma Emission Spectroscopy หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides) 1) คลอเดน (Chlordane)	ไมโครกรัมต่อลิตร	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromtography/Mass Spectrometry หรือวิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) ดิลดริน (Dieldrin)	"	ต้องไม่เกิน 0.03	"
3) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor)	"	ต้องไม่เกิน 0.4	"
4) เฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ (Heptachlor Epoxide)	"	ต้องไม่เกิน 0.2	"
5) ดีดีที (DDT)	"	ต้องไม่เกิน 2	"
6) 2,4-ดี (2,4-D)	"	ต้องไม่เกิน 30	วิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
7) อะทราซีน (Atrazine)	"	ต้องไม่เกิน 3	"
8) ลินเดน (Lindane)	"	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography (Method I) หรือวิธีอื่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

			ที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
9) เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	"	ต้องไม่เกิน 1	วิธี Liquid - Liquid Extraction Chromatography หรือวิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4. สารพิษอื่น ๆ 1) เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene)	ไมโครกรัมต่อลิตร	ต้องไม่เกิน 0.2	วิธี Liquid - Liquid Extraction Chromatography หรือวิธี Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatography/Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) ไซยาไนด์ (Cyanide)	"	ต้องไม่เกิน 200	วิธี Pyridine Barbituric Acid หรือวิธี Colorimetry หรือวิธี Ion Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) พีซีบี (PCBs)	"	ต้องไม่เกิน 0.5	วิธี Liquid - Liquid Extraction Gas Chromatography (Method II) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4) ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	"	ต้องไม่เกิน 2	วิธี Purge and Trap Gas Chromatography หรือวิธี Purge and Trap Gas Chromatography Mass Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ

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

2. วิธีการเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำใต้ดินให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

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

มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำทางบักเตรี

การแบ่งชั้น	MP/100 ml. coliform bacteria
ชั้นที่ 1 แหล่งน้ำมีคุณลักษณะเพียงผ่านกรรมวิธี ฆ่าเชื้อโรค จึงใช้เป็นน้ำประปาได้	0 - 50
ชั้นที่ 2 แหล่งน้ำมีคุณลักษณะทางบักเตรีที่ต้องผ่านกรรมวิธีการตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค จึงใช้เป็นน้ำประปาได้	50 - 5000
ชั้นที่ 3 แหล่งน้ำมีปริมาณมลพิษเพิ่มขึ้นจำเป็นต้องใช้กรรมวิธีเพิ่มเติมจากที่ได้ระบุไว้ในชั้นที่ 2 จึงใช้เป็นน้ำประปาได้	5000 - 50000
ชั้นที่ 4 แหล่งน้ำมีปริมาณมลพิษมากไม่อาจใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการประปาได้ เว้นไว้แต่ว่าได้ผ่านกรรมวิธีพิเศษ ซึ่งได้ออกแบบไว้เป็นการเฉพาะแห่งให้ใช้แหล่งน้ำนั้น เมื่อไม่อาจหลีกเลี่ยงได้	>50000
หมายเหตุ ถ้าพบว่า 40% ของจำนวน coliform bacteria ที่แสดงในค่า pH เป็น Faecal coliform ในแหล่งน้ำใด ให้จัดแหล่งน้ำนั้นอยู่ในชั้นที่สูงขึ้นไป (คือ มีความสกปรกมากขึ้น)	

INTERNATIONAL STANDARDS FOR DRINKING - WATER

1. Compounds Affecting the potability of water	
Substance	*Maximum allowable limit*
- Total dissolved solids	1500 mg/l
- Iron	50 mg/l
- Manganese(assuming that the ammonia content is less than 0.5 mg/l)	5 mg/l
- Copper	1.5 mg/l
- Zine	1.5 mg/l
- Magnesium plus sodium sulfate	1000 mg/l
- Alkyl benzyl sulfonates (ABS : surfactants)	0.5 mg/l
2. Components hazardous to health	
Substance	*Maximum allowable limit*
- Nitrate as NO_3	454 mg/l
- Fluoride	1.5 mg/l
3. Toxic substances	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Substance	*Maximum allowable limit*
- Phenolic substances	0.002 mg/l
- Arsenic	0.05 mg/l
- Cadmium	0.01 mg/l
- Chromium	0.05 mg/l
- Cyanide	0.2 mg/l
- Lead	0.05 mg/l
- Selenium	0.01 mg/l
- Radionuclides(gross beta activity)	1000 mg/l
4. Chemical indicators of pollution	
Indicator	*Maximum limit of pollution*
- Chemical oxygen demand (COD)	10 mg/l
- Biochemical oxygen demand (BOD)	6 mg/l
- Total nitrogen exclusive of NO_3	1 mg/l
- NH_3	0.5 mg/l
- Carbon chloroform (CCE : organic pollutants)	0.5 mg/l
- Grease	1 mg/l
5. Bacteriological Standards	
Classification	*MPN/100 ml coliform bacteria*
- Bacterial quality applicable to disinfection treatment only	0-50
- Bacterial quality requiring conventional methods of treatment(coagulation,Filtretion, disinfection)	50-5000
- Heavy pollution requiring extensive types of treatment	5000-50000
- Very heavy pollution, unacceptable unless special treatment designed for such water are used ; source to be used only when unavoidable	greater than 50000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง

(ตามคำแนะนำของ WHO ปี 2536)

พารามิเตอร์	หน่วย (units)	คำแนะนำ
1.คุณสมบัติทางแบคทีเรีย (Bacteriological quality)		
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total coliform bacteria)	MPN/100 ml	ไม่พบ
แบคทีเรียชนิด อีโคไล (E. coli)	MPN/100 ml	ไม่พบ
2.คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์		
สี ปรากฏ (Apperance colour)	True colour unit	15
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	5
รส และ กลิ่น (Taste and odour)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ
สารหนู (Arsenic)	mg/l	0.01
แคดเมี่ยม (Cadmium)	mg/l	0.003
โครเมี่ยม (Chromium)	mg/l	0.05
ไซอาไนด์ (Cyanide)	mg/l	0.07
ตะกั่ว (Lead)	mg/l	0.01
ปรอท (Mercury)	mg/l	0.001
เซเลเนี่ยม (Selenium)	mg/l	0.01
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	mg/l	1.5
คลอไรด์ (Chloride)	mg/l	250
ทองแดง (Copper)	mg/l	1
เหล็ก (Iron)	mg/l	0.3
แมงกานีส (Manganese)	mg/l	0.1
อลูมิเนี่ยม (Aluminium)	mg/l	0.2
โซเดี่ยม (Sodium)	mg/l	200
ซัลเฟต (Sulfate)	mg/l	250
สังกะสี (Zinc)	mg/l	3
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide)	mg/l	0.05
ปริมาณเมวลสารที่ละลายทั้งหมด (Total dissolved solids)	mg/l	1,000
ไนเตรทในรูปไนโตรเจน (Nitrate as N)	mg/l	10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แอมโมเนียในรูปไนโตรเจน (Ammonia as N)	mg/l	1.5
เบนซิน (Benzene)	mg/l	10
คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	mg/l	2
ไดโครโรมีเทน (Dichloromethane)	mg/l	20
หนึ่ง, สอง-ไดโครโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	mg/l	30
เบนโซไพรีน (Benzo[a]pyrene)	mg/l	0.7
3.สารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (Pesticides)		
อัลดรินและดิลดริน (Aldrin/Dieldrin)	mg/l	0.03
คลอเดน (Chlordane)	mg/l	0.2
ดีดีที (DDT)	mg/l	2
สอง,สี่-ดี (2,4-D)	mg/l	30
เฮปตาคลอและเฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachlor and Heptachlor epoxide)	mg/l	0.03
เฮกซะคลอโรเบนซิน (Hexachlorobenzene)	mg/l	1
ลินแดน (Lindane)	mg/l	2
เมททอกซิคลอ (Methoxychlor)	mg/l	20
เพนตาคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	mg/l	9
4.ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes)		
คลอโรฟอร์ม (Chloroform , $CHCl_3$)	mg/l	200
โบรโมไดคลอโรมีเทน (Bromodichloromethane , $CHBrCl_2$)	mg/l	60
ไดโบรโมคลอโรมีเทน (Dibromochloromethane , $CHBr_2Cl$)	mg/l	100
โบรโมฟอร์ม (Bromoform , $CHBr_3$)	mg/l	100
5.กัมมันตภาพรังสี (Radioactive)		
ความแรงรวมรังสีแอลฟา (Gross alpha activity)	Bq/l	0.1
ความแรงรวมรังสีเบต้า (Gross beta activity)	Bq/l	1

แหล่งอ้างอิง

http://www.mwa.co.th/~ppqcdept/waterq/waterstd.html

http://www.pcd.go.th/Information/Regulations/WaterQuality/WaterQualityStandardsThai.cfm

http://www.pwa.co.th/

การแก้น้ำกระด้าง (Water Softening)

น้ำกระด้าง คือ สารละลายที่มีเกลือของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) , แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) หรือ ไอร์ออนไอออน (Fe^{2+}) ละลายอยู่ เมื่อใช้ฟอกกับสบู่แล้วจะเกิดตะกอนขึ้น (ไคลสบู่) ในการวัดความกระด้างของน้ำ (hardness) เราจะสามารถวัดปริมาณตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่ได้จากน้ำนั้น ปัจจุบันเราแบ่งประเภทของน้ำตามความกระด้างได้ดังนี้

ประเภทของน้ำ	ความกระด้าง (ppm $CaCO_3$)
1. น้ำอ่อน	0 - 50
2. น้ำค่อนข้างอ่อน	51 - 100
3. น้ำกระด้างเล็กน้อย	101 - 150
4. น้ำกระด้างปานกลาง	151 - 200
5. น้ำกระด้าง	201 - 300
6. น้ำกระด้างมาก	> 300

การกำจัดแคลเซียม แมกนีเซียม และความกระด้าง

แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ในน้ำเป็นต้นเหตุทำให้เกิดความกระด้าง (Hardness) ดังนั้น ในผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของน้ำที่มีแคลเซียม และแมกนีเซียมสูง ก็จะมีความกระด้าง ในปริมาณที่สูงตามไปด้วย โดยถ้าหากแคลเซียม อิออน (Ca^{+}) และแมกนีเซียม อิออน (Mg^{+}) ไปรวมกับไบคาร์บอเนต $(HCO_3)^{-}$ จะเกิด $Ca_2(HCO_3)_2$ และ $Mg(HCO_3)_2$ เกิดความกระด้างชั่วคราว แต่ถ้าไปรวมกับอิออนลบชนิดอื่นเช่น SO_4^{-}. Cl^{-} จะเกิดความกระด้างถาวร ดังนั้นในการกำจัดแคลเซียม และแมกนีเซียมออกจากน้ำก็จะทำให้ความกระด้างของน้ำลดลง โดยทั่วไปสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการสร้างผลึก และ วิธีแลกเปลี่ยนไอออน

วิธีการสร้างผลึก (Precipitation))

เมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบของแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) จะพบว่าสารประกอบในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) จะมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำหรือเกิดผลึกได้ง่าย ดังนั้นหลักการกำจัดความกระด้างด้วยวิธีการสร้างผลึกก็คือการเพิ่ม $(CO_3)^{-2}$ และ OH^{-} เพื่อให้เกิดสารประกอบ $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ แล้วตกตะกอนออกมานั่นเอง โดยที่สารเคมีที่นิยมเติมก็คือ ปูนขาว (CaO), โซดาแอซ (Na_2CO_3) และโซดาไฟ (NaOH) โดยในการเลือกสารเคมีและปริมาณสารเคมีที่

จะเติมในทางปฏิบัติ มีหลายวิธีการ เช่น 1. วิธีปูนขาว-โซดาแอซ, 2. วิธีปูนขาว, 3. วิธีโซดาไฟ, 4. วิธีโซดาไฟ-ปูนขาว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังต่อไปนี้

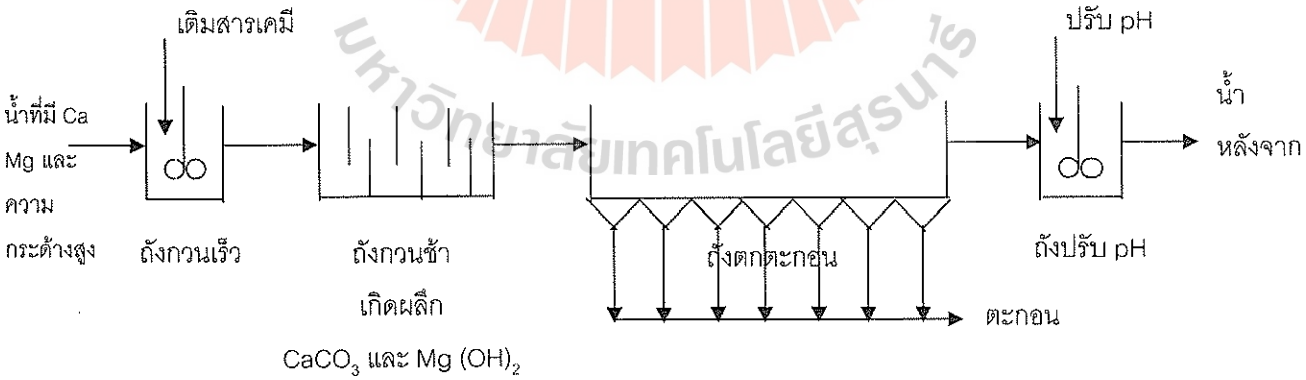
1. ประเภทของความกระด้าง
2. ระดับของความกระด้างที่ต้องการหลังการบำบัด
3. ความยาก-ง่ายในการเดินระบบ
4. ราคาของสารเคมี
5. ปริมาณของตะกอนที่จะเกิดขึ้น

<u>การประยุกต์ใช้กับระบบผลิตน้ำประปา</u>

การกำจัดความกระด้างด้วยวิธีการสร้างผลึก นั้น เริ่มต้นด้วยการเติมสารเคมีลงไปผสมกับน้ำดิบ โดยให้มีอัตราเร็วของการกวนสูงและผสมอย่างทั่วถึง หลังจากนั้นน้ำผสมสารเคมีจะถูกส่งต่อไปยังถังกวนช้า เพื่อให้เกิดการสร้างผลึกของ $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ แล้วตกตะกอนในถังตกตะกอน หลังจากนั้นน้ำที่กำจัดผลึกของ $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ แล้วยังมี pH ค่อนข้างสูง ประมาณ 9-10 จึงต้องมีการปรับ pH ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อไป

ส่วนประกอบสำคัญของขบวนการกำจัดความกระด้างด้วยวิธีตกผลึก ได้แก่

1. ถังกวนเร็ว
2. ถังกวนช้า
3. ถังตกตะกอน
4. ระบบปรับ pH



ภาพแสดงกระบวนการกำจัดแคลเซียม แมกนีเซียม และความกระด้าง

วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange)

การแลกเปลี่ยนประจุ คือ การที่ประจุของสารมลทินในน้ำไปแลกเปลี่ยนกับประจุอิสระของสารตัวกลาง (Ion Exchanger) เช่น ในปฏิกริยาการกำจัดความกระด้าง แคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) และแมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) จะไปแลกเปลี่ยนกับ โซเดียม (Na^{+}) ของสารดังกล่าว ซึ่งเป็นของแข็ง (R) กลายเป็น

$$\left.\begin{matrix} Ca^{2+} \\ Mg^{2+} \end{matrix}\right\} + Na_2R \longrightarrow \left.\begin{matrix} Ca \\ Mg \end{matrix}\right\} R_2 + 2Na^{+}$$

Ca R และ Mg R โดยทั่วไปแล้วสารตัวกลางจะมีลักษณะเป็นรูพรุน (porous) และยอมให้น้ำผ่านได้ (permeable) รูปร่างกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4-0.8 มิลลิเมตร ปัจจุบันสารดังกล่าวที่นิยมใช้ คือ เรซิน (Resin) ซึ่งจะมีสองประเภท คือ เรซินแบบมีประจุอิสระเป็นประจุบวก (Cationic Resin) ซึ่งใช้กำจัดสารมลทินที่มีประจุบวก เช่น แคลเซียม (Ca^{2+}), แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และเรซินแบบมีประจุอิสระเป็นประจุลบ (Anionic Resin) ซึ่งใช้กำจัดสารมลทินที่มีประจุลบ เช่น ซัลเฟต $(SO_4)^{-2}$, ไนเตรท NO^{-}_3 เมื่อใช้งานเรซินไประยะหนึ่งแล้ว ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนประจุของเรซินจะน้อยลง เนื่องจากประจุอิสระถูกแลกเปลี่ยนไปหมด จึงต้องมีการทำรีเจนเนอเรชั่นให้กับเรซิน คือ การเติมประจุอิสระให้กับเรซิน นั่นเอง โดยทั่วไปสารเคมีที่ใช้ในการรีเจอเนอเรชั่นจะได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และกรดซัลฟุริค (H_2SO_4)

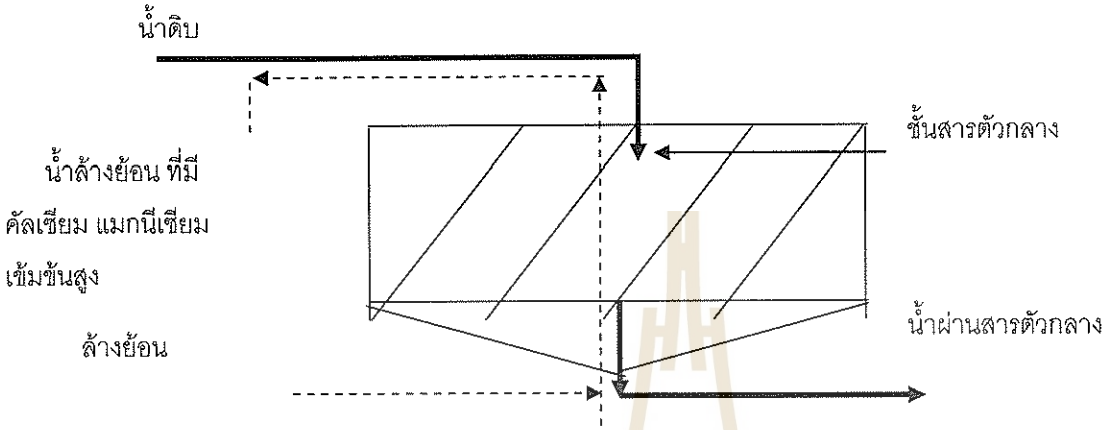
<u>การประยุกต์ใช้กับระบบประปา</u>

การใช้เรซินดังกล่าวข้างต้นมีวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก กล่าวคือ บรรจุเรซินลงในถังแล้วปล่อยน้ำให้ไหลผ่านเรซินที่อัตราการไหลของน้ำตามการออกแบบ โดยทั่วไปแล้วต้องมีการศึกษาและทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการก่อน เพื่อหารายละเอียดการออกแบบ คือ ความหนาของชั้นสารตัวกลาง, ระยะเวลาสัมผัสน้ำ, อัตราการกรองผ่านเรซิน อีกทั้งยังต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบของไอออนของสารอื่นที่มีอยู่ในน้ำด้วยว่าจะมีผลกระทบต่อการแลกเปลี่ยนประจุของแคลเซียม, แมกนีเซียม กับประจุอิสระหรือไม่ ดังนั้นในการเลือกใช้สารตัวกลางนั้น จะต้องมีการศึกษาให้ละเอียดก่อนตัดสินใจเลือกใช้

ข้อควรคำนึงถึง ในการใช้เทคนิคการแลกเปลี่ยนประจุ คือ

1. ควรมีการตรวจสอบอย่างเคร่งครัดถึงประสิทธิภาพ ในการแลกเปลี่ยนประจุของเรซินอย่างสม่ำเสมอโดยวัดความเข้มข้นของ แคลเซียม, แมกนีเซียม เมื่อผ่านเรซินแล้ว หากพบว่า
   ความเข้มข้นของแคลเซียม, แมกนีเซียม มีค่าใกล้ค่ามาตรฐานต้องมีการล้างสารตัวกลาง
   (Regeneration)

2. น้ำล้างทิ้ง ที่เกิดจากการล้างเรซินจะมีปริมาณ แคลเซียม, แมกนีเซียม มาก ดังนั้น ไม่สามารถปล่อยลงแหล่งน้ำได้โดยตรง ต้องผ่านการบำบัดก่อน
3. น้ำดิบควรมีความขุ่นน้อยมาก เนื่องจากความขุ่นจะทำให้สารเรซินอุดตันเร็ว อายุการใช้งานสั้นลง



ภาพแสดงถังแลกเปลี่ยนประจุ

แหล่งอ้างอิง

1. Howard s. Peavy et. al., Environmental Engineering, McGRAW-HILL, 1985.
2. Susumu Kawamura, Integrated design of water treatment facilites., JOHN WILEY & SONS, INC, 1991
3. มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, วิศวกรรมการประปา เล่ม 2, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2532
4. http://www.udomsuksa.ac.th/Latphrao/student/chemistry/chem0_2.html
5. http://www.dwr.go.th/

ระบบผลิตน้ำประปา
(Water Treatment Unit)

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์

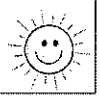
1. น.ศ. สามารถอธิบายวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างถูกต้อง
2. น.ศ. สามารถอธิบายหลักการออกแบบระบบผลิตน้ำประปาประเภทต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

3. น.ศ. สามารถอธิบายวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไปนี้ได้อย่างถูกต้อง
   - การปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้น
   - การเติมอากาศ (Aeration)
   - การปรับพีเอช

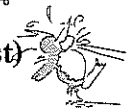
ระบบผลิตน้ำประปา
(Water Treatment Unit)

วัตถุประสงค์การน้ำสะอาด

1. ผลิตน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคได้อย่างปลอดภัย (Safe)
   - ลดอัตราการเจ็บป่วยและตาย



2. น้ำประปาที่ได้มีลักษณะน่าดื่มน่าใช้ (Appealing to the consumer)
3. การออกแบบระบบการผลิตต้องให้ได้กรรมวิธีที่ประหยัดที่สุดในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Capital and Operating Cost)



หลักเกณฑ์ทั่วไปในการผลิตน้ำประปา

1. ต้องไม่มีเชื้อจุลชีพ

2. ต้องไม่มีสารอินทรียแขวนลอยและละลายอยู่ในน้ำ
3. ต้องกำจัดก๊าซต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ
4. ต้องกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ เช่น Fe

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. ต้องกำจัดสารพิษอันตรายต่างๆ เช่น Pb, Cd, Phenol and CN^-

6. ต้องกำจัดสีต่างๆ

7. ต้องกำจัดกลิ่นและรสให้ได้มากที่สุด

8. ต้องทำให้น้ำประปาเป็นที่พอใจของผู้ใช้

คุณลักษณะของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดิน	น้ำผิวดิน
สารประกอบทั่วไปไม่เปลี่ยนแปลง	สารประกอบทั่วไปอาจแตกต่างกันได้
แร่ธาตุ กระด้างมากกว่า	แร่ธาตุ กระด้างน้อยกว่า
ความขุ่น สีน้อยกว่า	ความขุ่น สีมากกว่า
จุลชีพ DO น้อย	จุลชีพ DO สูงกว่า
อาจพบ H,S Fe Mn ได้	อาจพบสารพิษได้

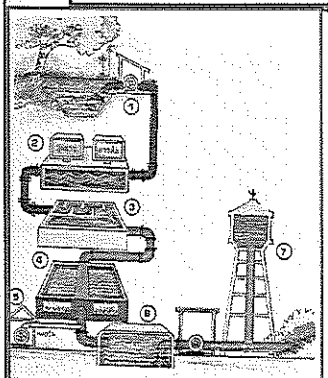
หลักการออกแบบระบบผลิตน้ำประปา

1. ความแข็งแรงและอายุการใช้งาน
2. กำลังการผลิต
3. ประสิทธิภาพการทำงาน
4. ความประหยัด

หลักการออกแบบระบบผลิตน้ำประปา

5. วิธีควบคุมการทำงาน
6. ความสวยงาม

ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา



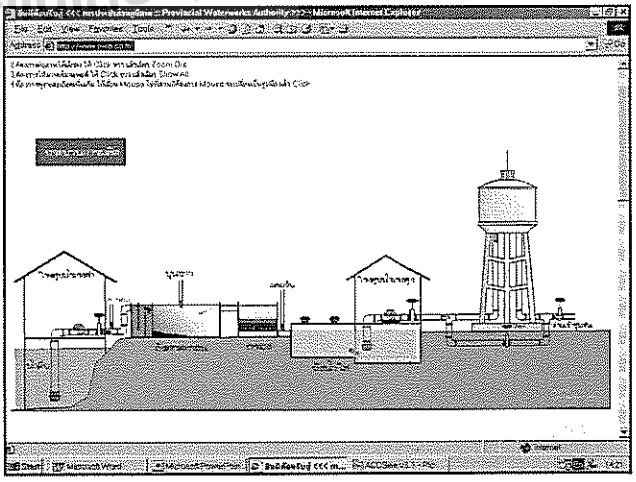
1) Screening,Pre-sediment

2,3) Coagulation-Flocculation

(4) Filtration

(5) Disinfection

(6) Clear Water tank



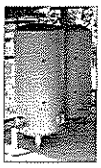
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประเภทการผลิตประปา

1. ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่

2. ระบบประปาผิวดิน

3. ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่



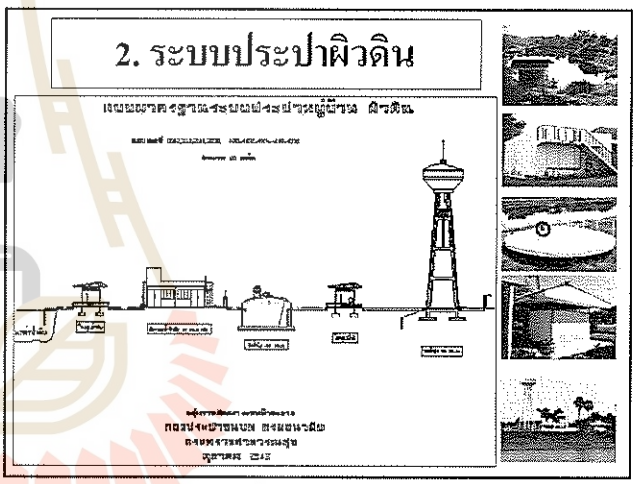
4. ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง

5. ระบบประปาบาดาล

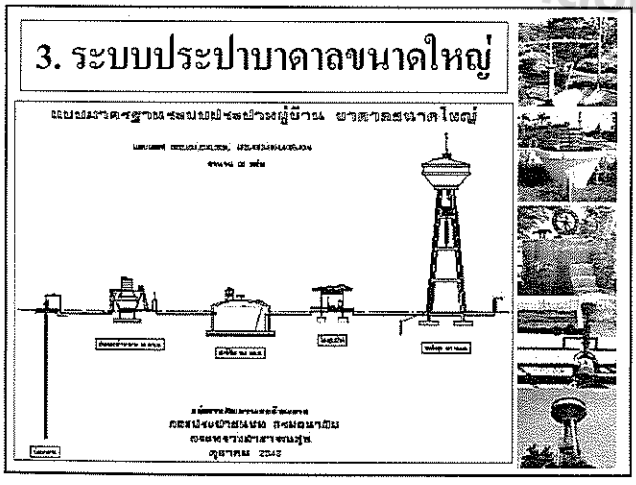
6. ระบบประปาน้ำซับ
7. ระบบประปาอ่างเก็บน้ำ
8. ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ
9. ระบบประปาผิวดิน
10. ระบบประปาแก้มน้ำกระด้าง

1. ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่

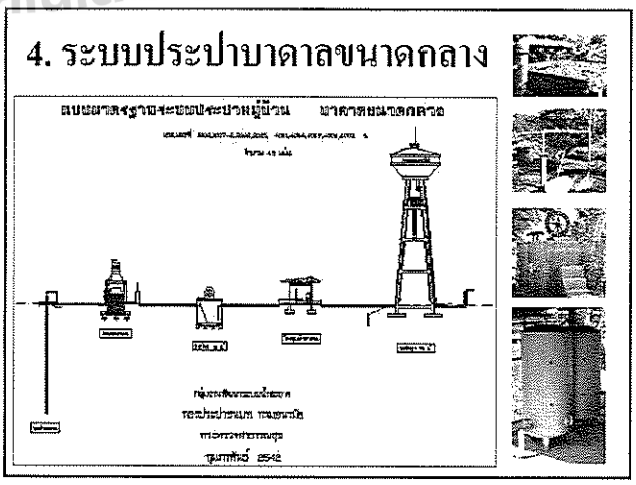
2. ระบบประปาผิวดิน



3. ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่

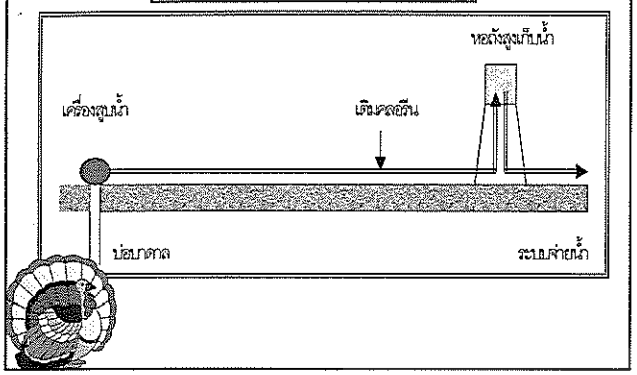


4. ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง

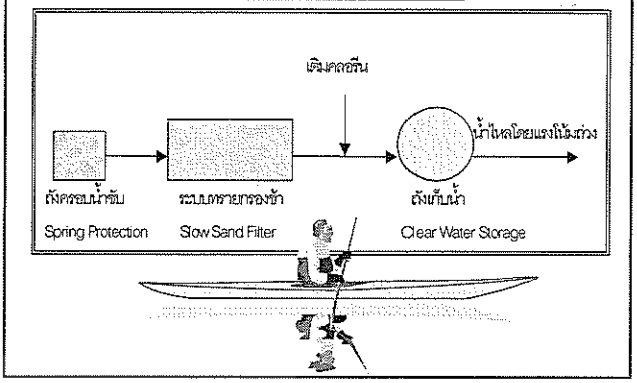


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

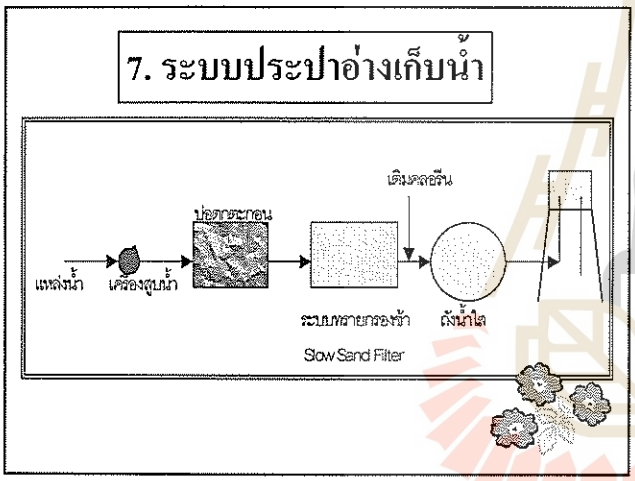
5. ระบบประปาบาดาล



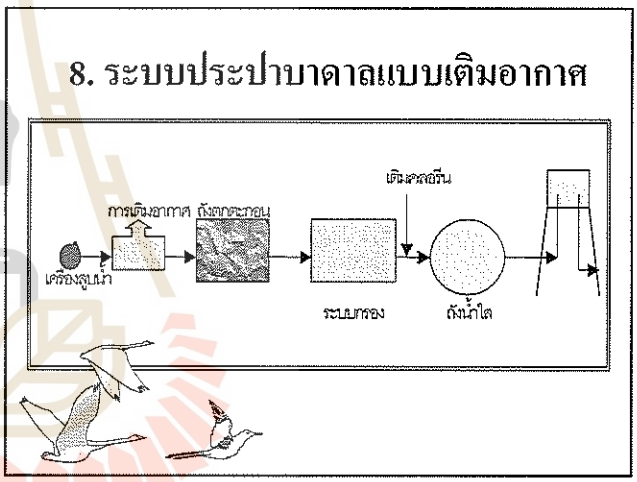
6. ระบบประปาน้ำซับ



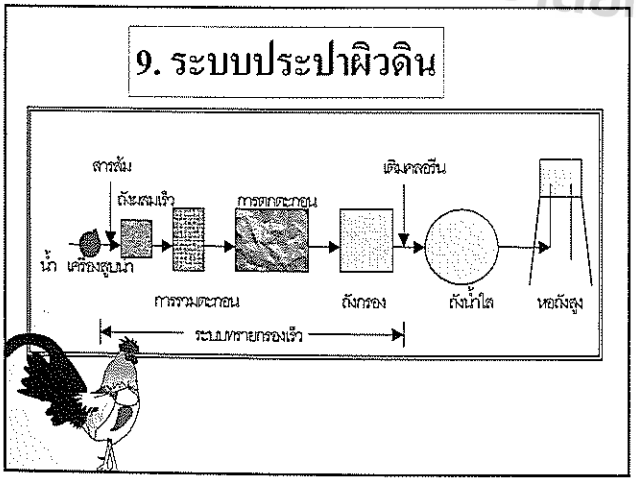
7. ระบบประปาอ่างเก็บน้ำ



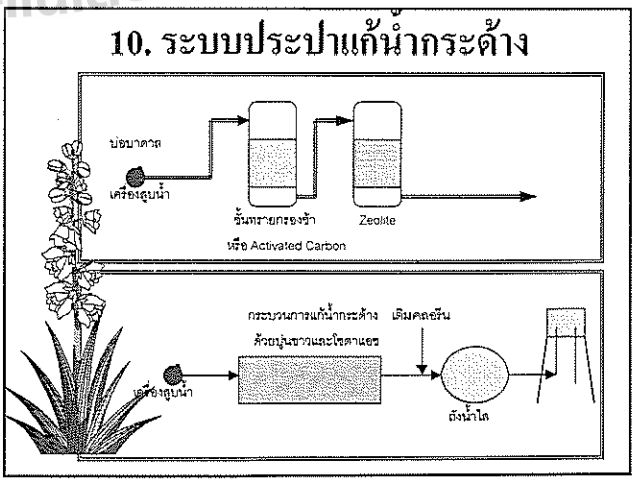
8. ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ



9. ระบบประปาผิวดิน



10. ระบบประปาแก้น้ำกระด้าง



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปประเภทการผลิตประปา

1. ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่
2. ระบบประปาผิวดิน
3. ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่
4. ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง

5. ระบบประปาบาดาล
6. ระบบประปาน้ำซับ
7. ระบบประปาอ่างเก็บน้ำ
8. ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ
9. ระบบประปาผิวดิน
10. ระบบประปาแก้น้ำกระด้าง

วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

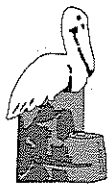
การปรับปรุงคุณภาพน้ำขั้นต้น (Pretreatment)

1. Plain Sedimentation

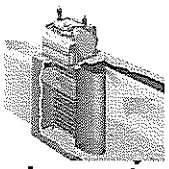
- Raw Water Storage
- Self Purification
- ระยะเวลาเก็บกักอย่างน้อย 1 เดือน

สามารถลดสิ่งสกปรกได้ดังนี้

* ของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ
* ความกระด้าง แอมโมเนีย โลหะหนัก
* สี
* แบคทีเรีย



2. Screening



2.1 Bar Screen

- ช่องระหว่างเส้นตะแกรง ห่าง 1-2 นิ้ว

2.2 Fine Screen

- ช่องระหว่างเส้นตะแกรง ห่าง 20-60 ไมครอน

การเติมอากาศ (Aeration)

วัตถุประสงค์ของการเติมอากาศ

เพื่อกำจัดเหล็กและแมงกานีส โดยการเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำดิบ ดังสมการ

$$4Fe^{++} + O_2 + 10H_2O = 4Fe(OH)_3 + 8H^+$$

$$2Mn^{++} + O_2 + 2H_2O = 2MnO_2 + 4H^+$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์ของการเติมอากาศ (ต่อ)

- เพื่อกำจัดก๊าซที่ละลายปนอยู่ในน้ำดิบ

1. CO_2 ฉีดพ่นน้ำ 2 วินาทีลดได้ 70-80 %
2. H_2S ละลายน้ำได้มากอยู่ในรูปของ HS^- และ S^- ควรมีการเติมอากาศ 2 ครั้ง
3. CH_4 พบในน้ำบาดาล ไม่ทำปฏิกริยากับน้ำ สลายตัวได้เร็วกำจัดง่ายโดยการเติมอากาศ

วัตถุประสงค์ของการเติมอากาศ (ต่อ)

- เพื่อกำจัดกลิ่นและรสในน้ำ

  กลิ่นและรส มาจากสารอินทรีย์ น้ำมันและสาหร่ายเป็นตัวการสำคัญ ประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นไม่เกิน 50 %

- คลอรีน + ฟีนอล = Chlorophenol
- กลิ่นและรสอาจลดลงหลังจาก 1-2 วัน

ทฤษฎีของ Aeration และ De-aeration

Aeration = การเคลื่อนย้ายก๊าซหรือสาร Volatile อื่นจากอากาศไปสู่น้ำหรือของเหลวอื่น

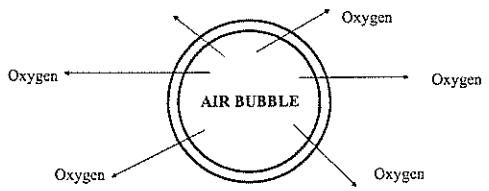
เช่น การเคลื่อนย้าย O_2 ในอากาศให้กับน้ำ

De-aeration = กระบวนการตรงข้าม Aeration

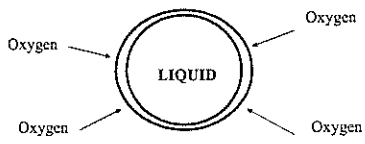
ขั้นตอนการเกิด Aeration

1. การให้สัมผัสระหว่างอากาศกับน้ำ
2. โมเลกุลของก๊าซในอากาศเคลื่อนย้ายผ่านฟิล์มบางๆเข้าไปน้ำ
3. โมเลกุลของก๊าซแพร่กระจายทั่วน้ำจนอิ่มตัว

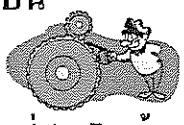
Method 1: Blow Air Bubble into Water



Method 2: Spray Water Mist to Air



การเคลื่อนย้ายก๊าซจากอากาศลงในน้ำขึ้นกับปัจจัยต่อไปนี้



ก. ขนาดของฟองอากาศ

ข. ความเข้มข้นเดิมของก๊าซที่มีอยู่ในน้ำ

ค. ความเข้มข้นของก๊าซในอากาศ

ง. เวลาสัมผัสระหว่างอากาศกับน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อุปกรณ์ที่ใช้ทำ Aeration

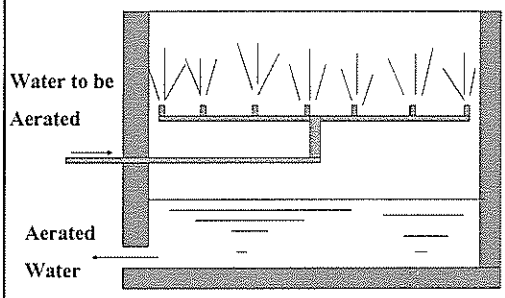
1. Spray Aerator

- เป่าน้ำผ่านหัวฉีดซึ่งอยู่กับที่ขึ้นไปบนอากาศ
- พื้นที่สัมผัสระหว่างก๊าซและน้ำสูง

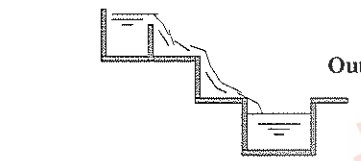
2. Cascade Aerator

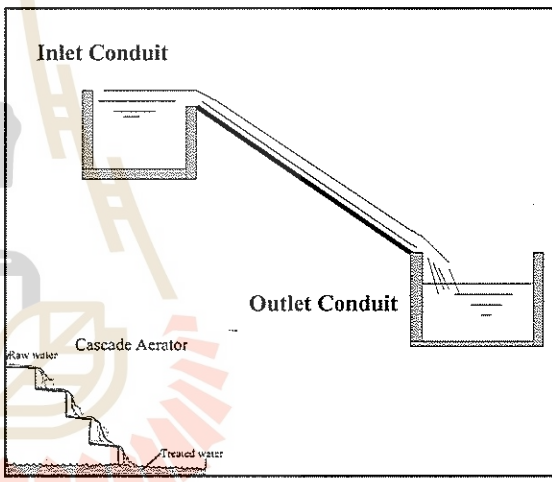
- สร้างพื้นที่สัมผัสจากการแผ่สายน้ำบางที่สุด

Spray Aerator



Cascade Aerator

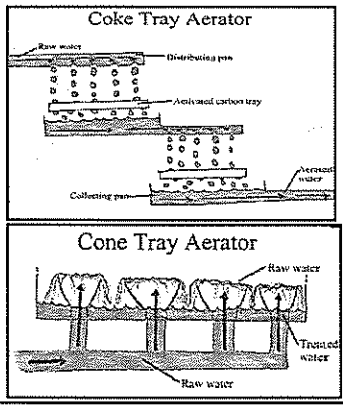


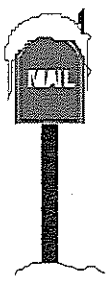


3. Tray Aerator

- โปรยน้ำผ่านชั้นตัวกลางที่มีลักษณะฉาดหลายๆ ชั้น
- นิยมใช้ในการกำจัด เหล็ก แมงกานีส และ CO_2

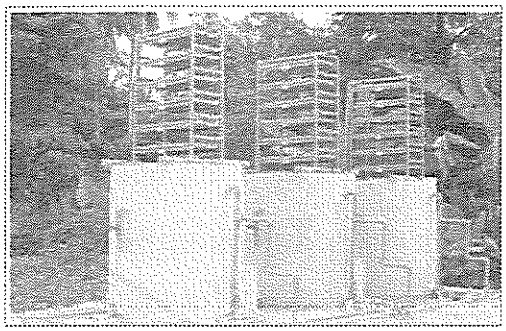
3. Tray Aerator



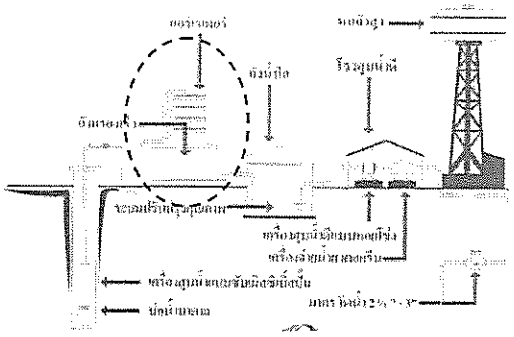


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Tray Aerator



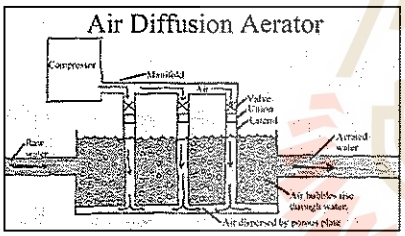
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2550)



กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2550)

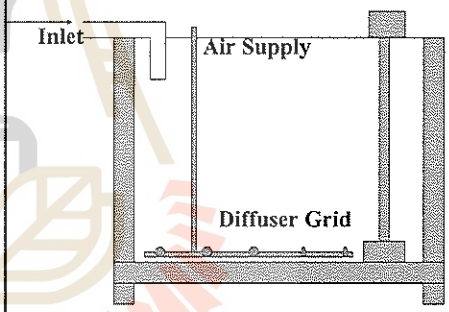
4. Diffused Aerator

- เป่าอากาศลงในน้ำโดยใช้เครื่องเป่าลมและหัวฉีดลม



Diffused Air Aerator

-Compose of Air Blower and Air Diffuser



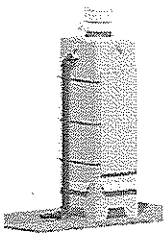
5. Aerator แบบอื่นๆ

5.1 ดีแอเรเตอร์ที่ใช้ในการกำจัดCO_2 และ H_2S

- เป่าลมสวนทางการไหล

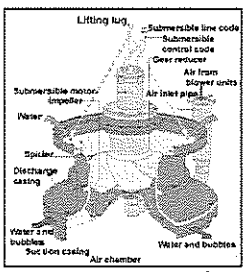
+ ตัวกลาง เร่งการกำจัด CO_2

- Media ทำด้วยพลาสติก



5.2 Aerator แบบใช้ความดัน

- น้ำถูกสูบจากข้างล่างอัดขึ้นข้างบน
- มีตัวกลาง
- น้ำถูกอัดกับอากาศก่อนเข้าถัง Aerator



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

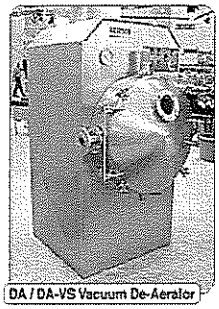
5.3 De-aerator แบบใช้ความร้อน

- ให้ความร้อนกับน้ำ
- เพื่อกำจัดก๊าซที่ละลายน้ำในอุณหภูมิปกติ

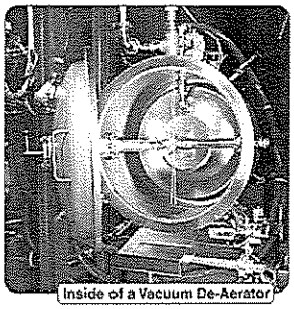
5.4 De-aerator แบบสุญญากาศ

- ลดความดันเหนือน้ำจนเป็นสุญญากาศ ทำให้ก๊าซที่ละลายในน้ำระเหยออกมา

Vacuum De-aerator



DA / DA-VS Vacuum De-Aerator



Inside of a Vacuum De-Aerator

การปรับพีเอช

หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้สารเคมีปรับพีเอช

1. มีราคาถูกและหาง่าย
2. ใช้ง่าย
3. ไม่เป็นพิษต่อผู้ใช้
4. สารประกอบสุดท้ายที่ได้จากปฏิกิริยาการใช้สารเคมี

สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับ pH ของน้ำ

สารเพิ่ม pH	สารลด pH
$NaOH$, $Ca(OH)_2$	H_2SO_4, HCl
Na_2CO_3, $NaHCO_3$	CO_2
$CaCO_3$	H_3PO_4
NH_4OH	H_2NO_3

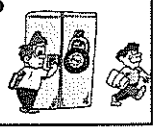
1. การปรับระดับพีเอชด้วยด่าง

1.1 การใช้ปูนขาว

ปัญหา : * การตกผลึกของหินปูน
* ปูนขาวคงเหลือในน้ำ
* การจับตัวของสารประกอบปูนขาวภายในท่อ/เครื่องสูบน้ำ

1.2 การใช้หินปูน (Limestone ; $CaCO_3$)

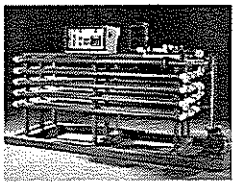
- ใส่หินปูนลงในน้ำ
- ปัญหา : อาจเกิดสารละลายมาเคลือบหินปูนทำให้ทำงานได้ไม่เต็มที่
- น้ำไม่ควรมีกรดเกิน 0.6 %



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. การปรับระดับพีเอชด้วยกรด

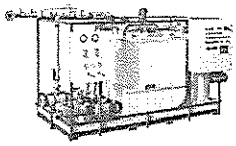
- กรด H_2SO_4 , HCL หรือกรดแก่อื่นๆ
- ปัญหา : H_2SO_4 ทำปฏิกิริยากับ NaOH จะเกิดผลึก Na_2SO_4
- Fuel Gas เช่น CO_2

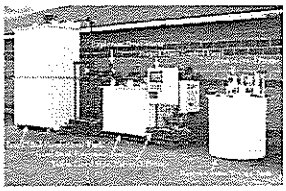


ระบบปรับพีเอชให้กับน้ำ

ก. แบบไม่ต่อเนื่อง (Batch)

- น้ำที่มีอัตราการไหลต่ำกว่า 380 ลบ.ม./วัน

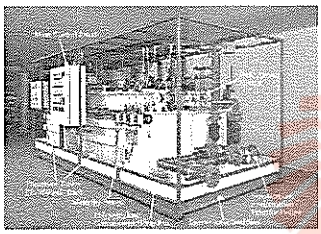




ระบบปรับพีเอชให้กับน้ำ

ข. แบบต่อเนื่อง (Continuous)

- น้ำที่มีอัตราการไหลสูงกว่า 380 ลบ.ม./วัน



ปัญหาของการใช้ระบบอัตโนมัติในการควบคุมพีเอช

1. ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชและความเข้มข้นของกรดหรือด่าง
2. พีเอชของน้ำเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว

3. อัตราการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว
4. ต้องใช้ปริมาณกรด/ด่าง จำนวนเล็กน้อยผสมกับน้ำในระยะเวลาอันสั้น

สรุป

ระบบผลิตน้ำประปา

1. วัตถุประสงค์ของการผลิตน้ำประปา
2. หลักเกณฑ์ทั่วไปในการผลิตน้ำประปา
3. หลักการออกแบบระบบผลิตน้ำประปา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. หลักการออกแบบระบบผลิตน้ำประปา ประเภทต่างๆ

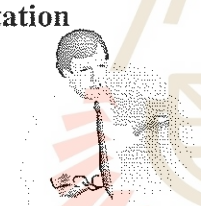
- ระบบประปาบาดาล
- ระบบประปาน้ำซับ
- ระบบประปาอ่างเก็บน้ำ
- ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ

- ระบบประปาน้ำผิวดิน
- ระบบประปาแก้น้ำกระด้าง

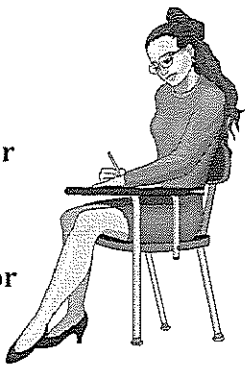
5. ชนิดของระบบผลิตน้ำประปา

วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

1. วิธีการปรับปรุงคุณภาพ
   - Plain Sedimentation
   - Screening

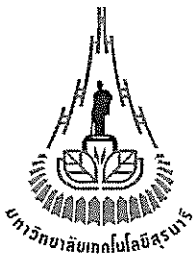


2. การเติมอากาศ
   - Spray Aerator
   - Cascade Aerator
   - Tray Aerator
   - Diffused Aerator
   - อื่นๆ



3. การปรับพีเอช
   - การปรับระดับพีเอชด้วยด่าง
   - การปรับระดับพีเอชด้วยกรด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



เอกสารประกอบการเรียน

617 326 การประปาเมืองและชนบท

Urban and Rural Water Supply

เรื่อง

ประเภทการผลิตประปา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดร. ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่	3
ระบบประปาผิวดิน	4
ระบบประปาบาดาล ขนาดใหญ่	5
ระบบประปาบาดาล ขนาดใหญ่	5
ระบบประปาบาดาล ขนาดกลาง	6
ระบบประปาบาดาล	8
ระบบประปาน้ำซับ	8
ระบบประปาอ่างเก็บน้ำ	8
ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ	9
ระบบประปาผิวดินหรือระบบทรายกรองเร็ว	9
ระบบประปาแก้น้ำกระด้าง	10
ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา	11
แหล่งอ้างอิง	13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประเภทการผลิตประปา

1. ระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ : น้ำผิวดิน เช่น น้ำจากแม่น้ำ, ลำคลอง, อ่างเก็บน้ำที่มีน้ำไหลเข้าทดแทน เป็นต้น

ขนาดของพื้นที่ก่อสร้างระบบฯ โดยประมาณ 22 x 28 ตารางเมตร

ความสามารถในการผลิตน้ำ = 20 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

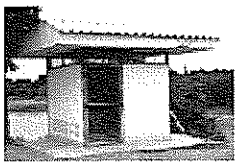
ราคาค่าก่อสร้าง = 5,000,000 บาท

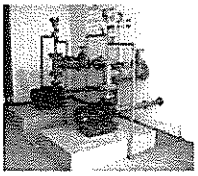
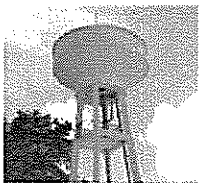
สามารถให้บริการแก่ประชาชนผู้ใช้น้ำได้ครอบคลุมมากกว่า 300 หลังคาเรือน

ส่วนประกอบที่สำคัญ

1. โรงสูบน้ำดิบ มีหน้าที่สูบน้ำดิบเข้าสู่ระบบ เพื่อการผลิตน้ำประปาต่อไป
2. ถังกรองน้ำผิวดิน ขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ซึ่งจะประกอบ ไปด้วย ถังตกตะกอน และถังกรอง โดยเมื่อน้ำดิบ ผ่านเข้าสู่ระบบ ถังกรอง จะมีการเติม สารส้ม เพื่อให้ตะกอน รวมตัวจับเป็นก้อน และตกตะกอน ในถังตกตะกอน ส่วนน้ำที่ได้รับ การปรับปรุงคุณภาพ ตามขั้นตอนแล้ว จะผ่านเข้าสู่ ถังกรองซึ่งเป็น ระบบกรองเร็ว เพื่อกรองตะกอนขนาดเล็ก ที่ไม่ตกในช่วงที่น้ำ ผ่านถังตกตะกอน ทำให้มีความใสสะอาดมากขึ้น
3. ถังน้ำใส ขนาด 200 ลูกบาศก์เมตร มีหน้าที่ เก็บสำรองน้ำ ที่ผ่านการปรับปรุง คุณภาพแล้ว (น้ำดี)
4. โรงสูบน้ำดี ติดตั้งเครื่องสูบน้ำดี (เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง : Centrifugal pump) ทำหน้าที่สูบน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว (จากถังน้ำใส) ขึ้นสู่หอถังสูง เพื่อการให้บริการแจกจ่าย แก่ประชาชนผู้ใช้น้ำต่อไป และในระหว่างนี้ จะทำการเติมสารละลายคลอรีน เพื่อการฆ่าเชื้อโรค ที่อาจปนเปื้อนมากับน้ำเพื่อให้เป็น "น้ำประปา" ที่สะอาด ปลอดภัย เหมาะสมแก่ การอุปโภค-บริโภคต่อไป

หอถังสูง คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 45 ลูกบาศก์เมตร ทำหน้าที่ เพิ่มแรงดันน้ำ ให้สามารถไหลไปตามเส้นท่อ สู่ประชาชนผู้ใช้น้ำ



2. ระบบประปาผิวดิน

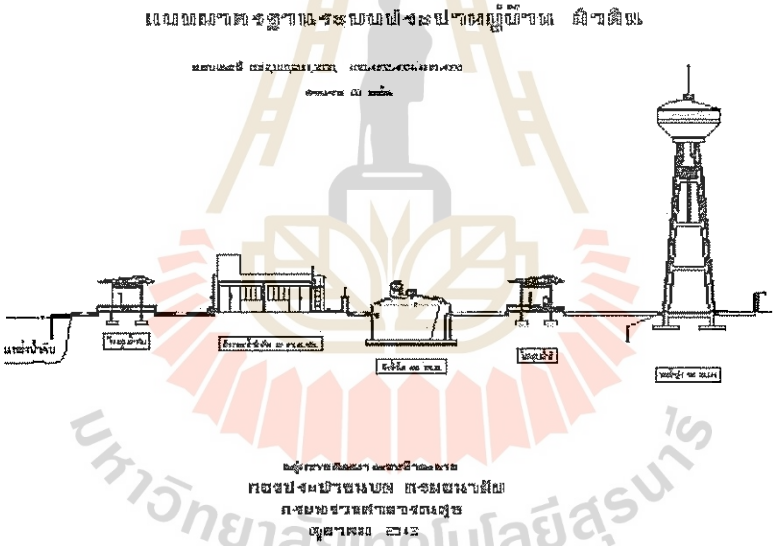
แหล่งน้ำดิบที่ใช้ : น้ำผิวดิน เช่น น้ำจากแม่น้ำ, ลำคลอง, อ่างเก็บน้ำที่มีน้ำไหลเข้าทดแทน เป็นต้น

ของพื้นที่ก่อสร้างระบบฯ โดยประมาณ 20 x 20 ตารางเมตร

ความสามารถในการผลิตน้ำ = 10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

ค่าก่อสร้าง = 2,700,000 บาท

สามารถให้บริการแก่ประชาชนผู้ใช้น้ำได้ครอบคลุม 120 - 300 หลังคาเรือน



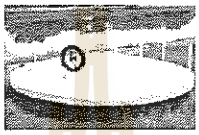
ส่วนประกอบที่สำคัญ

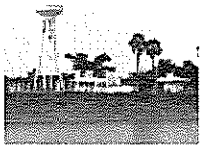
1. โรงสูบน้ำดิบ ซึ่งภายในจะติดตั้งเครื่องสูบน้ำ แบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) ทำหน้าที่สูบน้ำดิบเข้าสู่ระบบ สำหรับการผลิตน้ำประปาต่อไป
2. ถังกรองน้ำผิวดิน ขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ซึ่งจะประกอบ ไปด้วย ถังตกตะกอน และถังกรอง โดยเมื่อน้ำดิบ ผ่านเข้าสู่ระบบ ถังกรอง จะมีการเติม สารส้ม เพื่อให้ตะกอน รวมตัวจับเป็นก้อน และตกตะกอน ในถังตกตะกอน ส่วนน้ำที่ได้รับ การปรับปรุงคุณภาพ ในขั้นต้นแล้ว จะผ่านเข้าสู่ ถังกรองน้ำ ซึ่งเป็น ระบบกรองเร็ว เพื่อกรองตะกอนขนาดเล็ก ที่ไม่ตกในช่วงที่น้ำ ผ่านถังตกตะกอน ทำให้น้ำมีความใสสะอาดมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. ถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร มีหน้าที่เก็บสำรองน้ำ ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว (น้ำดี)
4. โรงสูบน้ำดี ซึ่งภายในติดตั้งเครื่องสูบน้ำ แบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) ทำหน้าที่สูบน้ำที่ผ่านการ ปรับปรุงคุณภาพแล้ว (จากถังน้ำใส) ขึ้นสู่หอถังสูง เพื่อการให้บริการ แจกจ่าย แก่ประชาชน ผู้ใช้น้ำต่อไป และ ในระหว่างนี้ จะทำการเติม สารละลายคลอรีน เพื่อการฆ่าเชื้อโรค ที่อาจปนเปื้อน มากับน้ำ เพื่อให้เป็น "น้ำประปา" ที่สะอาด ปลอดภัย เหมาะสมแก่ การอุปโภค-บริโภคต่อไป

หอถังสูง คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 30 ลูกบาศก์เมตร ทำหน้าที่ เพิ่มแรงดันน้ำ ให้สามารถไหลไปตามเส้นท่อ สู่ประชาชนผู้ใช้น้ำ





3. ระบบประปาบาดาล ขนาดใหญ่

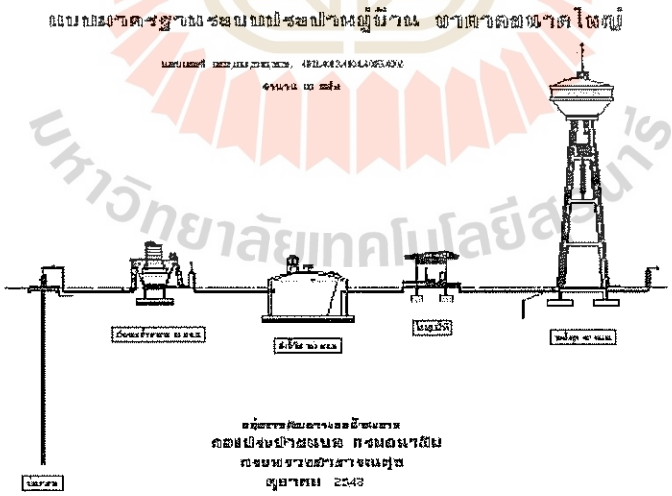
แหล่งน้ำดิบที่ใช้ : บ่อน้ำบาดาล ที่สามารถให้น้ำ ได้มากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ขึ้นไป

ขนาดของพื้นที่ ก่อสร้างระบบฯ โดยประมาณ 20 x 20 ตารางเมตร

ความสามารถ ในการผลิตน้ำ = 10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

ราคาค่าก่อสร้าง = 1,900,000 บาท

สามารถ ให้บริการ แก่ประชาชนผู้ใช้น้ำ ได้ครอบคลุม 120 - 300 หลังคาเรือน



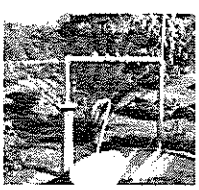
รูปแบบ

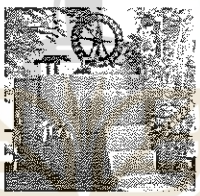
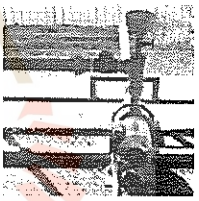
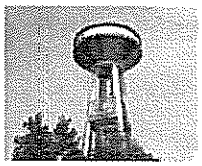
1. ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่ แบบสูบจ่ายตรง ไม่มีถังน้ำใส
2. ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่ แบบมีถังน้ำใส
3. ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่ แบบมีถังกรอง และถังน้ำใส

ส่วนประกอบที่สำคัญ

1. เครื่องสูบน้ำแบบซับเมิ้สซิเบิ้ล (Submersible pump) ทำหน้าที่สูบน้ำ (น้ำดิบ) ขึ้นจากบ่อน้ำบาดาล เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตน้ำประปาต่อไป
2. ถังกรองน้ำบาดาล ขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง พร้อมแอร์เรเตอร์ (Aerator) ทำหน้าที่กรองสนิมเหล็ก ในกรณีที่น้ำบาดาล มีการปนเปื้อน จากสนิมเหล็ก โดยการให้น้ำบาดาลสัมผัสอากาศ เพื่อให้สนิมเหล็ก ซึ่งอยู่ในรูป ที่ละลายน้ำได้ เปลี่ยนเป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำ เกิดเป็นตะกอนสนิมเหล็ก
3. ถังน้ำใส ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร มีหน้าที่เก็บสำรองน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว (น้ำดี)
4. โรงสูบน้ำดี ภายในจะติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) ทำหน้าที่สูบน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว (จากถังน้ำใส) ขึ้นสู่หอถังสูง เพื่อการให้บริการแจกจ่ายแก่ประชาชนผู้ใช้น้ำต่อไป และ ในระหว่างนี้ จะทำการเติม สารละลายคลอรีน เพื่อการฆ่าเชื้อโรค ที่อาจปนเปื้อน มากับน้ำ เพื่อให้เป็น "น้ำประปา" ที่สะอาด ปลอดภัย เหมาะสมแก่ การอุปโภค-บริโภคต่อไป

   หอถังสูง คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 30 ลูกบาศก์เมตร ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันน้ำ ให้สามารถไหลไปตามเส้นท่อ สู่ประชาชนผู้ใช้น้ำต่อไป



4. ระบบประปาบาดาล ขนาดกลาง

แหล่งน้ำดิบที่ใช้ : บ่อน้ำบาดาลที่สามารถให้น้ำได้ 5 -10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

ขนาดของพื้นที่ ก่อสร้างระบบฯ โดยประมาณ 15 x 15 ตารางเมตร

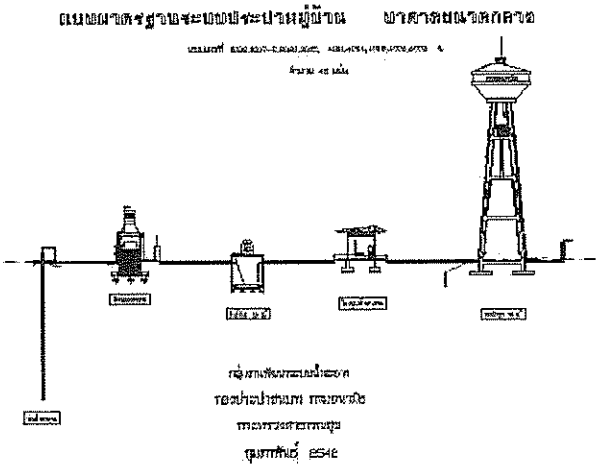
ความสามารถ ในการผลิตน้ำ = 7 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

ราคาค่าก่อสร้าง = 420,000 บาท

สามารถ ให้บริการแก่ประชาชนผู้ใช้น้ำได้ครอบคลุม 50 - 120 หลังคาเรือน

รูปแบบ

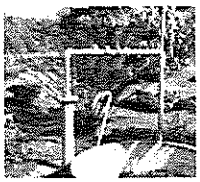
1. ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง แบบสูบจ่ายตรง ไม่มีถังน้ำใส
2. ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง แบบมีถังน้ำใส
3. ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง แบบมีถังกรอง และถังน้ำใส

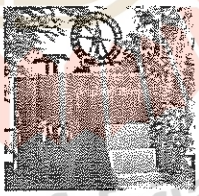
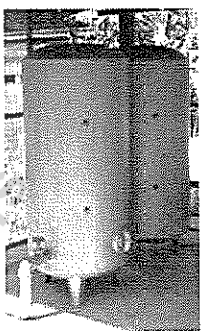


ส่วนประกอบที่สำคัญ

1. เครื่องสูบน้ำแบบซับเมิ้ลซิเบิ้ล (Submersible pump) ทำหน้าที่ สูบน้ำบาดาล (น้ำดิบ) ขึ้นจากบ่อน้ำบาดาล
2. ถังกรองน้ำบาดาล ขนาด 7 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ทำหน้าที่ กรองสนิมเหล็ก ในกรณีที่น้ำบาดาล มีการปนเปื้อน จากสนิมเหล็ก ในปริมาณสูง
3. ถังน้ำใส ขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร ทำหน้าที่ เก็บสำรองน้ำที่ปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้ว (น้ำดี) ไว้ ก่อนที่จะสูบเข้าสู่ถังอัดความดัน เพื่อบริการแจกจ่ายแก่ประชาชนผู้ใช้น้ำต่อไป
4. เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) ทำหน้าที่ สูบน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว เข้าสู่ถังอัดความดันต่อไป

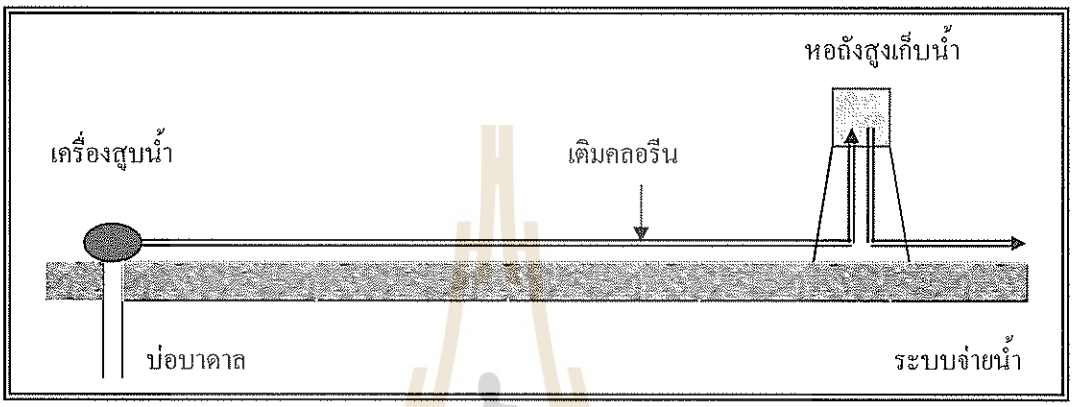
ถังอัดความดัน ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันของน้ำ ให้สามารถไหลไปตามเส้นท่อสู่ประชาชนผู้ใช้น้ำ



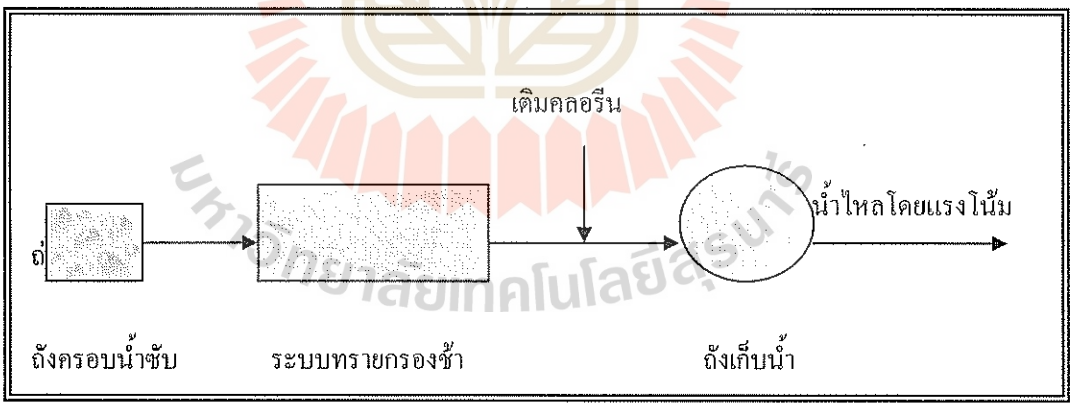
5. ระบบประปาบาดาล

ถ้าสามารถหาแหล่งน้ำบาดาลซึ่งมีปริมาณเพียงพอ และคุณภาพน้ำดีเทียบเท่ามาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้ การเลือกบ่อบาดาลเป็นแหล่งน้ำทำประปาสมควรที่สุด เพราะไม่ต้องใช้กรรมวิธีกำจัดสิ่งปะปนใดๆ อาจใช้เครื่องสูบน้ำโดยตรงจากบ่อบาดาลไปสู่ถังเก็บเพื่อจ่ายน้ำบริการต่อไป ถึงแม้น้ำบาดาลโดยทั่วไปปราศจากเชื้อโรค แต่ก็ยังแนะนำให้ใช้คลอรีนประกอบโดยใช้เครื่องฉีดน้ำยาคลอรีนเข้าสู่เส้นท่อก่อนขึ้นถังเก็บ เพื่อให้คลอรีนมีเวลาทำปฏิกิริยา กับสิ่งเจือปนในน้ำ



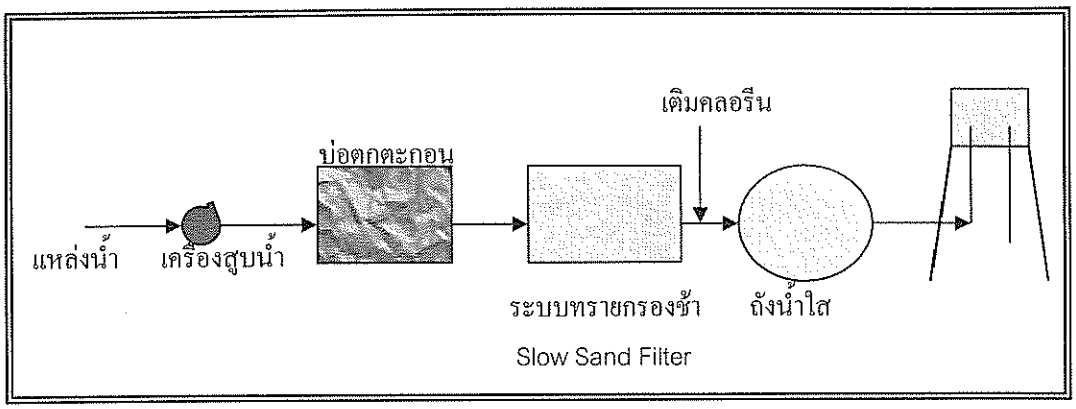
6. ระบบประปาน้ำซับ

น้ำซับส่วนใหญ่จะใสและมีคุณภาพใกล้เคียงน้ำบาดาล เมื่อสัมผัสพื้นดินอาจสกปรก แม้ว่าจะวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้มาตรฐานก็ควรสร้างระบบทรายกรองไว้เพื่อประกันความปลอดภัย และสร้างถังครอบแหล่งน้ำซับเอาไว้



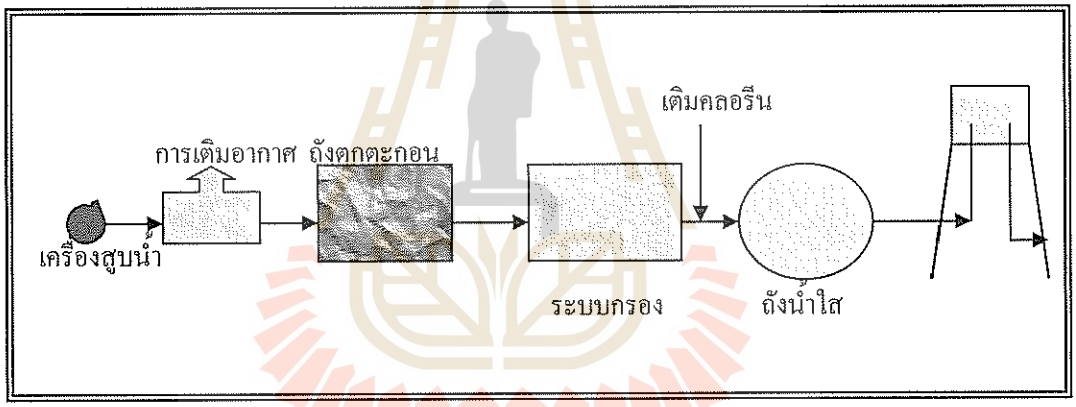
7. ระบบประปาอ่างเก็บน้ำ (ความขุ่นไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร)

อ่างเก็บน้ำหรือทะเลสาบ โดยทั่วไปจะมีน้ำใสและสะอาดพอสมควร อาจใช้ระบบทรายกรองช้า ซึ่งไม่ต้องอาศัยสารสัมในการช่วยตกตะกอนก่อน โดยควรมีสระตกตะกอนก่อน (Pre-sedimentation pond) เพื่อให้น้ำใสก่อนระบบทรายกรอง ในฤดูฝนอาจมีความขุ่นเพิ่ม และไม่เหมาะสมที่ผ่านเข้าถังกรองโดยตรง ทำให้ทรายกรองอุดตันเร็ว



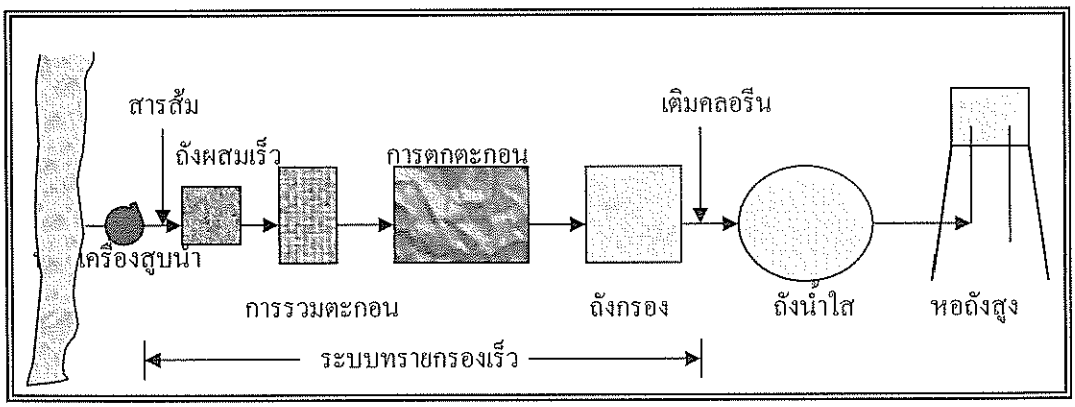
8. ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ (บ่อบาดาลที่มี Fe, Mn, CO_2 และ H_2S)

บ่อบาดาลบางแห่งจะมีน้ำบาดาลมีสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic) ทำให้มี Fe, Mn, CO_2 และ H_2S ละลายปนอยู่ในน้ำ การกำจัดสิ่งปะปนเหล่านี้กำจัดได้ โดยวิธีเติมอากาศ (Aeration) ก๊าซที่ละลายปนในน้ำดิบจะระเหยออกไป ส่วนเหล็กกับแมงกานีส จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์ ซึ่งตกตะกอนได้ การประปาบางแห่งจะมีถังตกตะกอนไว้กักตะกอน



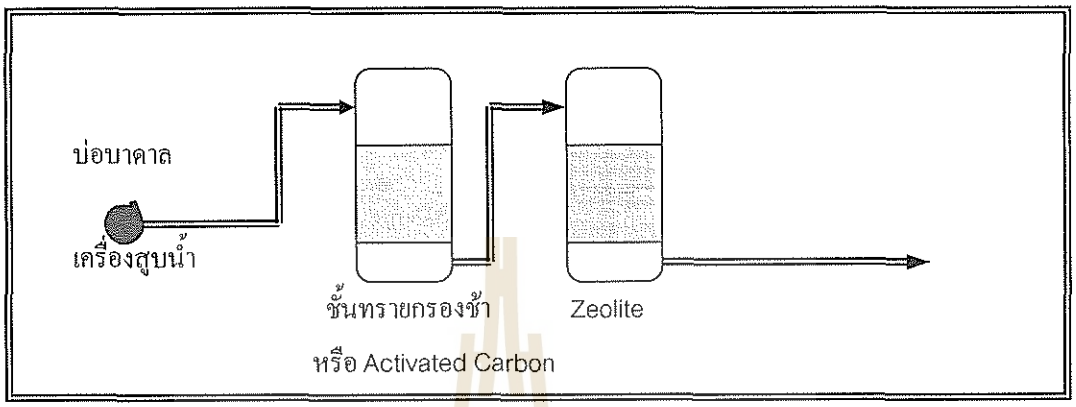
9. ระบบประปาผิวดินหรือระบบทรายกรองเร็ว (น้ำที่มีความขุ่นสูง)

การประปาชุมชนขนาดใหญ่ส่วนมากจะอาศัยแหล่งน้ำจากแม่น้ำ เนื่องจากมีปริมาณมากเพียงพอ น้ำผิวดินประเภทนี้มีความขุ่นสูง ดังนั้นกรรมวิธีการผลิตจึงต้องอาศัยสารช่วยทำให้ตกตะกอนเร็วขึ้น เช่นสารส้ม กรรมวิธีตั้งแต่การผสมสารส้ม เกิดตะกอน ตกตะกอน จนกระทั่งกรองมักนิยมเรียกรวมว่าระบบทรายกรองเร็ว

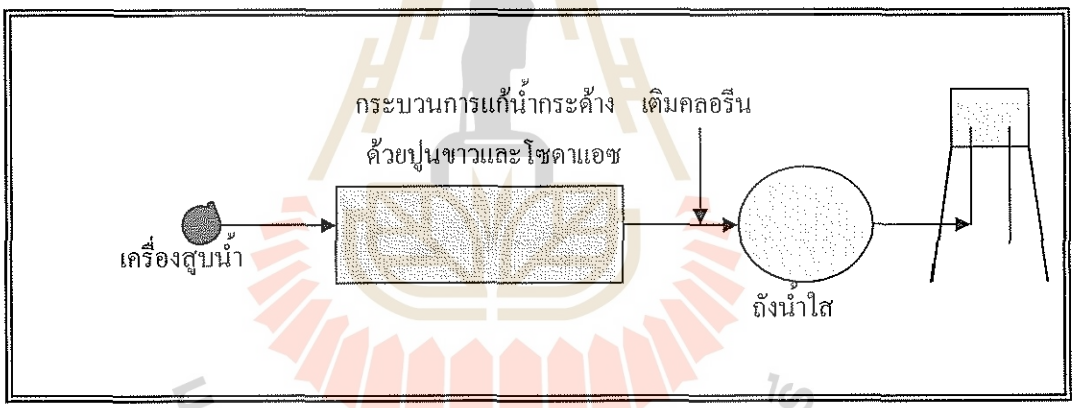


10. ระบบประปาแก้น้ำกระด้าง (มักเป็นบ่อบาดาล)

10.1 สำหรับน้ำใช้อุตสาหกรรมที่มีหม้อต้มน้ำและจำเป็นต้องกำจัดน้ำกระด้างจนหมด กรรมวิธีนี้ใช้วิธีแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้า โดยใช้สารที่สามารถจับประจุที่เป็นความกระด้างไว้ สารมีชื่อเรียกหลายอย่างเช่น Zeolite, ion-exchanger, resin



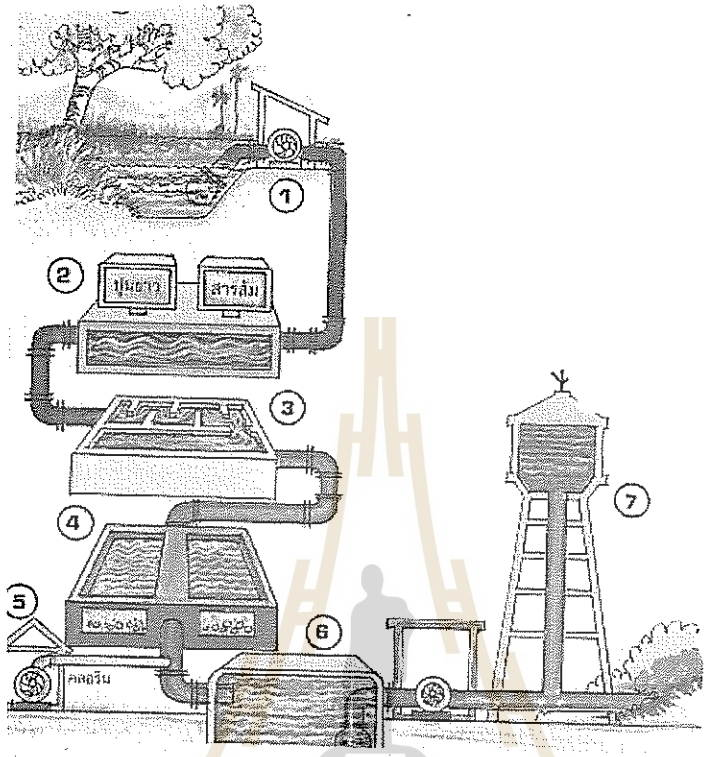
10.2 สำหรับการผลิตน้ำประปาจากชุมชน จะใช้ปูนขาม โซดาแอช แก้ความกระด้าง (Lime-soda ash process) น้ำซึ่งผ่านกระบวนการจะมีความกระด้างเหลืออยู่บ้าง



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา

น้ำประปา เป็นน้ำที่ผ่านขบวนการต่างๆ มากมาย กว่าจะมาเป็นน้ำประปาให้แก่ประชาชนได้นั้น มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน และต้องมีการลงทุนสูงมาก



1. แหล่งน้ำ

แหล่งน้ำที่นำมาผลิตน้ำประปานั้นได้มาจากแม่น้ำลำคลอง อ่างเก็บน้ำ หนอง บึง และน้ำนั้นจะต้องไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เกินกว่าที่กำหนดไว้ และปราศจากสิ่งโสโครกปะปนมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการตลอดปี ซึ่งเราจะติดตั้งเครื่องสูบน้ำไว้ใกล้กับแหล่งน้ำในโรงสูบน้ำแรงต่ำ เพื่อสูบน้ำดิบไปผลิตเป็นน้ำประปา

2. การเติมสารเคมี

ก่อนที่น้ำดิบจากแหล่งน้ำจะไหลเข้าถังตกตะกอนจะมี การใส่สารเคมีลงไป ได้แก่ สารส้ม ปูนขาว ในอัตราส่วนที่พอเหมาะพอดีกับคุณภาพน้ำดิบในแต่ละฤดูกาล

3. การตกตะกอน

เมื่อใส่สารเคมีแล้วน้ำดิบจะไหลเข้ามายังถังตกตะกอน โดยผ่านระบบการกวน เพื่อให้สารเคมีได้สัมผัสและทำปฏิกิริยา กับตะกอน หรือความขุ่นที่อยู่ในน้ำจับเป็นก้อนเล็กๆ แล้วค่อยๆมีขนาดโตขึ้นตกลงสู่ก้นถัง เหลือแต่น้ำใส ไหลไปยังถังกรองน้ำ การตกตะกอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ความขุ่นของน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน ไม่เกิน 7 หน่วย

4. การกรองน้ำ

เมื่อน้ำผ่านการตกตะกอนมาแล้ว จะไหลเข้ามายังถังกรองน้ำ เพื่อกรองเอาตะกอนที่ละเอียดออกอีกครั้งหนึ่ง น้ำที่ผ่านการกรองแล้วจะใสมาก มีความขุ่นไม่เกิน 3 หน่วย ถังกรองจะต้องมีการล้างหน้า

ทรายกรองอยู่เสมอ

5. การฆ่าเชื้อโรค

น้ำที่กรองแล้วเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีเชื้อโรคหลงเหลืออยู่ จึงต้องมีการใส่สารคลอรีนฆ่าเชื้อโรคสารคลอรีนควบคุมง่าย สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เกือบทุกชนิด และช่วย กำจัดกลิ่น สี โดยการใส่คลอรีนในน้ำให้ไหลไปตามเส้นท่อเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจปะปนเข้ามาภายหลัง

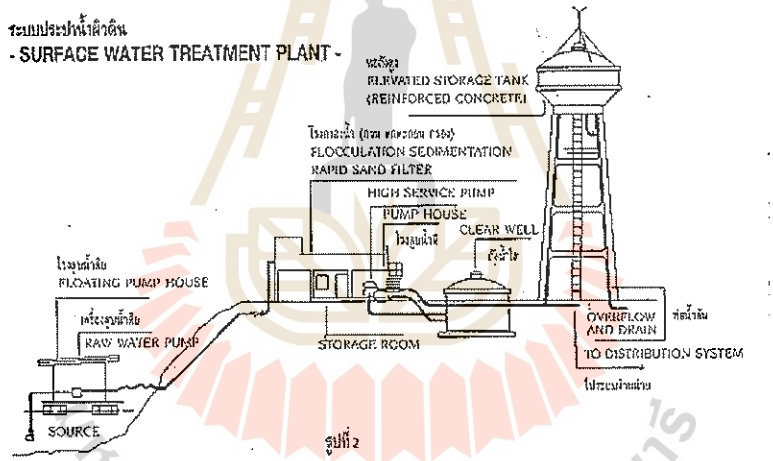
6.ถังน้ำใส

เป็นถังสำหรับเก็บน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองแล้วเรียกว่าน้ำประปาเพื่อรอจ่ายให้ผู้บริโภคได้ใช้น้ำสะอาด

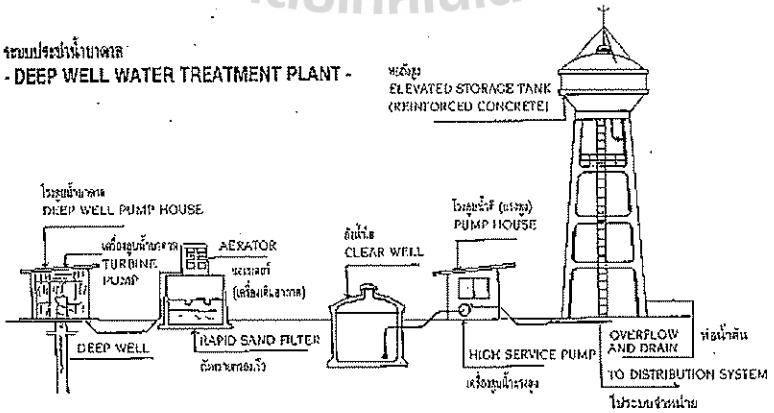
7.หอถังสูง

เป็นหอถังสูงที่เก็บน้ำที่สูบขึ้นมาจากถังน้ำใส เพื่อทำให้เกิดแรงดันน้ำในการจ่ายให้บริการไปตามเส้นท่อถึงบ้านประชาชน

รูปแบบระบบประปาผิวดินและประปาบาดาลของการประปาส่วนภูมิภาค



รูปที่ 2



น้ำ 1ลูกบาศก์เมตร = 1,000 ลิตร หรือ = 50 ปี๊บ

แหล่งอ้างอิง

1. อุดร จารุรัตน์ และ จารุรัตน์ วรนิสรากุล. (2537) **วิศวกรรมการประปา**. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

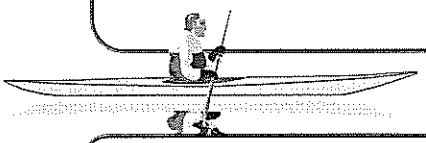
2. Viessman, Warry Jr and Hammer. Mark J. (1998) Water Supply and Pollution Control. California: Addison Wesley Longman, Inc.

3. http://www.anamai.moph.go.th/wsupply/typepapa.html

4. http://www.pwa.co.th/

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การรวมตะกอน
การตกตะกอน



ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์

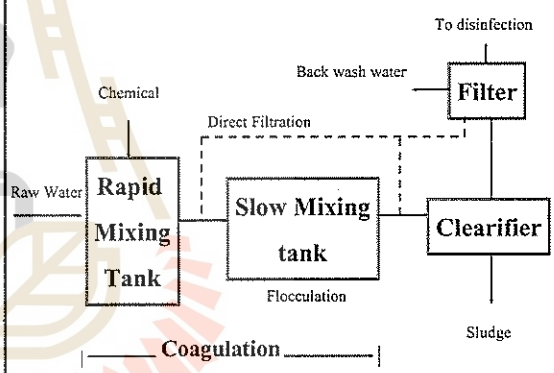
นักศึกษาสามารถอธิบายวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไปนี้ได้อย่างถูกต้อง

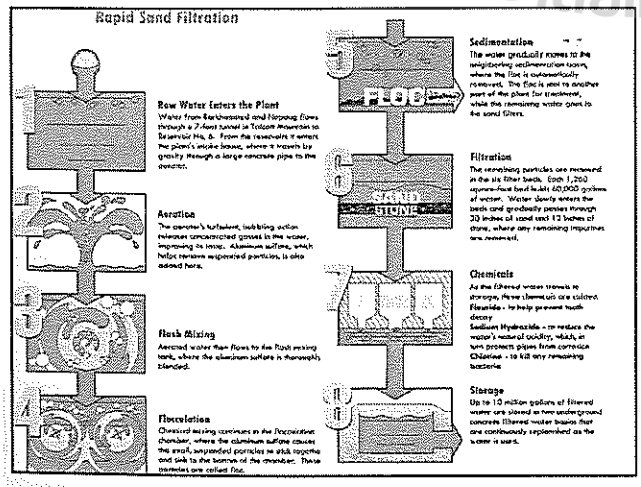
1. การรวมตะกอน
2. การตกตะกอน
3. การกรอง

Outline

- Flocculation
- ถังกวนช้า
- การจำแนก ประเภท ทฤษฎี การออกแบบ Sedimentation
- การกรอง

กระบวนการ Coagulation





สรุปขั้นตอน Coagulation-Flocculation

30-60 S — ถังกวนเร็ว ⇐ Coagulant + Coagulant Aid

⇓

ถังกวนช้า — เวลา 30-60 นาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Flocculation

- สารเคมีผสมน้ำดิบเกิด Floc ไหลเข้าสู่ Flocculation tank
- การทำให้ Floc รวมตัวกัน น้ำต้องมีความเร็วเดียวกันและสม่ำเสมอ
- Velocity Gradient, G = 20-100 s^{-1}
- ระยะเวลารวมตะกอน 20-40 นาที

การเกิด Floc ขึ้นอยู่กับ

- ปริมาณและขนาดสารตะกอน
- อัตราเร็วการรวมตัวประจุ -/+
- ความสามารถในการเกาะจับ ระดับการกวน
- อุณหภูมิ ความหนาแน่นของน้ำ พื้นที่ผิวแผ่นกวน คุณลักษณะน้ำที่ถูกกวน
- ปริมาณสารเคมีที่ใส่ลงถังผสมเร็ว

ประเภทของถังกวนช้า

1. ถังกวนช้าที่ใช้ใบพัด

1.1 ใบพาย (Paddle and Reel)ให้หมุนในทิศทางของน้ำหรือตัดน้ำ

1.2 Turbine แผ่นจานหมุนที่มีใบพัดเล็ก

1.3 Propeller ใบพัดเรือ กวนช้าสม่ำเสมอมากสุด

ประเภทของถังกวนช้า

2. ถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นน้ำ

- การบังคับให้น้ำไหลวน คดเคี้ยวไปมาด้วยแผ่นกั้นน้ำ สร้างความปั่นป่วน (G)
- ความเร็วของน้ำต้องไม่ต่ำเกินไป

2.1 แบบบังคับให้น้ำไหลวนแนวระนาบ

2.2 แบบบังคับให้น้ำไหลวนแนวดิ่ง

Baffle Basin

-Velocity Gradient (G) 20-50 sec^{-1}

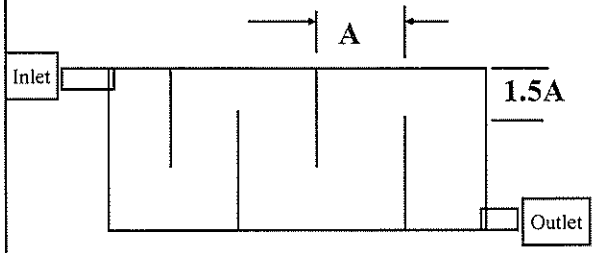
-ระยะเวลากักเก็บน้ำ (T) 20-50 mim

-ระยะห่างระหว่างแผงกั้นไม่น้อยกว่า 0.45m

-ความเร็วของการไหล 0.15-0.45 m/sec

แบบของถังกวน ...2 แบบ

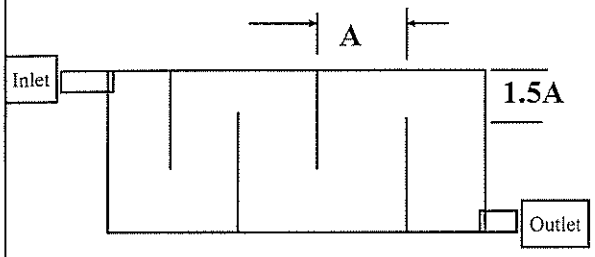
(1)ถังกวนแบบไหลในแนวระนาบ



Plan

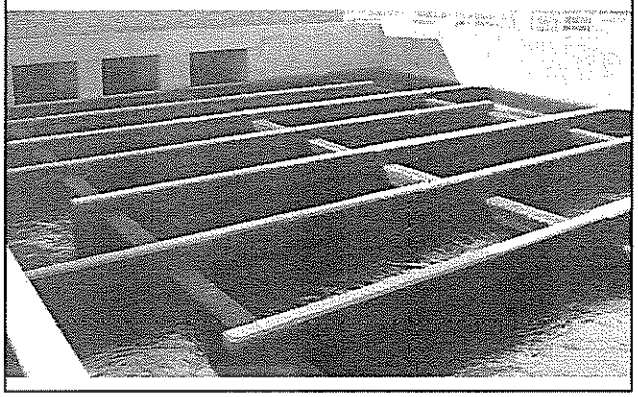
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(2)ถังกวนแบบไหลขึ้น-ลง



Side

รูปแบบแผ่นกั้นน้ำ



Flocculation สามารถกำจัด

- ความขุ่น สี
- Bacteria, Algae,
- plankton organism
- สารทำให้เกดกลิ่นและรส
- Phosphate

การตกตะกอน (Sedimentation)

การแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลวด้วยแรงดึงดูดของโลก ตะกอน Floc กับน้ำจะไหลเข้าถังตกตะกอน น้ำไหลช้าๆ ทำให้ตะกอนจมลง

การตกตะกอน (Sedimentation)

การแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลวด้วยแรงดึงดูดของโลก ทำให้ได้น้ำใส กับตะกอน

ถ้าจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้น้ำใส (Clarification)

ถ้าจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้ sludgeที่มีความเข้มข้นสูงสุด..เรียก "Thickenning"

การจำแนกการตกตะกอน....

ขึ้นกับความเข้มข้นและลักษณะสมบัติของของแข็ง

1) การตกตะกอนแบบโดด (Discrete Settling)
2) การตกตะกอนรวมกลุ่ม(flocculent Settling)
3) การตกตะกอนแบบแบ่งชั้น (zone Settling)
4) การตกตะกอนแบบอัดตัว(Compression Settling)

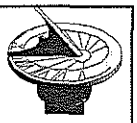
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประเภทของการตกตะกอน

1) การตกตะกอนของอนุภาคโดด

* การตกตะกอนอนุภาคที่มีปริมาณความเข้มข้นน้อย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่างในระหว่างการตกตะกอน

2) การตกตะกอนของกลุ่มตะกอน



* การตกตะกอนเบา อนุภาคจะจับตัวรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่

3) การตกตะกอนแบบแบ่งชั้น

* มีปริมาณตะกอนแขวนลอยปานกลาง

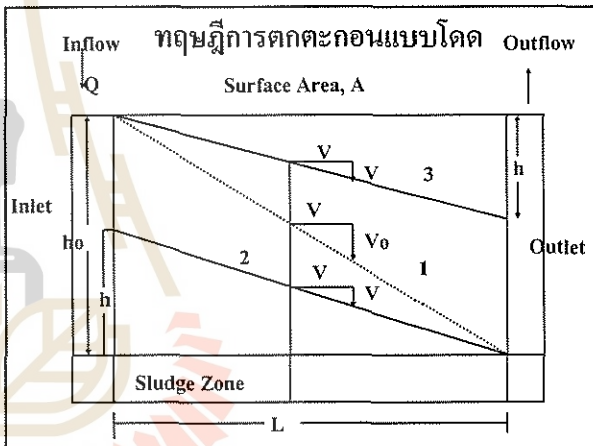
* มีการแบ่งชั้นระหว่างน้ำใสกับตะกอน

4) การตกตะกอนแบบอัดตัว

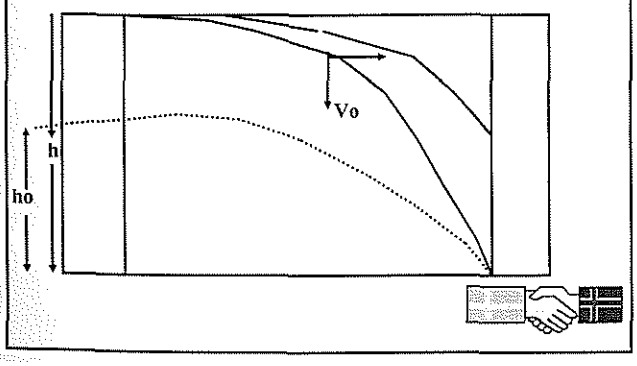
* มีตะกอนแขวนลอยมาก

* ตะกอนส่วนบนทับถมตะกอนส่วนล่าง

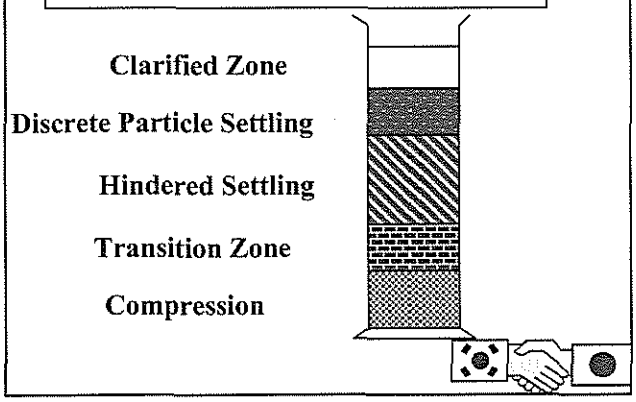
ทฤษฎีการตกตะกอนแบบโดด



1.2) ทฤษฎีการตกตะกอนแบบรวมกลุ่ม



1.3) ทฤษฎีการตกตะกอนแบบแบ่งชั้น



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลักษณะการทำงานของถังตกตะกอนมีดังนี้

1. ส่วนน้ำไหลเข้า (Inlet Zone)
2. ส่วนตกตะกอน (Setting Zone)
3. ส่วนตะกอนทับถม (Sludge Zone)
4. ส่วนน้ำไหลออก (Outlet Zone)

ประเภทของถังตกตะกอน

1. ถังตกตะกอนแบบธรรมดา
   - 1.1 แบบไหลในแนวนอน
   - 1.2 แบบไหลในแนวดิ่ง

2. ถังตกตะกอน แบบแผ่น (Plate) แบบท่อ
   - 2.1 ท่อเอียงน้อย (5 องศา)
   - 2.2 ท่อเอียงมาก (45-60 องศา)

ประเภทของถังตกตะกอน (ต่อ)

3. ถังตกตะกอนแบบ Solid Contact
- ถังตกตะกอนมีกระบวนการ Coagulation อยู่ภายใน
- นิยมกำจัดความกระด้างด้วยปูนขาว-โซดาแอช ราคาถูก ดูแลต่ำ
  - 3.1 แบบหมุนเวียน Sludge
  - 3.2 แบบมีชั้น Sludge

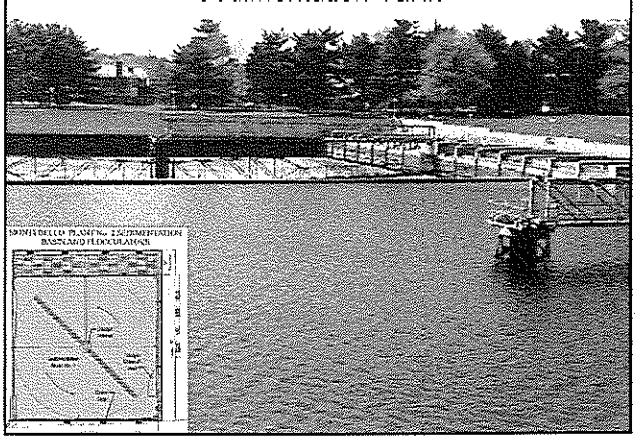
หลักเกณฑ์ในการออกแบบถังตกตะกอน

1. ลักษณะสมบัติด้านการตกตะกอนของอนุภาคแขวนลอย
2. ลักษณะสมบัติด้านชลศาสตร์ถังตกตะกอน
3. พื้นที่ถังตกตะกอน
4. ความลึก ระยะเวลากักน้ำของถังตกตะกอน
5. อัตราเร็วของน้ำที่ไหลผ่านถัง

หลักเกณฑ์ในการออกแบบถังตกตะกอน

6. ทางน้ำเข้าและทางน้ำออกของถังตกตะกอน
7. การจัดการ Sludge ของถังตกตะกอน
8. พื้นที่ถังตกตะกอน

Sedimentation Tank



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Conclusion

- Flocculation
- ถังกวนช้า
- การจำแนก ประเภท ทฤษฎี Sedimentation
- หลักเกณฑ์ในการออกแบบ

Filtration การกรอง

- ขบวนการสุดท้ายในการกำจัดความขุ่นและคอลลอยด์ คุณสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ ออกจากน้ำดิบ
- วัดความขุ่นได้ 5 NTU
- น้ำไหลผ่านทรายหรือตัวกลาง

Filtration

- Surface Filtration การกรองแบบติดผิว
- In-Depth Filtration การกรองแบบติดค้างในชั้นสารกรอง

Surface Filtration (การกรองแบบติดผิว)

- Bar Filter
  - -Microscreen
  - -Filter Press
  - -Vacuum Filter
- Porous Media Filter
  - -Cartridge Type Filter
- Pre-coated Filter
  - -Diatomaceous Earth Filter

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

In-Depth Filtration

Classification of In-Depth Filtration

(1) Classify to Filtration Rate

(A) Rapid Sand Filter

(B) Slow Sand Filter

(2) Classify to Types of Filter Media

(A) Sand Filter

(B) Carbon Filter

In-Depth Filtration (Cont)

(C) Dual Media Filter

(B) Mixed Media Filter

(3) Classify to Flow Direction of Water

(A) Downflow Filter

(B) Upflow Filter

(C) Biflow Filter

In-Depth Filtration (Cont)

(4) Classify to Alignment of Filter Media

(A) Coarse to Fine Filter

(B) Fine to Coarse Filter

(5) Classify to Flow of Water

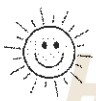
(A) Pressure Filter

(B) Gravity Filter

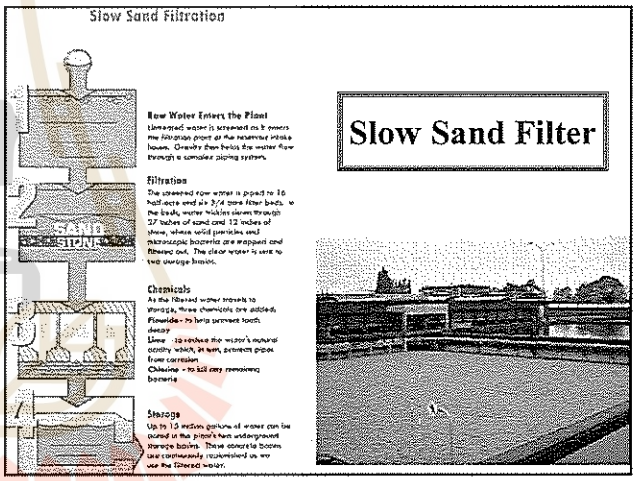
Types of Filtration

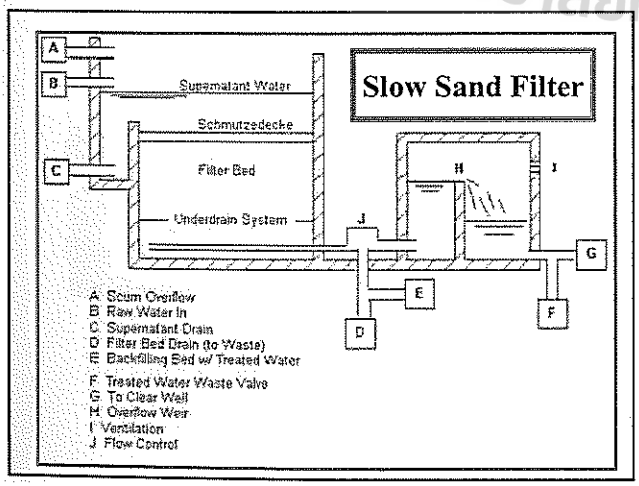
- Slow Sand Filter
- Multi-Media Filter
- Rapid Sand Filter

Slow Sand Filter



- น้ำที่มีความขุ่นต่ำ ไม่ต้องใช้สารเคมี ไม่ต้องใช้ถังตกตะกอน เหมาะสำหรับใช้ในชนบท
- น้ำจะพักบนทรายกรอง 3-12 ชม. และไหลผ่านผิวหน้าทรายมีฟิล์มเมือก(Schmutzdecke)+(Algae) ซึ่งย่อยสลายสารอินทรีย์ สี
- "Bio Filter" (ถังกรองชีวภาพ)
- 3 ชั้นคือ ชั้นทรายหยาบ ชั้นกรอง ชั้นกรองช้า





Rapid Sand Filtration

- กรองน้ำได้สูงมาก ล้างโดยให้น้ำไหลย้อน
- ไม่มีปฏิกิริยาทางชีวจุลินทรีย์

1. กรองโดยตรง (Direct Filtration) ไม่มีการกำจัดความขุ่น
2. กรองน้ำจาก Coagulation-Flocculation ล้างเครื่องกรองยาก

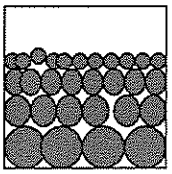
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

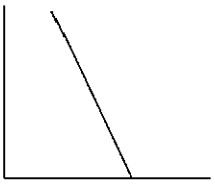
เครื่องกรองน้ำแบบหลายชั้นกรอง

-สารกรองขนาดใหญ่อยู่ข้างบน ถ่วงจำเพาะน้อยกว่า

Media	Specific Gravity	Effective Size
Silica Sand	2.65	0.5mm
Anthracite Coal	1.5	0.7mm (~1 mm)
Garnet Sand	4.2	0.4-0.6
Ilmetite	4.5	0.3mm

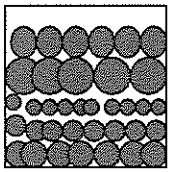
ชั้นทรายกรองเครื่องกรองแบบธรรมดา

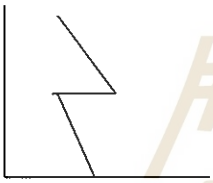




Grain Size

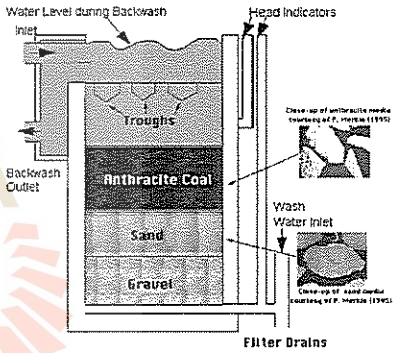
เครื่องกรองแบบสองชั้นกรอง



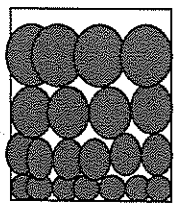


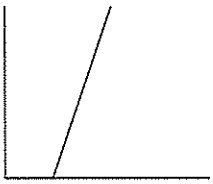
Grain Size

เครื่องกรองแบบสามชั้นกรอง



เครื่องกรองแบบอุดมคติ





Grain Size

กลไกการกรองน้ำ

1.การเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยเข้าสู่สารกรอง

- เคลื่อนที่ตามธรรมชาติ ถ้า< 1 um
- เคลื่อนที่ตามเส้นทางการไหลของน้ำ ถ้า > 1 um ประสิทธิภาพการเคลื่อนย้ายแปรตรงกับสารแขวนลอย สารแขวนลอยขนาดประมาณ 1 um กรองออกได้ยาก

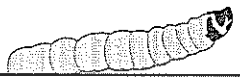
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กลไกการกรองน้ำ (ต่อ)

2.กลไกการจับสารแขวนลอย

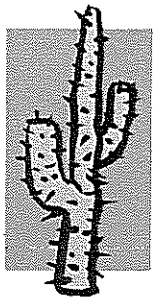
- การดูดติดผิว คอลลอยด์เกาะจับบนสารกรอง
- ทำลายประจุไฟฟ้าคอลลอยด์ให้เป็นกลาง

สารแขวนลอยขนาดใหญ่จะตกบนสารกรองถ้าเล็กอาศัยแรงแพร่กระจายและ และกลไกดูดติดผิว



ส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องกรอง

- ชั้นทรายกรองและชั้นวัสดุรองรับสารกรอง
- ระบบระบายน้ำที่กรองแล้ว
- ระบบล้างเครื่องกรอง
- ระบบท่อน้ำเข้าหรือท่อน้ำออก
- ห้องเก็บท่อและวาล์วต่างๆ
- ระบบควบคุมเครื่องกรอง



ส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องกรอง

1.ชั้นทรายกรอง

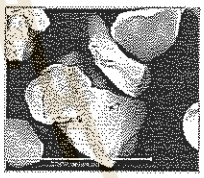
- คุณภาพน้ำขึ้นอยู่กับขนาดและความสูงของชั้นกรอง สารกรองที่นิยมคือ ทรายซิลิกา ทรายกาเน็ท ถ่านแอนทราไซต์

2. ชั้นวัสดุรองรับสารกรอง

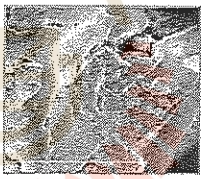
- กรวดหรือหิน ขนาด 1/4 นิ้ว - 2 นิ้ว เรียงเป็นชั้นๆ สูง 10-24 นิ้ว

รูปร่างของสารกรอง

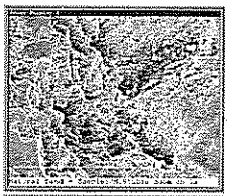
1



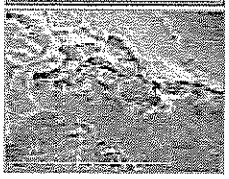
2

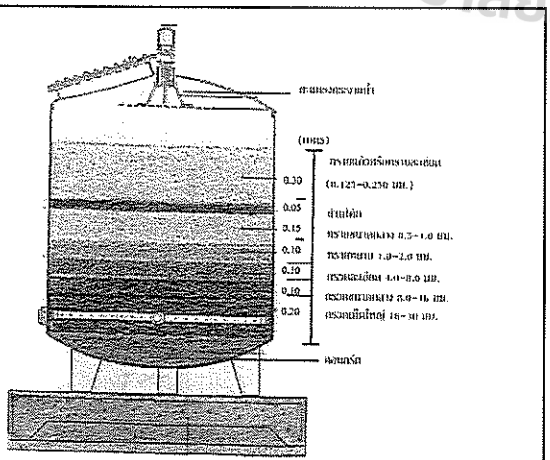


3



4





ส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องกรอง

3. ระบบล้างเครื่องกรองน้ำ

น้ำไหลเข้าตอนล่างของถังผ่านชั้นกรวดและทราย ต้องมีการกวนที่ผิวชั้นกรอง เพื่อให้เกิดการขัดสีของเม็ดสารกรอง

- เครื่องล้างผิวหน้าชั้นกรองแบบโรตารี
- แบบอยู่กับที่
- แบบลม และแบบใช้คราด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกรองน้ำ

1. การเตรียมน้ำก่อนกรอง
2. ความแปรปรวนของอัตรากรอง
3. ขนาดของสารกรอง
4. อัตราล้างย้อน

5. คุณภาพของน้ำดิบ
6. ความหนาของชั้นกรอง
7. อายุของเครื่องกรองน้ำ

Conclusion

- **Flocculation**
- ถังกวนช้า
- การจำแนก ประเภท ทฤษฎี การออกแบบ Sedimentation
- การกรอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การสร้างตะกอน-การรวมตะกอน
(Flocculation & Coagulation)
การตกตะกอน (Sedimentation)
การกรอง (Filtration)

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์

นักศึกษาสามารถอธิบายวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำต่อไปนี้ได้อย่างถูกต้อง

1. การสร้างตะกอนและการรวมตะกอน
2. การตกตะกอน
3. การกรอง

Outline

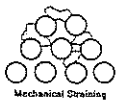
- Coagulation and Flocculation
- Colloidal
- Coagulant, Jar Test
- Rapid Sand Filtration
- Rapid Mixing

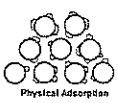
Coagulation and Flocculation

- Colloidal Particle มีขนาด 10^{-9} mm - 10^{-6} mm ไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยน้ำหนักตัวเองในเวลาจำกัด
- เครื่องกรองในระบบประปากำจัดได้ไม่หมด
- Floc การจับกลุ่มของคอลลอยด์จนเป็นก้อน

Coagulation and Flocculation

- Coagulation กระบวนการในการทำให้คอลลอยด์หลายๆอนุภาคจับตัวกันเป็น Floc
- Flocculation การทำให้อนุภาคคอลลอยด์เกิดการสัมผัสและเกาะติดกันเป็น Floc





ขั้นตอนการเกิด Coagulation

1) การทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์
- ลดแรงผลักระหว่างอนุภาคไปทางใดทางหนึ่ง

2) การทำให้คอลลอยด์เคลื่อนมาสัมผัสกันให้มากที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พฤติกรรมของคอลลอยด์

- คอลลอยด์ที่มีเสถียรภาพสูง ไม่ตกตะกอน
- ระบบคอลลอยด์ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก กระจายในสารตัวกลาง
- อนุภาคต่าง ๆคือ Dispersed Phase สารตัวกลางคือ Dispersed Medium
- Hyophobic แรงยึดเหนี่ยวของคอลลอยด์ที่มีขนาดอ่อน Hyophilic -ตรงข้าม

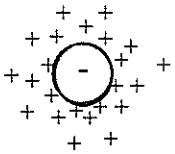
พฤติกรรมของคอลลอยด์ (ต่อ)

☑คุณสมบัติทางไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์มักเป็นประจุลบ Hyophobic ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาค ไม่รวมตัวเป็นกลุ่มก้อน

ประจุไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่ทำให้คอลลอยด์มีเสถียรภาพ

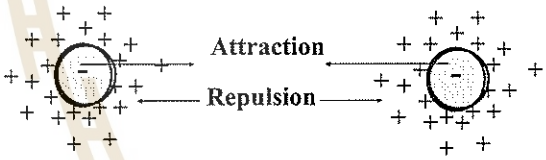
- Electric Double Layer Theory

Electric Double Layer Theory



- ประจุลบสร้างแรงดึงดูดให้ประจุบวกในน้ำวิ่งหา
- อิออนบวก (Counter ion) สูงสุดในบริเวณอยู่ติดกับคอลลอยด์
- Zp ศักย์ไฟฟ้าบนผิวอนุภาคคอลลอยด์

เสถียรภาพของ “Colloids”

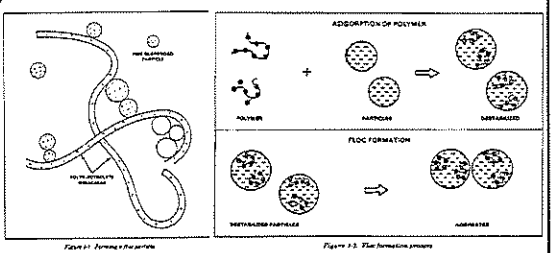


- เสถียรภาพของคอลลอยด์ขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างอนุภาค
- แรงดูดต้องมากกว่าแรงผลัก (Zp) ทำให้คอลลอยด์รวมเป็น Floc ได้ (Van der Waal Force)

การทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์

- การลดความหนาของชั้นกระจาย
- การดูดติดและทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์
- การใช้ผลึกสารอินทรีย์เพิ่มน้ำหนักและขนาดของอนุภาคคอลลอยด์
- การใช้สารโพลิเมอร์เป็นสะพานเชื่อม

Coagulation and flocculation processes



Source: www.globalsecurity.org/.../fm/10-52-1/Ch1.htm

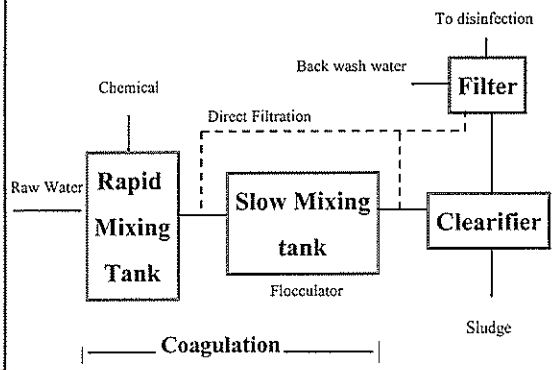
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ความสำคัญของ Coagulation

กระบวนการ Coagulation สามารถกำจัดสาร:

- อนุภาคคอลลอยด์สารอนินทรีย์
- Asbestos
- Color, Humic Acid
- Algae, Bacteria and other microorganism
- Toxic synthetic Organic substance

กระบวนการ Coagulation



สารเคมีที่ใช้

- **Coagulant, Flocculent, Coagulant aid**
- สารเคมีที่นิยมใช้คือ $Al_2(SO_4)_3 14.3H_2O$
- **Coagulant aid: Polyelectrolyte**
- เมื่อเติม **Coagulant** จะแตกตัว (+/-) ทำปฏิกริยากับ OH^- เกิดสารประกอบโลหะ OH(+) ทำให้ความขุ่น(-)เป็นกลาง

สารเคมีที่ใช้ (ต่อ)

1. การใช้สารส้มร่วมกับปูนขาว
   - เหมาะสำหรับน้ำที่มีความเป็นด่างต่ำ
   - ทำให้เกิดความกระด้างถาวร ($CaSO_4$)
2. สารส้มรวมกับโซดาแอซ
   - ไม่มีความกระด้างเพิ่มขึ้นแต่แพงกว่า
3. $FeSO_4$ และปูนขาว
   - ต้องคุมปริมาณปูนขาวให้ถูกต้อง

สารเคมีที่ใช้ (ต่อ)

4. การใช้ $FeCl_3$
   - เหมาะสำหรับน้ำอ่อนที่มีสีเข้ม $Fe(OH)_3$
   - สร้าง Coagulation กับน้ำที่มี H_2S
5. $Fe_2(SO_4)$ กับ Chlorine
   - $FeCl_3$, $Fe_2(SO4)_3$ Chlorinated Coppera
   - Coagulation เกิดช่วง pH กว้างกว่า

สารเคมีที่ใช้ (ต่อ)

6. $MgCO_3$ และ ปูนขาว
   - ได้ผลึกของ $Mg(OH)_2$ คล้ายปุยของ $Al(OH)_3$
   - ลดปัญหาการกำจัดตะกอน ได้ $MgCO_3$
7. Coagulant aid
   - Activated silica, Polymer, Clay
   - Cationic, Anionic, Non-ionic Polymer

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Coagulant

Source: behnmeyerkimia.indonetwork.net/.../coagulant.htm

การเลือกสาร Coagulant

- สารส้มและสารประกอบเหล็ก

1.สารเคมีสำหรับกำจัดความขุ่น

- น้ำขุ่นมากและด่างสูง: สารส้ม ผลดีที่ pH 6-7 $FeCl_3$ ผลดี pH 5-7 Coagulant aid ควรใช้ polymer ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ
- น้ำขุ่นสูง แต่ด่างต่ำ: Polymer ใช้ได้ดี สารส้มและเกลือเฟอริคใช้ได้ต้องระวัง pH ลดต่ำลง

การเลือกสาร Coagulant (ต่อ)

- น้ำขุ่นน้อยและด่างสูง: เติม "เป้าสัมผัส" ก่อนเติม Coagulant หรือpolymer และใช้ สารส้มและเกลือเฟอริคในปริมาณสูง
- น้ำขุ่นน้อย ด่างน้อย: Coagulation ยากสุด ควรเติมปูนขาวหรือด่างเพื่อเพิ่ม Buffer หรือเติมเป้าสัมผัส เช่น Kaolin หรือสารเฉื่อย

การเลือกสาร Coagulant (ต่อ)

2.Coagulation สำหรับกำจัดสี

- Humic and Fulvic acid: สารส้ม ผลดีที่ pH5 $FeSO_4$ ผลดี pH4 Coagulant aid ควรใช้ polymer ที่มีประจุบวก
- การหาปริมาณและชนิด Coagulant ที่เหมาะสมทำโดย Jar Test

การเลือกสาร Coagulant (ต่อ)

3. Coagulation กำจัดสีและความขุ่นพร้อมกัน

- เรื่องยาก เนื่องจากสีจาก Humic and Fulvic acid: ความขุ่นจากดินเหนียว ต้องใช้ polymer มาก
- สารส้มและสารประกอบเหล็ก
- Cationic polymer
- pH

การควบคุมกระบวนการ Coagulation

- ปริมาณและชนิดของสาร Coagulant
- ระดับ pH ของน้ำ
- Gradient Velocity
- Mixing time

Coagulation ต้องควบคุม pH และ Coagulant ที่เหมาะสม โดย Jar Test and Zeta potential measurement

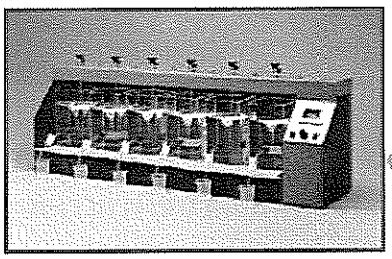
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทำ Jar-Test

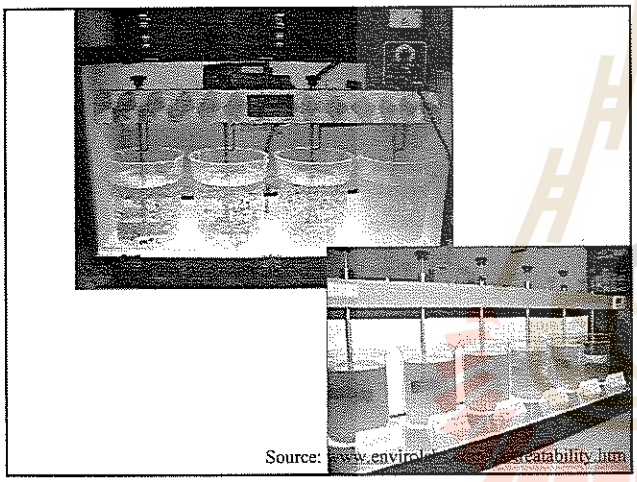
การทดสอบหาปริมาณของสารสร้างตะกอน

หลักการ

นำน้ำที่จะทดสอบใส่บีกเกอร์ เติมสารส้มตามปริมาณที่ต้องการทดสอบ ใส่ช่วงใบพัดกวนเร็ว เริ่มด้วยกวนเร็ว 80-100 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที แล้วกวนช้า 30 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที จดบันทึกเวลาเริ่มมี Floc ปรากฏให้เห็น



ปล่อยให้ตกตะกอน อีก 30 นาที สังเกตบีกเกอร์ที่มีตะกอนรวมตัวและตกตะกอนได้ดีที่สุด

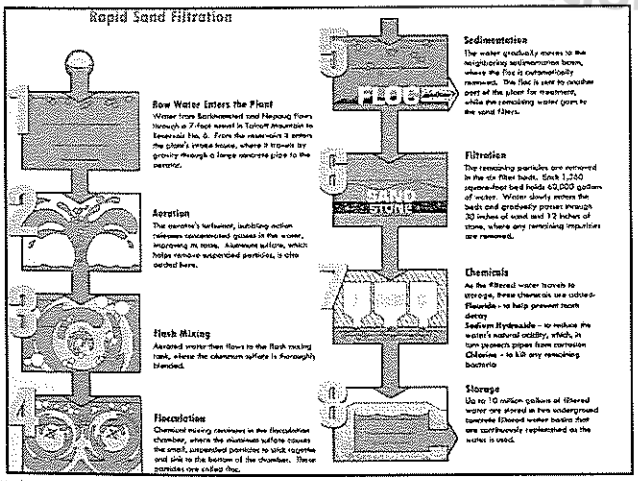


Source: www.enviro[illegible]eatability.htm

ระบบประปาทรายกรองเร็ว

Rapid Sand Filtration

- เหมาะแหล่งน้ำผิวดินที่มีความขุ่นสูง
- กระบวนการใช้สารเคมีกำจัดความขุ่น
- เกิด Floc ตกตะกอน
- น้ำใสจะเข้าสู่ถังทรายหยาบ
- กระบวนการประกอบด้วย ผสมเร็ว รวมตะกอน ตกตะกอน กรอง

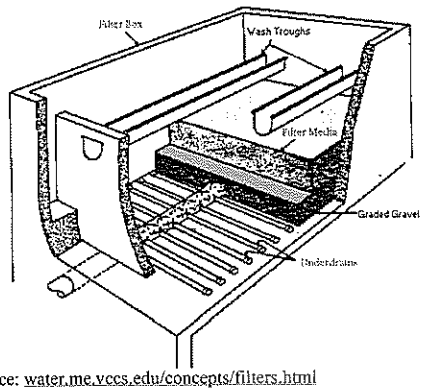


การผสมเร็ว Rapid Mixing

- การทำให้น้ำดิบกับ Coagulant (สารส้ม Conc: 120 g/l, $FeCl_3$ Conc: 600 g/l 3-4 วัน) ผสมรวดเร็วและทั่วถึง
- Coagulant เติมจุดที่น้ำดิบมีการไหลด้วยความเร็วสูง (Hydraulic jump, Baffles)
- Floc น้อย pH ต่ำ เติมปูนขาว>>5-7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Rapid sand filtration



Source: water.me.vccs.edu/concepts/filters.html

หลักเกณฑ์การออกแบบ

สิ่งที่ต้องทราบ :

(1) อัตราการใช้น้ำต่อคนต่อวัน, Liter per day

(2) จำนวนประชากรในพื้นที่นั้น, คน

โจทย์ ความต้องการน้ำ 200 lpd ป.ช.ช.ในพื้นที่ 25,000 คน

Q average = จำนวนประชากร x อัตราการใช้น้ำ

$= 25{,}000 \text{ person} \times \frac{200 \text{ liter}}{\text{person.day}}$

$= 500{,}000 \text{ lite} \times \frac{1 \text{ m}^3}{\text{day} \quad 1{,}000 \text{ lite}}$

$= 5{,}000 \text{ m}^3/\text{day}$

Safety Factor Q Max = 1.5Q average

$= 1.5 \times 5{,}000 \text{ m}^3/\text{day}$

$= 7{,}500 \text{ m}^3/\text{day}$

เมื่อทราบ Q แล้ว เราสามารถเลือกขนาด Pump ได้ ซึ่งต้องทราบว่าโรงประปาทำงานกี่ชั่วโมงต่อวัน

การทำงานของโรงประปา

(1) 24 ช.ม./วัน

(2) 12 ช.ม./วัน

(3) 8 ช.ม./วัน

สมมติว่าโรงประปานั้นทำงาน 12ช.ม./วัน ดังนั้นต้องเลือกปั๊มที่สามารถสูบน้ำได้ (m^3/hr.)

$= \frac{7{,}500 \text{ m}^3/\text{day}}{12 \text{ hr./day}} = 625 \text{ m}^3/\text{ hr.}$

การเลือก Mixing Tank....3 แบบ

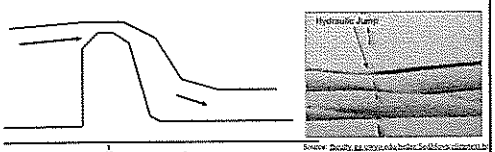
(1) แบบที่ 1 Hydraulic Jump

(2) แบบที่ 2 Mechanical Mixer

(3) แบบที่ 3 In-Line Blender

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(1) แบบที่ 1 Hydraulic Jump



-ไม่ต้องใช้เครื่องจักรใด

-เวลาในการกวนที่เหมาะสม(T) ~ 2 sec

-ความเร็วลาด (G) ~ 800 sec^{-1}

-ความเสียดทาน(H) > /= 1 ft

(2) แบบที่ 2 Mechanical Mixer

-ใช้เครื่องกวนแบบ Paddle , Turbine, Propeller

-เวลาในการกวนที่เหมาะสม(T) ~ 30-60 sec

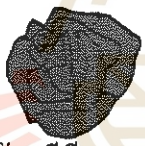
-ความเร็วลาด (G) ~ 700-1,000 sec^{-1}

ข้อแนะนำการออกแบบ Mechanical Mixer :

-ถังรูปทรงจัตุรัสได้ผลดีกว่าทรงกระบอก

-ใบพัดแบนให้ผลดีกว่าใบพัดลมหรือพัดเรือ

-การออกแบบอาจออกแบบเป็นแบบ 1 ถังหรือหลายถัง



-หลายถังดีกว่าถังเดียว

-การเติมสารCoagulant ที่ใบพัดจะให้ผลดีที่สุด

(3) แบบที่ 3 In-Line Blender

-เป็นการบดอัดน้ำในเส้นท่อ

-เวลาในการกวนที่เหมาะสม(T) ~ 0.5 sec

-ความเร็วลาด (G) ~ 3,000-5,000 sec^{-1}

- พลังงานที่ต้องการใช้ (P) ~0.5 HPต่ออัตราการไหลของน้ำ 1 mgd

-ความเสียดทาน(H) 1-3 ft

การคำนวณ Hydraulic Jump

สมมติ Q = 625 m^3/hr Time 2 sec

แปลงหน่วย Q m^3/hr เป็น ft/sec

$$\text{สมมติ } Q = \frac{625\ m^3}{hr} \times \frac{35.288\ ft^3}{1\ m^3} \times \frac{1\ hr}{3{,}600\ sec}$$

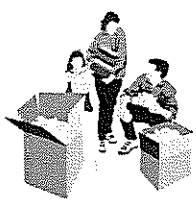
$$= 6.13\ ft^3/sec$$

(1) หาปริมาตรของถังกวน : Time 2 sec

$Q = V/T$ $V = QT$

$$= \frac{6.13\ ft^3 \times 2\ sec}{sec}$$

$$= 12.26\ ft^3$$



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(2) หาพลังงานที่ต้องการใช้ในการกวน (P)
สูตรการคำนวณ

$$G = \left(\frac{P}{uV} \right)^{1/2}$$

G = ความเร็วลาด, sec^{-1}

P = กำลังงานที่ให้, ft-lb/sec

u = ความหนืด, $lb\text{-}sec/ft^2$

V = ปริมาตร, ft^3

-ความเร็วลาด (G) ~ 800 sec^{-1}

-ความหนืด (u) คิดที่ 8 °C

แปลงหน่วย u จาก Centipoiseเป็น $lb\text{-}sec/ft^2$

1 Centipoise = 2.088×10^{-5} $lb\text{-}sec/ft^2$

u ที่ 8 = 1.387 Centipoise

$= 1.387 \times 2.088 \times 10^{-5}$ $lb\text{-}sec/ft^2$

$= 2.9 \times 10^{-5}$ $lb\text{-}sec/ft^2$

แทนค่าสูตร

$$G = \left(\frac{P}{uV} \right)^{1/2}$$

$$P = G^2 uV$$

$= 800^2 \times 2.9 \times 10^{-5} \times 12.26$

= 227.54 ft-lb/sec

(2) หากำลังม้าของมอเตอร์ (HP) 1 HP = 550 ft-lb/sec

ถ้ากำลังที่ใช้ 227.54 ft-lb/sec =

$$\frac{227.54 \text{ ft-lb/sec}}{550 \text{ HP}} = 0.413 \text{ HP}$$

มอเตอร์สามารถทำงานได้ 80%

= 0.413 HP*0.8 = 0.33 HP

ดังนั้นเลือกมอเตอร์ 0.5 หรือ 1 HP

การคำนวณ Mechanical Mixer

สมมติ Q = 625 m^3/hr

แปลงหน่วย Q m^3/hr เป็น ft/sec

สมมติ Q = $\frac{625 \text{ m}^3}{\text{hr}} \times \frac{35.288 \text{ ft}^3}{1 \text{m}^3} \times \frac{1 \text{ hr}}{3{,}600 \text{ sec}}$

$= 6.13 \text{ ft}^3/\text{sec}$

(1) หาเวลาในการกวนที่เหมาะสม (T)
สูตรการคำนวณ

$$Gt_{opt.} = \frac{5.9 \times 10^6}{C^{1.46}}$$

สมมติปริมาณการใช้ Alum ที่เหมาะสม = 31 mg/l

$$= \frac{5.9 \times 10^6}{31^{1.46}} = 39{,}200$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากเกณฑ์การออกแบบ

-เวลาในการกวนที่เหมาะสม(T) ~ 30-60 sec

-ความเร็วลาด (G) ~ 700-1,000 sec^{-1}

T (sec)	20	30	40	>40
G(Sec-1)	1,000	900	790	700

จาก G x $T_{opt.}$ = 39,200

ถ้า G = 1,000 ..... T = 39.2 sec

G = 700.....T = 56 sec

เลือกใช้ $T_{opt.}$ 50 sec.....G=700

(2) หาปริมาตรของถัง (V)

T=50 , Q= 6.13 ft^3 /sec

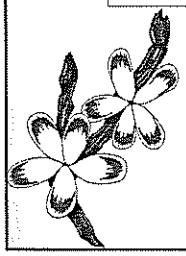
$$V = QT$$

$$= \frac{6.13\ ft^3 \times 50\ \cancel{sec}}{\cancel{sec}} = 306.5\ ft^3$$

(3) หาพลังงานที่ต้องการใช้ในการกวน(P)

สูตรการคำนวณ

$$G = \left(\frac{P}{uV}\right)^{1/2}$$



G = ความเร็วลาด, sec^{-1}

P = กำลังงานที่ให้, ft-lb/sec

u = ความหนืด, lb-sec/ft^2

V = ปริมาตร, ft^3

G = 700 sec^{-1} P = กำลังงานที่ให้, ft-lb/sec

u ที่ 8 c = 2.9 x 10^{-5} lb-sec/ft^2 V = 306.5 ft^3

แทนค่าสูตร $G = \left(\frac{P}{uV}\right)^{1/2}$

$P = G^2 uV$ = 700^2 x 2.9 x 10^{-5} x 306.5

= 4,355.37 ft-lb/sec

(4) หากำลังม้าของมอเตอร์ (HP)

1 HP = 550 ft-lb/sec

ถ้ากำลังที่ใช้ 4,355.37 ft-lb/sec

$$= \frac{4,355.37\ ft\text{-}lb/sec}{550\ HP} = 7.92\ HP$$

มอเตอร์สามารถทำงานได้ 80%

= 7.92 HP*0.8 = 6.34 HP

ดังนั้นเลือกมอเตอร์ 10 HP

(5) หาจำนวนรอบของการกวน (HP)

สูตรการคำนวณ $P = \frac{k.p.n^3.D^5}{g}$

P = กำลังที่ต้องการ , ft-lb/sec

K = ค่าคงที่ , ตามตาราง g = 32.2 ft/ sec^2

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด, ฟุต

n = จำนวนรอบต่อวินาที

p = ความหนาแน่นของของเหลว, lb/ft^3 = 62.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Impeller	Turbulent Range
Propeller,Square Pitch, 3 blades	0.32
Propeller, Pitch of Two, 3 blades	1
Turbine, 6 flat Blades	6.3
Turbine, 6 Curved Blades	4.8
Fan Turbine, 6 Blades	1.65
Turbine,6Arrowhead Blades	4
Flat,6 Paddles	1.7
Shrouded Turbine, 2 Curved Blades	1.08
Shrouded Turbine with Stator	1.12

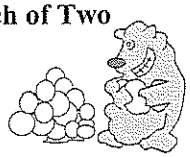
แทนค่าสูตร $P = \frac{k.p.n^3.D^5}{g}$

P =4,355.37 lb-ft/sec

สมมติใบพัดกวนมีเส้นผ่าศก. 2 ft

สมมติใบพัดแบบ Propeller Pitch of Two

ดังนั้น k=1



$4{,}355.37 = \frac{1 \times 62.4 \times n^3 \times 2^5}{32.2}$

$n^3 = 70.24$

n = 4.13 = 4 รอบต่อวินาที

= 240 rpm

การคำนวณ In-Line Blender

- เป็นการบดอัดน้ำในเส้นท่อ
- เวลาในการกวนที่เหมาะสม(T) ~ 0.5 sec
- ความเร็วลาด (G) ~ 3,000-5,000 sec^{-1}
- พลังงานที่ต้องการใช้ (P) ~0.5 HPต่ออัตราการไหลของน้ำ 1 mgd
- ความเสียดทาน(H) 1-3 ft

(1) หาปริมาตรของ in-line : Time 0.5 sec

$V = QT$

$= \frac{6.13\ ft^3 \times 0.5\ sec}{sec}$

$= 3.065\ ft^3$

(2) หาพลังงานที่ต้องใช้ในการบดอัด (P)

1 gallon = $3.7854 \times 10^{-3}\ m^3$

แปลง Qmax จาก m^3/hr เป็น mgd

$Q_{max} = \frac{625\ m^3}{hr} \times \frac{1 gal}{3.7854 \times 10^{-3} m^3} \times \frac{12\ hr}{1\ day}$

= 1,981,296.56 gal/day

= 1.98 mgd

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กำลังแรงม้า (HP) = Water HP x Q

= 0.5 x 1.98 mgd = 0.99 HP

P มีหน่วยเป็น ft-lb/sec | 1 HP = 550 ft-lb/sec

ดังนั้น $P = \frac{0.99\ HP \times 550\ ft\text{-}lb/sec}{1\ HP}$

= 544.5 ft-lb/sec

(3) หากำลังม้าของมอเตอร์ (HP) = 0.99 HP

มอเตอร์สามารถทำงานได้ 80%

= 0.99*0.8 = 0.79 HP

ดังนั้นเลือกมอเตอร์ 1 HP

(3) หาความเร็วลาด (G) ในการออกแบบเหมาะสมหรือไม่

P = 544.5, ft-lb/sec

u ที่ 8 c = 2.9×10^{-5} lb-sec/ft^2

V = 3.065 ft^3

แทนค่าสูตร $G = \left[\frac{P}{uV}\right]^{1/2}$

$= \left[\frac{544.5\ ft\text{-}lb/sec}{2.9\ 10^{-5}\ lb\text{-}sec/ft^2 \times 3.065\ ft^3}\right]^{1/2}$

= 2,499.9 sec^{-1}

ค่า G ที่ได้ไม่อยู่ในช่วง3,000-5,000 sec^{-1} ตามที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงต้องปรับเวลาในการกวน

ปรับเวลาการกวนเป็น (T) 0.3 วินาที

Q = V/T V = QT

$= \frac{6.13\ ft^3 \times 0.3\ sec}{sec}$

= 1.84 ft^3

แทนค่าสูตร $G = \frac{(P)^{1/2}}{uV}$

$= \left[\frac{544.5\ ft\text{-}lb/sec}{2.9\ 10^{-5}\ lb\text{-}sec/ft^2 \times 1.84\ ft^3}\right]^{1/2}$

= 3,194.4 sec^{-1}

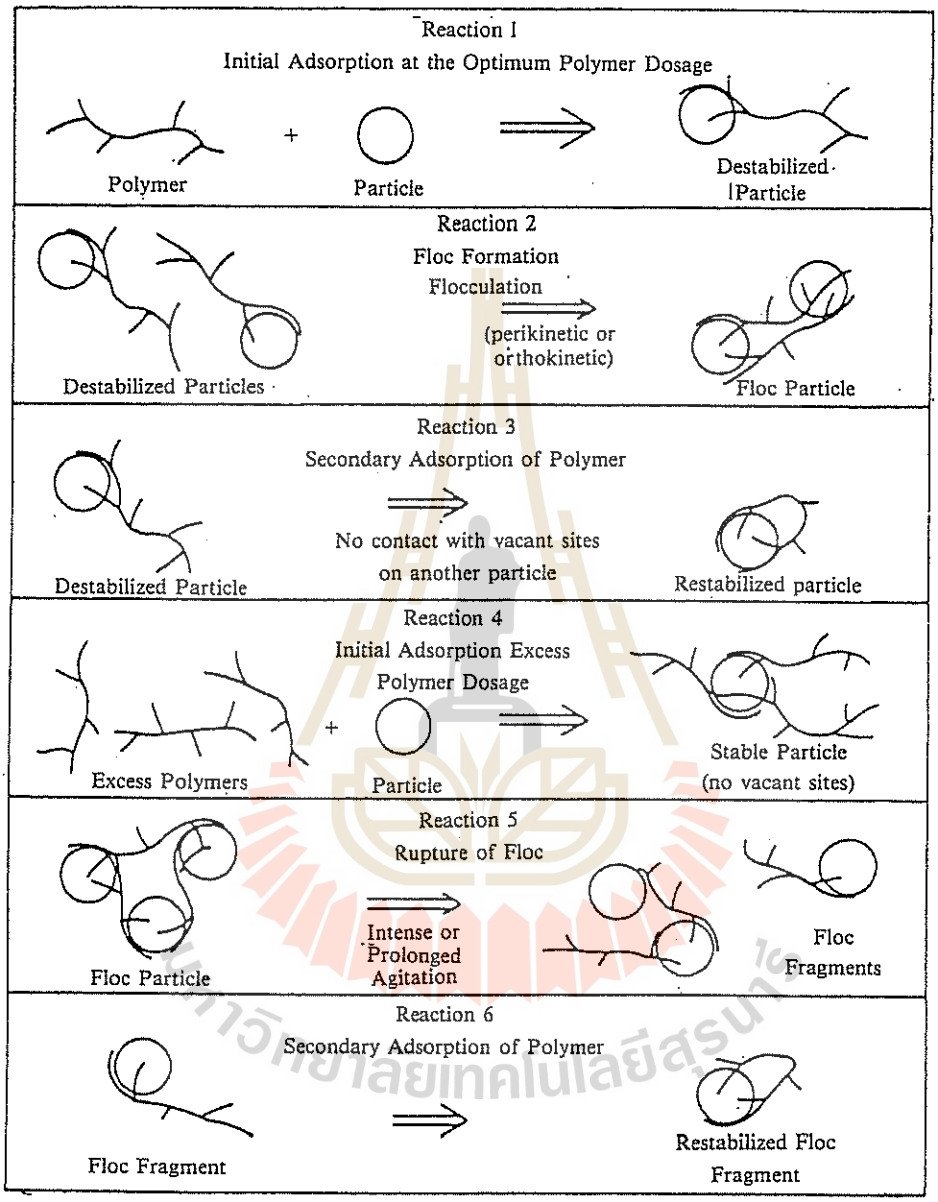
G ที่ได้อยู่ในช่วง 3,000-5,000 sec^{-1} ตามที่กำหนดไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

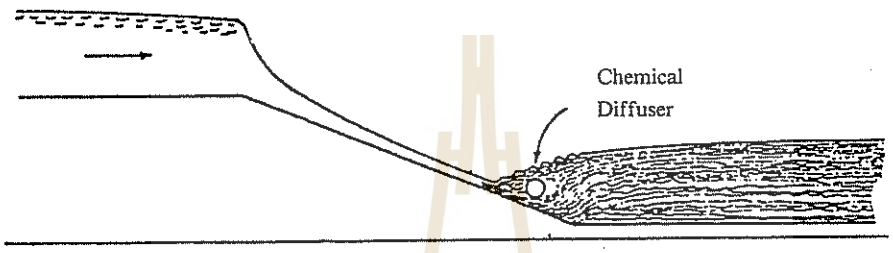
Conclusion

- Coagulation and Flocculation
- Colloidal
- Coagulant, Jar Test
- Rapid Sand Filtration
- Rapid Mixing

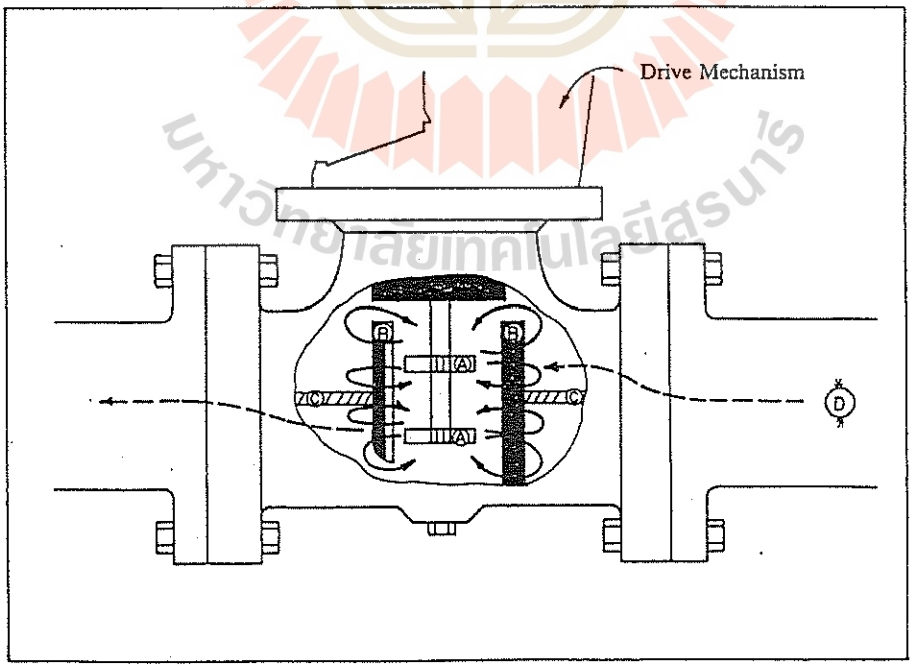
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



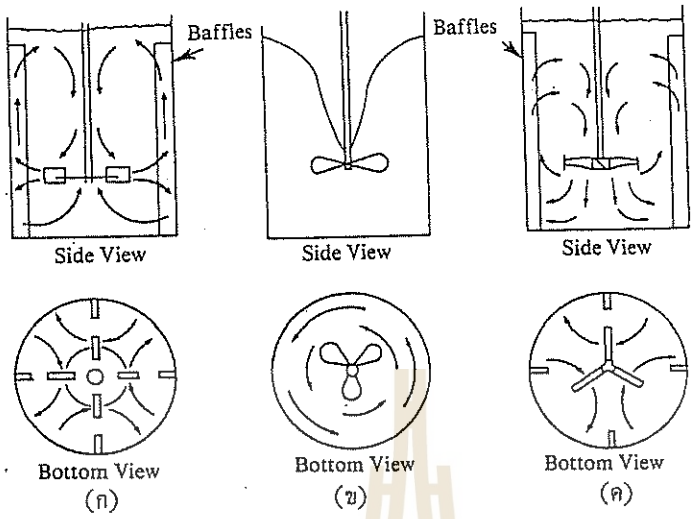
รูปกลไกการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ แบบต่อเชื่อมด้วยโพลิเมอร์ (Polymer Bridging)



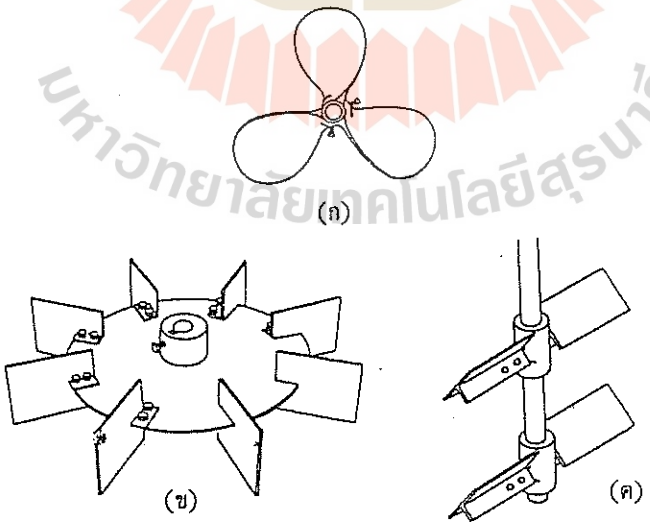
รูปการกวนเร็วโดยใช้ **Hydraulic Jump**



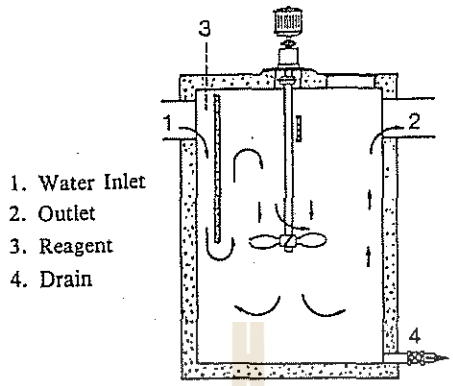
รูป **In-line Blender**



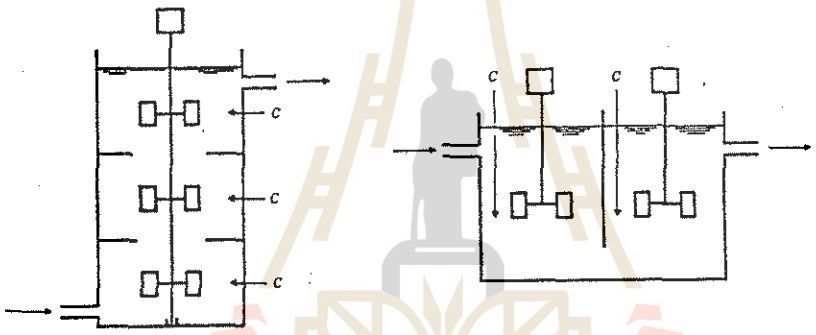
รูปใบพัดที่ใช้ในถังกวนเร็วแบบต่างๆ (ก) เทอร์ไบด์ (ข) ใบพัดเรือ (Propeller) (ค) แบบใบาย (Paddle)



รูปใบพัดที่ใช้ในถังกวนเร็วแบบต่างๆ (ก) ใบพัดเรือ (Propeller (ข) เทอร์ไบด์ (ค) แบบใบาย (Paddle)

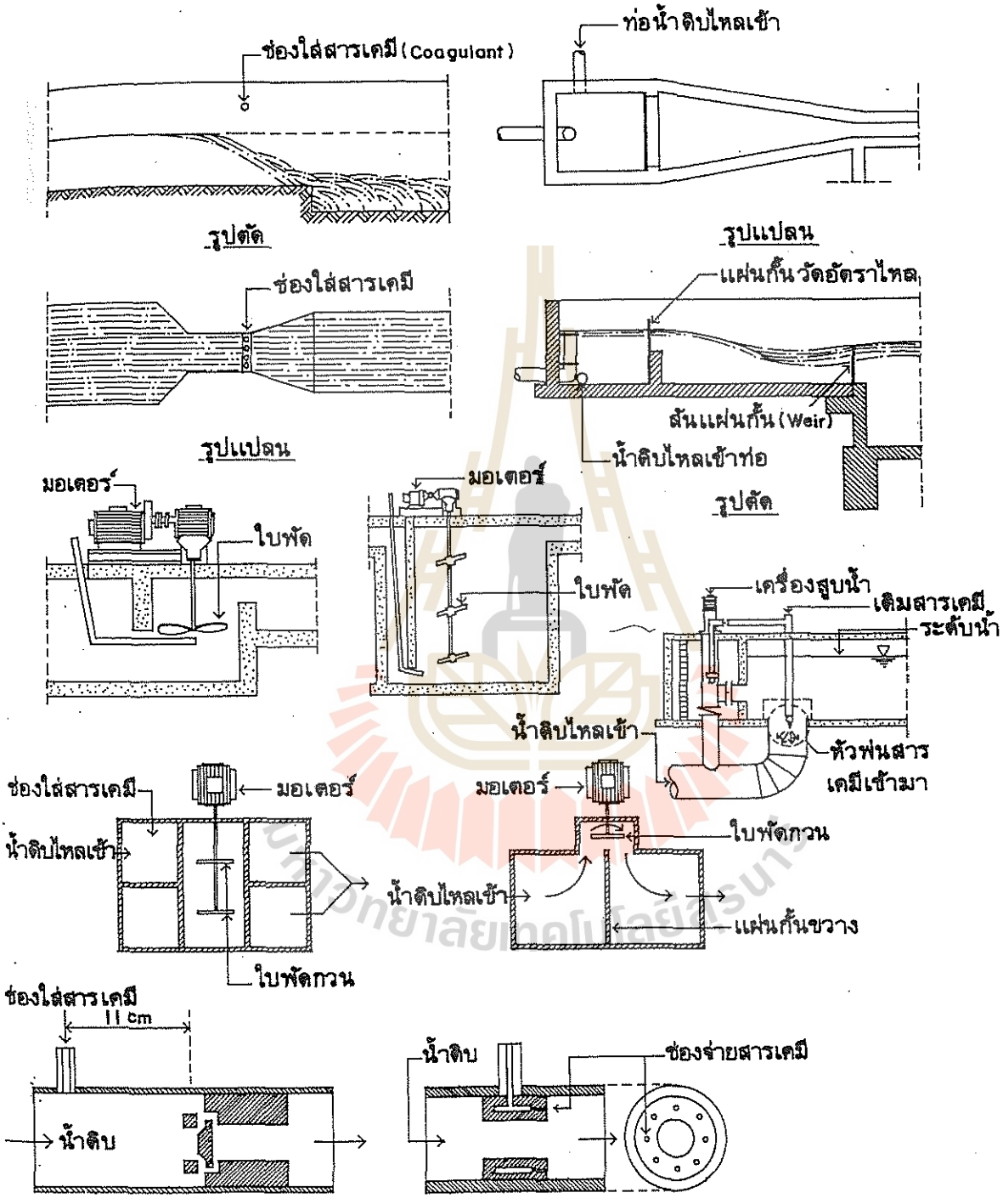


ภาพที่ 9.14 ลักษณะทั่วไปของถังกวนเร็ว



รูปถังกวนเร็วแบบต่างๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปถังกวนเร็วแบบต่างๆ

การแก้น้ำกระด้าง
Water Softening

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์

นักศึกษาสามารถอธิบายเกี่ยวกับหลักการทำงานของระบบผลิตน้ำสะอาดต่อไปนี้

Water Softening

- **Lime and Soda ash process**
- **Ion Exchange**

Outline

- ประเภทของน้ำกระด้าง (Hardness)
- วิธีแก้น้ำกระด้าง (Softening)
- Lime and Soda ash process
- Ion Exchange

ประเภทของน้ำกระด้าง (Hardness)

- น้ำกระด้างชั่วคราว มี เกลือ bicarbonate Calcium/Magnesium (carbonate hardness)
- น้ำกระด้างถาวร มีเกลือของ Calcium/Magnesium sulfate, Chloride และ Nitrate (Non-carbonate hardness)

การแก้น้ำกระด้าง (Softening)

วัตถุประสงค์

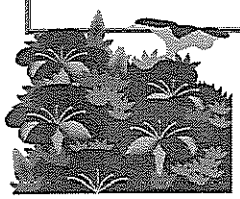
- ลดปริมาณ Ca, Mg เปลืองสบู่ในการซักฟอก ชำระล้าง
- ไม่ให้เกิดตะกรัน ใน Boiler

วิธีแก้น้ำกระด้าง (Softening)

- Lime and Soda ash process
- Ion Exchange

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. Lime and Soda ash process



1. Lime and Soda ash process

- กระบวนการที่ไม่ต้องการให้ความกระด้างเหลือศูนย์ (กัดกร่อนอุปการณ์)
- น้ำกระด้างเล็กน้อย รสชาติดี
- ความกระด้างของน้ำเหลือ ประมาณ 75-85 mg/l as $CaCO_3$, Mg < 40 mg/l

1. Lime and Soda ash process (Cont)

- $Ca(OH)_2$ ทำปฏิกิริยากับ แมกนีเซียมและแคลเซียมไบคาร์บอเนตเกิดตะกอน $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ และสารละลาย $CaSO_4$ หรือ $CaCl_2$
- Na_2CO_3 ทำปฏิกิริยากับ $CaSO_4$ หรือ $CaCl_2$ เกิด $CaCO_3$ โดยกระบวนการ Flocculation, Sedimentation, pH adjustment (CO_2), Filtration

1. Lime and Soda ash process (Cont)

- Lime-Soda ash process หลักการคล้าย Rapid Sand Filtration แต่มี Reaction time มากกว่า
- การกำจัด Ca, Mg ทำให้ความกระด้างตกผลึกในรูปของ $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ แต่ไม่สามารถแยกออกจากน้ำได้

- กลไกการเกิด มีตกผลึก (Precipitation และ Coagulation การปรับ pH มีความสำคัญมาก

ขั้นตอนการแก้น้ำกระด้าง

1. การควบคุมคุณภาพของน้ำดิบ
   - การกำจัด CO_2
   - กำจัดความขุ่น

ขั้นตอนการแก้น้ำกระด้าง (ต่อ)

2. การผสมเร็วและการรวมตะกอน
   - $Ca(OH)_2$ และน้ำดิบผสมระหว่าง 5 -10 นาที
   - ความเร็วใบพัดกวน 0.5 - 1.0 ม./วินาที
   - ความเร็วในการไหลของน้ำ 0.2 - 0.4 ม./วินาที เกิดตะกอน $CaCO_3$ $Mg(OH)_2$
   - การรวมตะกอน เป็น Floc แล้วตก ตะกอน (เวลา 40 - 60 นาที)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการแก้น้ำกระด้าง (ต่อ)

3. การตกตะกอน

- เวลา 2 - 3 ชม. ความสูงตะกอน 1-2 m
- ตะกอนแห้งช้า ($Mg(OH)_2$) และนำไปกำจัด
- นำตะกอนไปทำให้แห้ง เผาได้ CaO นำกลับมาใช้ใหม่

ขั้นตอนการแก้น้ำกระด้าง (ต่อ)

Excess Lime Treatment

- ถ้ามี $Mg(OH)_2$ > 40 mg/l ตะกรันหม้อน้ำ
- กระบวนการ Excess lime and Recarbonation ลดได้โดย Split treatment
- น้ำดิบ By pass ผสม 2 treatment ให้ pH ต่ำลง
- F^- and $Silica^+$ ถูกกำจัด และ เติม Soda ash

ขั้นตอนการแก้น้ำกระด้าง (ต่อ)

4. ระบบการกรอง

- ความขุ่น > ระบบกรองทรายเร็ว ตะกอนละเอียด CaCO3 อาจแทรกซึกลงทรายกรองได้ แต่อายุกรองสูง
- Sand Incrustation แก้โดยใช้ Polyphosphate > 0.5 mg/l

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกำจัดความกระด้างด้วยวิธีการตกผลึก

1) อัตราเร็วในการละลายน้ำของสารเคมี
2) อัตราเร็วในการสร้างผลึกของหินปูน และ $Mg(OH)_2$
3) อัตราเร็วในการสร้างฟล็อคจากผลึก
4) อัตราเร็วในการตกตะกอนของฟล็อค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารโคแอกกูแลนท์ที่ช่วยเร่ง Flocculation ของผลึกแคลเซียมและแมกนีเซียม

1) แบบสารประกอบอนินทรีย์ :

- สารส้ม โซเดียมอะลูมิเนต ($Na_2O.Al_2O_3$) เฟอร์ริคซัลเฟต เฟอร์รัสซัลเฟต เฟอร์ริคคลอไรด์ แมกนีเซียมคาร์บอเนต
- ทุกตัวทำลายความเป็นด่าง สร้าง CO_2 ยกเว้น $Na_2O.Al_2O_3$ เกลือเฟอร์ริค ดีที่ pH 4-11

2) สารอินทรีย์โพลิเมอร์ :

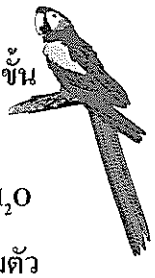
- ใช้ในระบบกำจัดความกระด้างด้วยสารเคมี
- มีสลัดจ์เกิดขึ้นน้อย Dewatering ง่าย
- พีเอชของน้ำไม่เปลี่ยนแปลง

การสร้างเสถียรภาพให้กับน้ำที่ผ่านการกำจัดความกระด้างแล้ว

* น้ำผ่านการกำจัดความกระด้างจะมีพีเอชสูง มักมีปูนขาวตกค้าง ทำให้ขั้นทรายเกาะติดแน่น

* สร้างเสถียรภาพด้วยการลดพีเอช : CO_2, กรดกำมะถัน, กรดเกลือ

Recarbonation



1. การปรับพีเอชด้วย CO_2 แบบสองขั้น

ขั้นที่ 1: การตกผลึกของแคลเซียม

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

ขั้นที่ 2 : ทำให้น้ำเกิดสภาวะการอิ่มตัว

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$Mg(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow MgCO_3 + H_2O$$

2. การปรับพีเอชด้วยการเติม CO_2 เพียงครั้งเดียว

ปรับพีเอชอย่างต่อเนื่องจนถึงระดับพีเอชที่ต้องการ

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$Mg(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow MgCO_3 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

สรุป Lime and Soda ash process

- Introduction
- ขั้นตอนการแก้น้ำกระด้าง
- ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแก้น้ำกระด้าง
- Coagulant
- Recarbonation

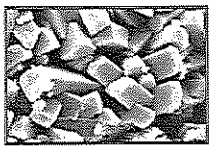
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การแลกเปลี่ยนไอออน (ION EXCHANGE)

Ion Exchange

• เป็นกระบวนการทางเคมีที่กลับไปมา ซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างสารละลายกับ สารแลกเปลี่ยนไอออน (Resin) เมื่อทำการแลกเปลี่ยนหมดแล้ว ก็ต้องทำการ Regenerate

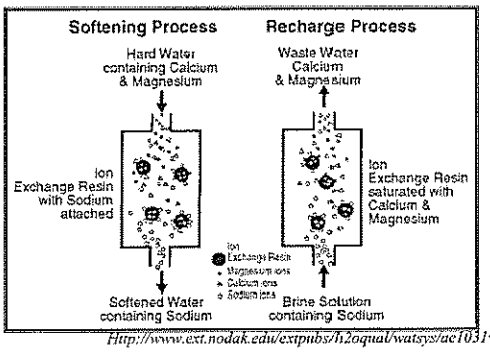
• Zeolite and Resin



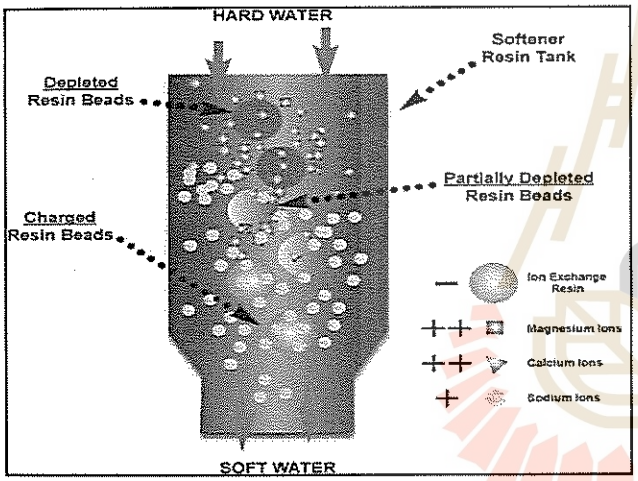
หน้าที่ของกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

- กำจัด ion ต่างๆในน้ำ เช่น Ca^{2+} Mg^{2+}, So_4^{2-}, Cl^- ฯลฯ อาจกำจัดโลหะพิษต่างๆ
- ทำให้ Ion ต่างๆมีความเข้มข้นสูงมากๆ เกิดขึ้นหลังจากได้น้ำสะอาดแล้ว

The Ion Exchange Process



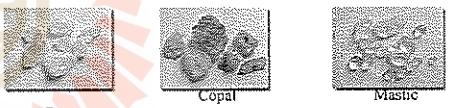
Http://www.ext.nodak.edu/extpubs/h2oqual/watsys/ae1031w.htm



เรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Resin)

ประเภทเรซิน

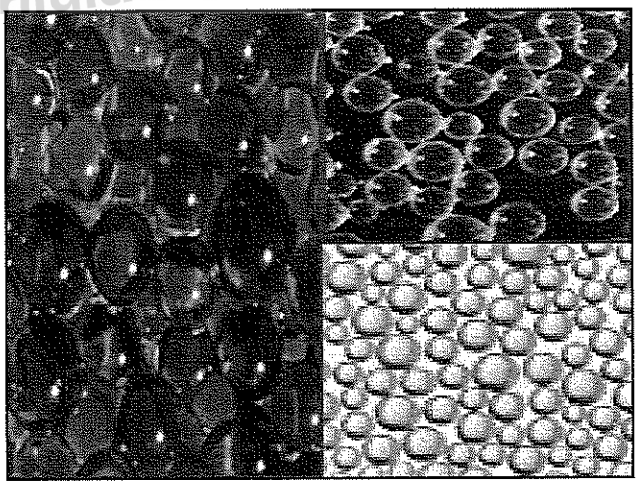
(1) เรซินธรรมชาติ เป็นสารอินทรียที่พืช หรือสัตว์หลั่งออกมา โดยปกติไม่ละลายน้ำ เช่น ชัน ครั่ง



Damar Copal ชัน Mastic ยางไม้

ประเภทเรซิน (ต่อ)

(2) เรซินสังเคราะห์ เป็นวัสดุสังเคราะห์ ผลิตโดยกระบวนการ polymerization



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงสร้างของเรซิน

(1) โครงร่างที่ไม่มีประจุไฟฟ้า

ประกอบด้วย

- HC compound ที่เรียกว่า"Polystyrene" ซึ่งต่อกันเป็นเส้นยาว ไม่ละลายน้ำ ไม่แตกหักง่าย
- HC อีกชนิดที่เรียก"DVB" (Divinylbenzene) ทำหน้าที่เป็นตัวประสานทำให้เป็นสามมิติ ที่มีความโปร่งพรุน

(1) โครงร่างที่ไม่มีประจุไฟฟ้า (ต่อ)

- ความโปร่ง-พรุน ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวประสาน (Degree of Crosslinkage)
  - -ถ้า DVB มาก เรซิน จะแข็ง ทึบ
  - -ถ้า DVB น้อย เรซิน จะอ่อน โปร่ง
- โดยปกติจะให้มี degree of Crosslinkage 8-12% DVB คือมี DVB ~ 8-12%ของ HC ทั้งหมด (มี polystyrene ~ 88-92%)

- ความโปร่ง-พรุนมีความสำคัญต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน
- ถ้าความพรุนพอดี Ion ต่างๆแลกเปลี่ยนสะดวก
- ถ้าความพรุนมากไป จะยอมให้น้ำผ่านมาก แต่ จะสลายตัวง่าย และทำให้ ionขนาดใหญ่เข้าไปในโครงร่าง ทำให้เรซินเสียในเวลาต่อมา

(1) โครงร่างที่ไม่มีประจุไฟฟ้า (ต่อ)

- ถ้าความพรุนน้อยไป= จะทำให้เรซินทึบแตกหักง่าย
- จากการศึกษาเรซินที่มี DVB %สูง จะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนดีกว่าเรซินที่มี DVB%ต่ำ

(2) หมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้า

- จะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมเรซิน เรซินที่มีประจุลบ (-) ประจำตัว เรียก "Cation Resin"
- เรซินที่มีประจุบวก (+) ประจำตัว เรียก "Anion Resin"

ดังนั้นโครงร่างที่สมบูรณ์แบบของเรซิน

- ประกอบด้วย โครงร่าง Hydrocarbon -หมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้า -Free Ion จับตัวกับหมู่ไอออนที่มีประจุเพื่อทำให้เรซินเป็นกลาง

(H^+ or, Na^+ or, OH^- or, Cl^-)

"Cation Resin" จะมี Free Ion เป็น Na^+ หรือ H^+ "Anion Resin" จะมี Free Ion เป็น OH^- หรือ Cl^-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลำดับความชอบของเรซิน

- โดยปกติ เรซินจะแลกเปลี่ยนกับไอออนที่มี Valency และน้ำหนักอะตอมสูง
- \+ มาก Fe^{+3}, Al^{+3}, Pb^{+2}
  น้อย Na^{+}, H^{+}, Li^{+}
- \- มาก CrO_4^{-2}, SO_4^{-2}, SO_3^{-2}
  น้อย $HSiO_3^{-}$, OH^{-}, F^{-}

การจำแนกประเภทของเรซิน

(1) เรซินแบบกรดแก่ (Strong Acidic Cationic Resin)

(2) เรซินแบบกรดอ่อน (Weak Acidic Cationic Resin)

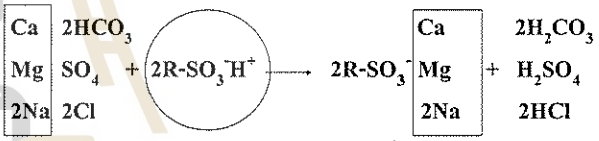
(3) เรซินแบบด่างแก่ (Strong Basic Anionic Resin)

(4) เรซินแบบด่างอ่อน (Waek Basic Anionic Resin)

(1) เรซินแบบกรดแก่
(Strong Acidic Cationic Resin)

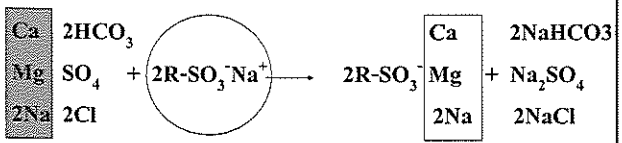
- ใช้ ion บวกของตัวมันแลกกับไอออนที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+}
- Free Ion คือ Na+ หรือ H+
- เรซินแบบกรดแก่ : Sulfonic Groups ($SO_3^{-}H^{+}$ หรือ $SO_3^{-}Na^{+}$)

Hydrogen Cycle : SO_3-H^+



กำจัดความกระด้าง

Sodium Cycle : SO_3-Na^+



กำจัดความกระด้าง

ข้อดีของเรซินแบบกรดแก่

- ใช้ได้ดีกับน้ำที่มี pH ทุกระดับ
- สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้รวดเร็ว
- มีความคงทน ใช้ได้นานถึง 20 ปี
- การรั่วของไอออนบวกที่ต้องการกำจัดเกิดขึ้นน้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อเสียของเรซินแบบกรดแก่

- ประสิทธิภาพในการregenerate ต่ำ (25-40%)
- ทำให้เปลืองสารเคมีในการ Regenerate

การ Regenerate ของ SAR Resin

(1) Hydrogen Cycle : Regenerate ด้วย กรดแก่ (H^+)

$$R\text{-}SO_3Ca + 2H^+ \longrightarrow R\text{-}SO_3^-H^+ + Ca^{2+}$$

(2) Sodium Cycle:Regenerate ด้วย NaCl

$$R\text{-}SO_3Ca + 2NaCl \longrightarrow R\text{-}SO_3^-Na^+ + CaCl_2$$

(2) เรซินแบบกรดอ่อน (Weak Acidic Cationic Resin)

- ใช้ Ion บวกของตัวมันแลกกับไอออนที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}
- เรซินแบบกรดอ่อน: Carboxylic Groups (-COOH หรือ -COONa)

Hydrogen Cycle : COOH

$$\begin{matrix} Ca \\ Mg \\ 2Na \end{matrix} \begin{matrix} 2HCO_3 \\ SO_4 \\ 2Cl \end{matrix} + 2R\text{-}COOH \longrightarrow 2R\text{-}COO \begin{matrix} Ca \\ Mg \\ 2Na \end{matrix} + \begin{matrix} 2H_2CO_3 \\ HSO_4^- \\ 2HCl \end{matrix}$$

กำจัดความเป็นด่าง

เรซินชนิดนี้แตกตัวน้อยมาก โดยเฉพาะสภาวะที่เป็นกรด ทำให้ไม่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับเกลือของกรดแก่ได้ ($NaCl$, $CaCl_2$)

ข้อดีของ Resin แบบกรดอ่อน

- ประสิทธิภาพในการregenerate สูงถึง 90%
- ความสามารถในการแลกเปลี่ยน Ion สูงกว่า SC Resin 2 เท่า และทนคลอรีนกว่า

ข้อเสียของ Resin แบบกรดอ่อน

- ไม่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับเกลือของกรดแก่ได้ ($NaCl$, $CaCl_2$)

การ Regenerate ของResinแบบกรดอ่อน

(1) Hydrogen Cycle : Regenerate ด้วย กรดแก่ (H^+)

$$R\text{-}COOCa + 2H^+ \longrightarrow R\text{-}COOH^+ + Ca^{2+}$$

(2) Sodium Cycle:Regenerate ด้วย NaCl

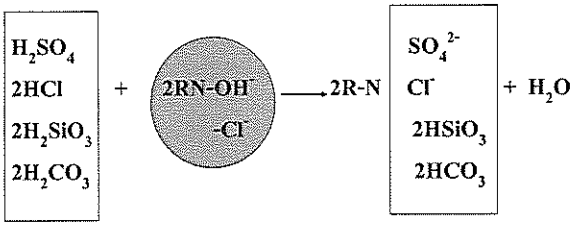
$$R\text{-}COOCa + 2NaCl \longrightarrow R\text{-}COONa^+ + CaCl_2$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(3) เรซินแบบด่างแก่
(Strong Basic Cationic Resin)

- การใช้ Ion ลบของตัวมัน (OH^-, Cl^-) แลกกับไอออนที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำ

เช่น HCO_3^- SO_4^{2-} Cl^- CO_2 SiO_2



ข้อดีของ Resin แบบด่างแก่

(1) ใช้ได้กับ pHทุกระดับ สามารถแยกเกลือ

(2) สามารถแลกเปลี่ยน silica และ CO_2

ข้อเสียของ Resin แบบด่างแก่ ข้อเสียของ SBsin

(1) ประสิทธิภาพ Regenerate ต่ำ (18-33%) ทำให้เปลืองสารในการregenerate

(2) มีความคงทนต่ำ อายุการใช้งานน้อยกว่า 3 ปี

การ Regenerate ของ SBR Resin

NaCl , HCl หรือ NaOH 4 %

(3) เรซินแบบด่างอ่อน

(Weak Basic Cationic Resin)

- ไม่ได้มีการแลกเปลี่ยนไอออน
- กำจัดได้เฉพาะกรดแก่เท่านั้น เช่น HCl, H_2SO_4, HNO_3
- ไม่สามารถกำจัดกรดอ่อนได้ เช่น SiO_2, CO_2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การ Regenerate ของ Resin แบบด่างอ่อน

NaOH 4 - 6 %

Na_2CO_3 0.1 %

$$RHCl + NaOH \longrightarrow R + NaCl + H_2O$$

โดยปกติWB มักใช้กำจัด Cl^- และ SO_4^{2-}

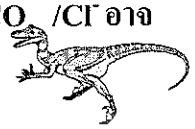
ข้อดีของ Resin แบบด่างอ่อน

(1) ประสิทธิภาพการ regenerate เกือบ 100 %

(2) ประสิทธิภาพในการกำจัด ion สูง

ข้อจำกัดในการใช้เรซิน

- กระทำในของเหลว และจำกัดความเข้มข้นของไอออน
- กระทำการจับไอออน ไม่ใช่การกรอง
- แก๊สที่ละลายน้ำได้ เช่น CO_2 /Cl^- อาจทำลาย Resin ได้



คุณสมบัติทั่วไปของเรซิน

- ไม่ละลายน้ำ หรือสารละลายที่ต้องการปรับปรุงคุณภาพน้ำ
- ควรมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียง และสม่ำเสมอ
- ต้องมี Free ionที่สามารถใช้แลกเปลี่ยนกับ ion ในน้ำ

คุณสมบัติทั่วไปของเรซิน (ต่อ)

(4) ต้องมีช่องว่างภายในโครงร่าง HC อย่างพอเพียงให้ Ion ต่างๆผ่านเข้าออกได้สะดวก

(5) การเปลี่ยนสถานะของสารที่ถูกแลกเปลี่ยนไอออน ต้องไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อโครงสร้างของสารแลกเปลี่ยนไอออน

วัฏจักรการทำงานของระบบแลกเปลี่ยนไอออน

(1) การแลกเปลี่ยนไอออน (Service)

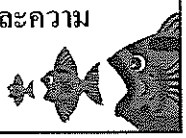
(2) การล้างย้อน (Backwash)

(3) รีเจเนอเรชั่น (Regeneration)

(4) การชะล้าง (Rinse)

(1) การแลกเปลี่ยนไอออน (Service)

- Free Ion ของเรซินจะแลกเปลี่ยนกับ ion อื่นในน้ำดิบ จนกระทั่ง Free Ion ของเรซินหมดไป หรือจนไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้
- อายุขึ้นอยู่กับปริมาณไอออนและความสามารถในการแลกเปลี่ยน



อายุของวัฏจักรการแลกเปลี่ยนไอออน

- ปริมาณ ion ในน้ำดิบ
- ขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน
- คุณภาพน้ำที่ต้องการ
- อัตราการไหลของน้ำดิบผ่านเรซิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(2) การล้างย้อน (Backwash)

ต้องล้างย้อนโดยให้เรซินขยายตัว เพื่อ :

- ทำลายการจับตัวของเรซิน
- ล้างความขุ่นและตะกอนแขวนลอยที่ติด
- กำจัดฟองอากาศที่เกิดขึ้นในชั้นเรซิน
- ทำให้เกิดการเรียงชั้นใหม่ของเรซิน

(3) รีเจเนอเรชั่น (Regeneration)

- การทำให้เรซินที่หมดอำนาจไป แล้วกลับฟื้นตัวขึ้นมามีอำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออนใหม่อีก

(4) การชะล้าง (Rinse)

เพื่อขับไล่สารเคมีให้ออกจากชั้นเรซิน

(4.1) การชะล้างช้า

(4.2) การชะล้างเร็ว

ส่วนประกอบของถังแลกเปลี่ยนไอออน

(1) ตัวถังบรรจุเรซิน

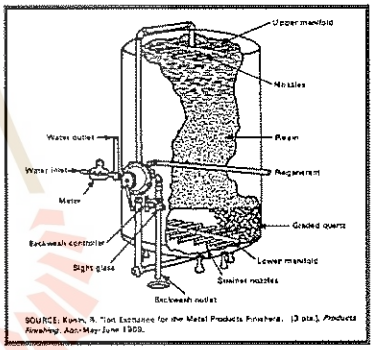
(2) ชั้นรองรับเรซิน

(3) ระบบกระจายน้ำเหนือเรซิน และระบบระบายน้ำก้นถัง

(4) ท่อน้ำเข้า และท่อน้ำออก

(5) ช่องว่างเหนือชั้นเรซิน

ถังแลกเปลี่ยนไอออน



หลักการออกแบบระบบแลกเปลี่ยนไอออน

(1) การเลือกเรซิน
ขึ้นกับคุณภาพน้ำดิบ และสิ่งที่ต้องการกำจัด

(2) การเลือกสภาวะการทำงาน

- **Batch Flow**
- **Continuous Flow**

(3) การออกแบบถังเรซิน

วัตถุประสงค์	ประเภทเรซิน	ชนิดregeneration
กำจัด Hardness	SAR	NaCl
กำจัดด่าง	WAR	HCl
น้ำบริสุทธิ์	SAR or WAR ร่วมกับ	HCl or H2SO4
	SBR or WBR 2 ถังแยก	และ NaoH or NH3
	หรือรวมกัน	

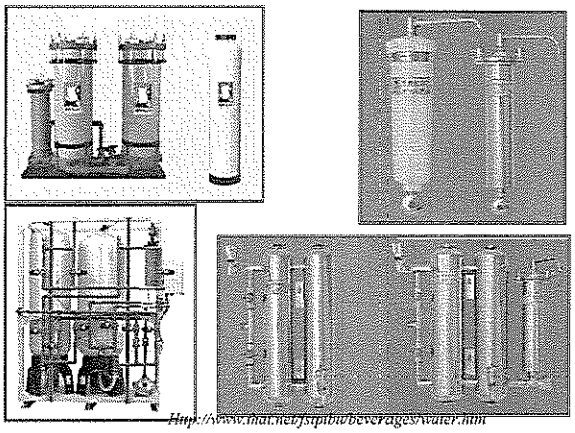
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประโยชน์ของกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

1) กำจัดความกระด้าง

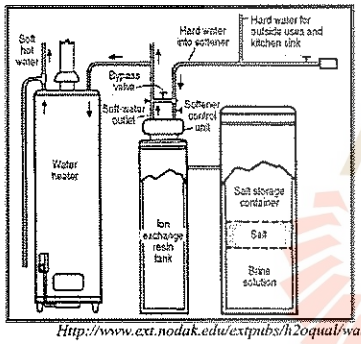
2) กำจัดความเป็นด่างไบคาร์บอเนต

3) การผลิตน้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากแร่ธาตุ



Http://www.mat.nerjstpibw/beverages/water.htm

Operation and Maintenance



Http://www.ext.nodak.edu/extpubs/h2oqual/watsys/ae1031w.htm

สรุป Ion Exchange

- Ion Exchange Process
- หน้าที่ของเรซิน
- โครงสร้างของเรซิน
- ลำดับความชอบของเรซิน
- การจำแนกประเภทของเรซิน

สรุป Ion Exchange (ต่อ)

- วัฏจักรการทำงานของระบบแลกเปลี่ยนไอออน
- หลักการออกแบบระบบแลกเปลี่ยนไอออน
- ประโยชน์ของกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

Overall Conclusion

- ประเภทของน้ำกระด้าง (Hardness)
- วิธีแก้น้ำกระด้าง (Softening)
- Lime and Soda ash process
- Ion Exchange

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การประปาชุมชนเมืองและชนบท

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบประปา และส่วนประกอบของระบบประปา
- แหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปา
  - วัฏจักรการเกิดน้ำ
  - ประเภทของน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา

2. การประปาเมืองและชนบท

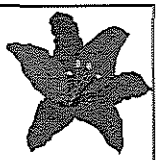
- การคำนวณหาน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา
- ประเภทของการใช้น้ำ
- อายุการใช้งานของระบบประปา
- ขอบเขตและประเภทของพื้นที่รับบริการประปา

2. การประปาเมืองและชนบท (ต่อ)

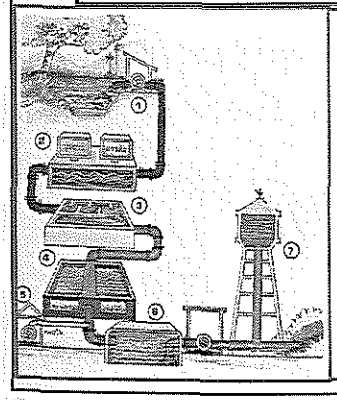
- ลักษณะสมบัติของน้ำดิบตามธรรมชาติ
- ลักษณะสมบัติทางกายภาพ
- ลักษณะสมบัติทางเคมี

3. คุณสมบัติน้ำทางชีววิทยา

- Waterborne Disease
- แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำ
- การวิเคราะห์หา Bacteria ในน้ำ
- สารกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำ
- ลักษณะสมบัติทางด้านการกัดกร่อนของน้ำ



4.ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา



1) Screening,Pre-sediment

2,3) Coagulation-Flocculation

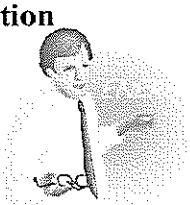
(4) Filtration

(5) Disinfection

(6) Clear Water tank

5.วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

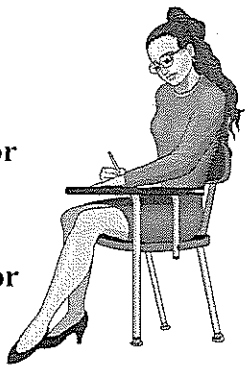
1. วิธีการปรับปรุงคุณภาพ
   - Plain Sedimentation
   - Screening



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. การเติมอากาศ

- Spray Aerator
- Cascade Aerator
- Tray Aerator
- Diffused Aerator
- อื่นๆ



3. การปรับพีเอช

- การปรับระดับพีเอชด้วยด่าง
- การปรับระดับพีเอชด้วยกรด

5. การประปาเมืองและชนบท

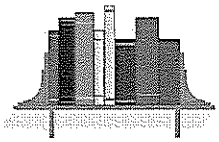
- Coagulation and Flocculation
- Colloidal
- Coagulant, Jar Test
- Rapid Sand Filtration
- Rapid Mixing

6. การประปาเมืองและชนบท

- Flocculation
- ถังกวนช้า
- การจำแนก ประเภท ทฤษฎี การออกแบบ Sedimentation
- การกรอง

ขอให้ทุกคนโชคดี

Good Luck..



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การแก้น้ำกระด้าง (Water Softening)

น้ำกระด้าง คือ สารละลายที่มีเกลือของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) , แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) หรือ ไอร์ออนไอออน (Fe^{2+}) ละลายอยู่ เมื่อใช้ฟอกกับสบู่แล้วจะเกิดตะกอนขึ้น (ไคลสบู่) ในการวัดความกระด้างของน้ำ (hardness) เราจะสามารถวัดปริมาณตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่ได้จากน้ำนั้น ปัจจุบันเราแบ่งประเภทของน้ำตามความกระด้างได้ดังนี้

ประเภทของน้ำ	ความกระด้าง (ppm $CaCO_3$)
1. น้ำอ่อน	0 - 50
2. น้ำค่อนข้างอ่อน	51 - 100
3. น้ำกระด้างเล็กน้อย	101 - 150
4. น้ำกระด้างปานกลาง	151 - 200
5. น้ำกระด้าง	201 - 300
6. น้ำกระด้างมาก	> 300

การกำจัดแคลเซียม แมกนีเซียม และความกระด้าง

แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ในน้ำเป็นต้นเหตุทำให้เกิดความกระด้าง (Hardness) ดังนั้น ในผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของน้ำที่มีแคลเซียม และแมกนีเซียมสูง ก็จะมีความกระด้าง ในปริมาณที่สูงตามไปด้วย โดยถ้าหากแคลเซียม อิออน (Ca^{+}) และแมกนีเซียม อิออน (Mg^{+}) ไปรวมกับไบคาร์บอเนต $(HCO_3)^{-}$ จะเกิด $Ca_2(HCO_3)_2$ และ $Mg(HCO_3)_2$ เกิดความกระด้างชั่วคราว แต่ถ้าไปรวมกับอิออนลบชนิดอื่นเช่น SO_4^{-}. Cl^{-} จะเกิดความกระด้างถาวร ดังนั้นในการกำจัดแคลเซียม และแมกนีเซียมออกจากน้ำก็จะทำให้ความกระด้างของน้ำลดลง โดยทั่วไปสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการสร้างผลึก และ วิธีแลกเปลี่ยนไอออน

วิธีการสร้างผลึก (Precipitation))

เมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบของแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) จะพบว่าสารประกอบในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) จะมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำหรือเกิดผลึกได้ง่าย ดังนั้นหลักการกำจัดความกระด้างด้วยวิธีการสร้างผลึกก็คือการเพิ่ม $(CO_3)^{-2}$ และ OH^{-} เพื่อให้เกิดสารประกอบ $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ แล้วตกตะกอนออกมานั่นเอง โดยที่สารเคมีที่นิยมเติมก็คือ ปูนขาว (CaO), โซดาแอช (Na_2CO_3) และโซดาไฟ (NaOH) โดยในการเลือกสารเคมีและปริมาณสารเคมีที่

จะเติมในทางปฏิบัติ มีหลายวิธีการ เช่น 1. วิธีปูนขาว-โซดาแอซ, 2. วิธีปูนขาว, 3. วิธีโซดาไฟ, 4. วิธีโซดาไฟ-ปูนขาว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังต่อไปนี้

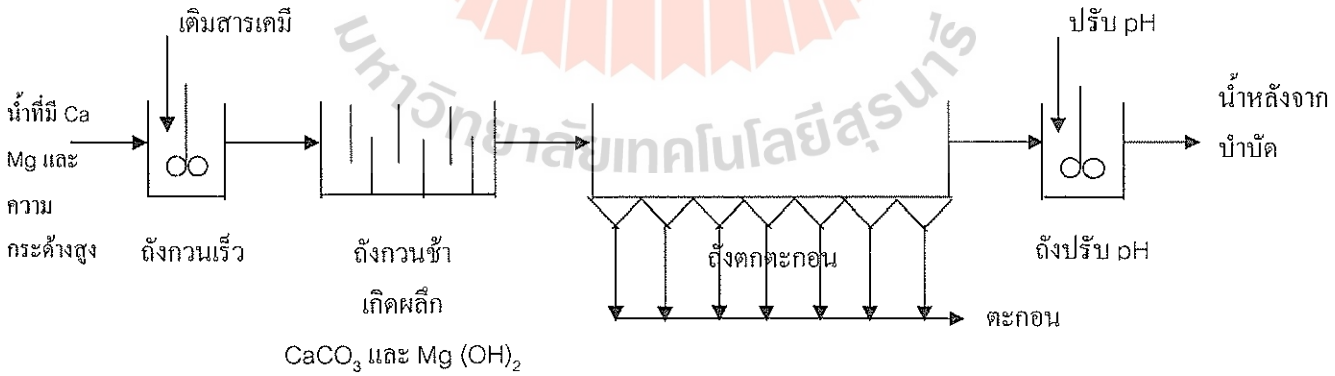
1. ประเภทของความกระด้าง
2. ระดับของความกระด้างที่ต้องการหลังการบำบัด
3. ความยาก-ง่ายในการเดินระบบ
4. ราคาของสารเคมี
5. ปริมาณของตะกอนที่จะเกิดขึ้น

<u>การประยุกต์ใช้กับระบบผลิตน้ำประปา</u>

การกำจัดความกระด้างด้วยวิธีการสร้างผลึก นั้น เริ่มต้นด้วยการเติมสารเคมีลงไปผสมกับน้ำดิบ โดยให้มีอัตราเร็วของการกวนสูงและผสมอย่างทั่วถึง หลังจากนั้นน้ำผสมสารเคมีจะถูกส่งต่อไปยังถังกวนช้า เพื่อให้เกิดการสร้างผลึกของ $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ แล้วตกตะกอนในถังตกตะกอน หลังจากนั้นน้ำที่กำจัดผลึกของ $CaCO_3$ และ $Mg(OH)_2$ แล้วยังมี pH ค่อนข้างสูง ประมาณ 9-10 จึงต้องมีการปรับ pH ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อไป

ส่วนประกอบสำคัญของขบวนการกำจัดความกระด้างด้วยวิธีตกผลึก ได้แก่

1. ถังกวนเร็ว
2. ถังกวนช้า
3. ถังตกตะกอน
4. ระบบปรับ pH



ภาพแสดงกระบวนการกำจัดแคลเซียม แมกนีเซียม และความกระด้าง

วิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange)

การแลกเปลี่ยนประจุ คือ การที่ประจุของสารมลทินในน้ำไปแลกเปลี่ยนกับประจุอิสระของสารตัวกลาง (Ion Exchanger) เช่น ในปฏิกริยาการกำจัดความกระด้าง แคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) และแมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) จะไปแลกเปลี่ยนกับ โซเดียม (Na^{+}) ของสารดังกล่าว ซึ่งเป็นของแข็ง (R) กลายเป็น

$$\left.\begin{matrix} Ca^{2+} \\ \\ Mg^{2+} \end{matrix}\right\} + Na_2R \longrightarrow \left.\begin{matrix} Ca \\ \\ Mg \end{matrix}\right\} R + 2Na^{+}$$

Ca R และ Mg R โดยทั่วไปแล้วสารตัวกลางจะมีลักษณะเป็นรูพรุน (porous) และยอมให้น้ำผ่านได้ (permeable) รูปร่างกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4-0.8 มิลลิเมตร ปัจจุบันสารดังกล่าวที่นิยมใช้ คือ เรซิน (Resin) ซึ่งจะมีสองประเภท คือ เรซินแบบมีประจุอิสระเป็นประจุบวก (Cationic Resin) ซึ่งใช้กำจัดสารมลทินที่มีประจุบวก เช่น แคลเซียม (Ca^{2+}), แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และเรซินแบบมีประจุอิสระเป็นประจุลบ (Anionic Resin) ซึ่งใช้กำจัดสารมลทินที่มีประจุลบ เช่น ซัลเฟต $(SO_4)^{-2}$, ไนเตรท NO_3^{-} เมื่อใช้งานเรซินไประยะหนึ่งแล้ว ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนประจุของเรซินจะน้อยลง เนื่องจากประจุอิสระถูกแลกเปลี่ยนไปหมด จึงต้องมีการทำรีเจนเนอเรชั่นให้กับเรซิน คือ การเติมประจุอิสระให้กับเรซิน นั่นเอง โดยทั่วไปสารเคมีที่ใช้ในการรีเจอเนอเรชั่นจะได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และกรดซัลฟุริค (H_2SO_4)

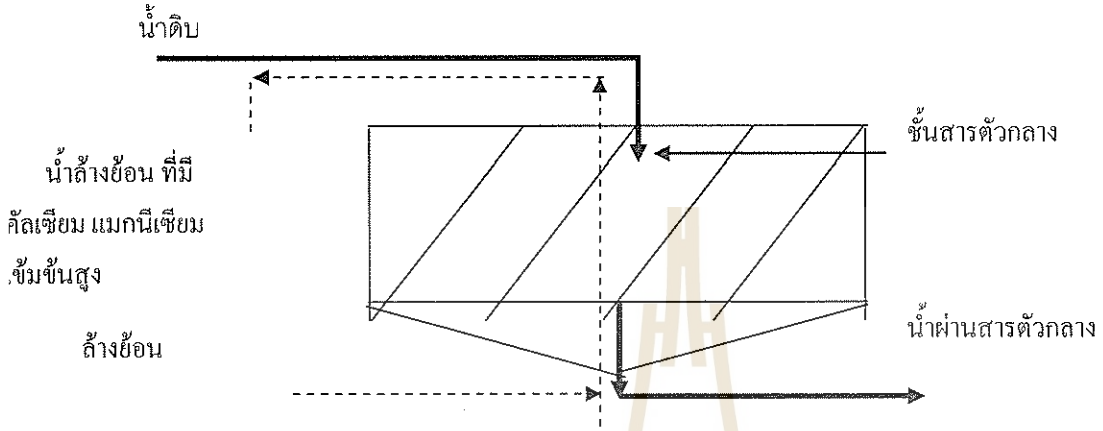
<u>การประยุกต์ใช้กับระบบประปา</u>

การใช้เรซินดังกล่าวข้างต้นมีวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก กล่าวคือ บรรจุเรซินลงในถังแล้วปล่อยน้ำให้ไหลผ่านเรซินที่อัตราการไหลของน้ำตามการออกแบบ โดยทั่วไปแล้วต้องมีการศึกษาและทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการก่อน เพื่อหารายละเอียดการออกแบบ คือ ความหนาของชั้นสารตัวกลาง, ระยะเวลาสัมผัสน้ำ, อัตราการกรองผ่านเรซิน อีกทั้งยังต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบของไอออนของสารอื่นที่มีอยู่ในน้ำด้วยว่าจะมีผลกระทบต่อการแลกเปลี่ยนประจุของแคลเซียม, แมกนีเซียม กับประจุอิสระหรือไม่ ดังนั้นในการเลือกใช้สารตัวกลางนั้น จะต้องมีการศึกษาให้ละเอียดก่อนตัดสินใจเลือกใช้

ข้อควรคำนึงถึง ในการใช้เทคนิคการแลกเปลี่ยนประจุ คือ

1. ควรมีการตรวจสอบอย่างเคร่งครัดถึงประสิทธิภาพ ในการแลกเปลี่ยนประจุของเรซินอย่างสม่ำเสมอโดยวัดความเข้มข้นของ แคลเซียม, แมกนีเซียม เมื่อผ่านเรซินแล้ว หากพบว่า
   ความเข้มข้นของแคลเซียม, แมกนีเซียม มีค่าใกล้ค่ามาตรฐานต้องมีการล้างสารตัวกลาง
   (Regeneration)

2. น้ำล้างทิ้ง ที่เกิดจากการล้างเรซินจะมีปริมาณ แคลเซียม, แมกนีเซียม มาก ดังนั้น ไม่สามารถปล่อยลงแหล่งน้ำได้โดยตรง ต้องผ่านการบำบัดก่อน
3. น้ำดิบควรมีความขุ่นน้อยมาก เนื่องจากความขุ่นจะทำให้สารเรซินอุดตันเร็ว อายุการใช้งานสั้นลง

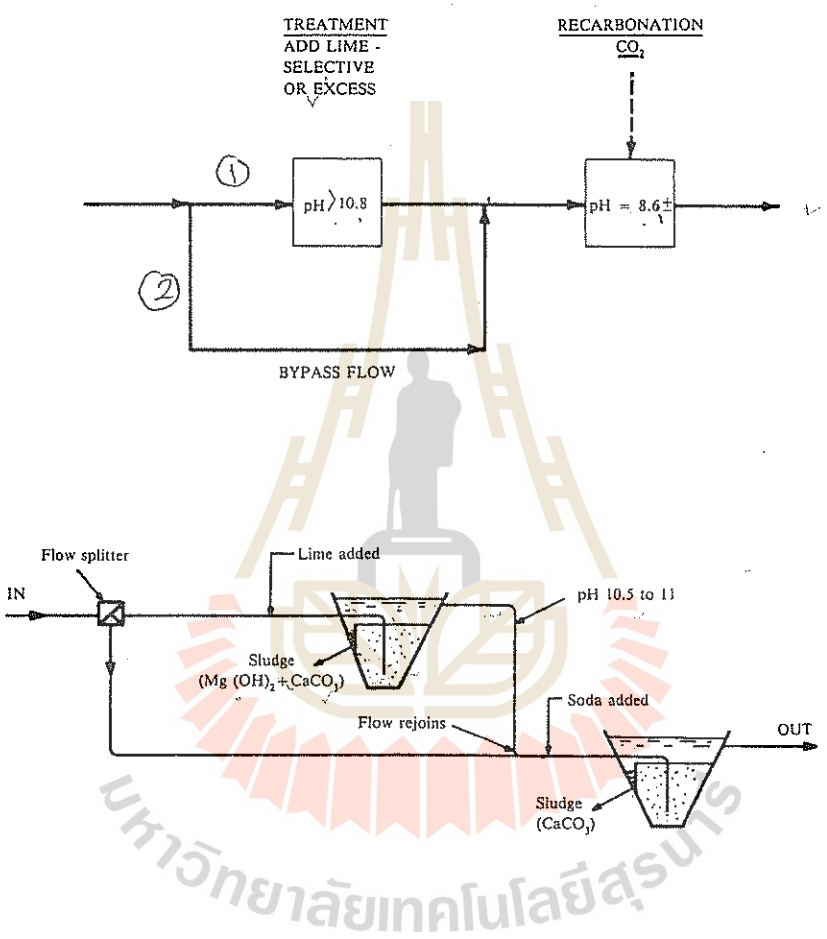


ภาพแสดงถังแลกเปลี่ยนประจุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

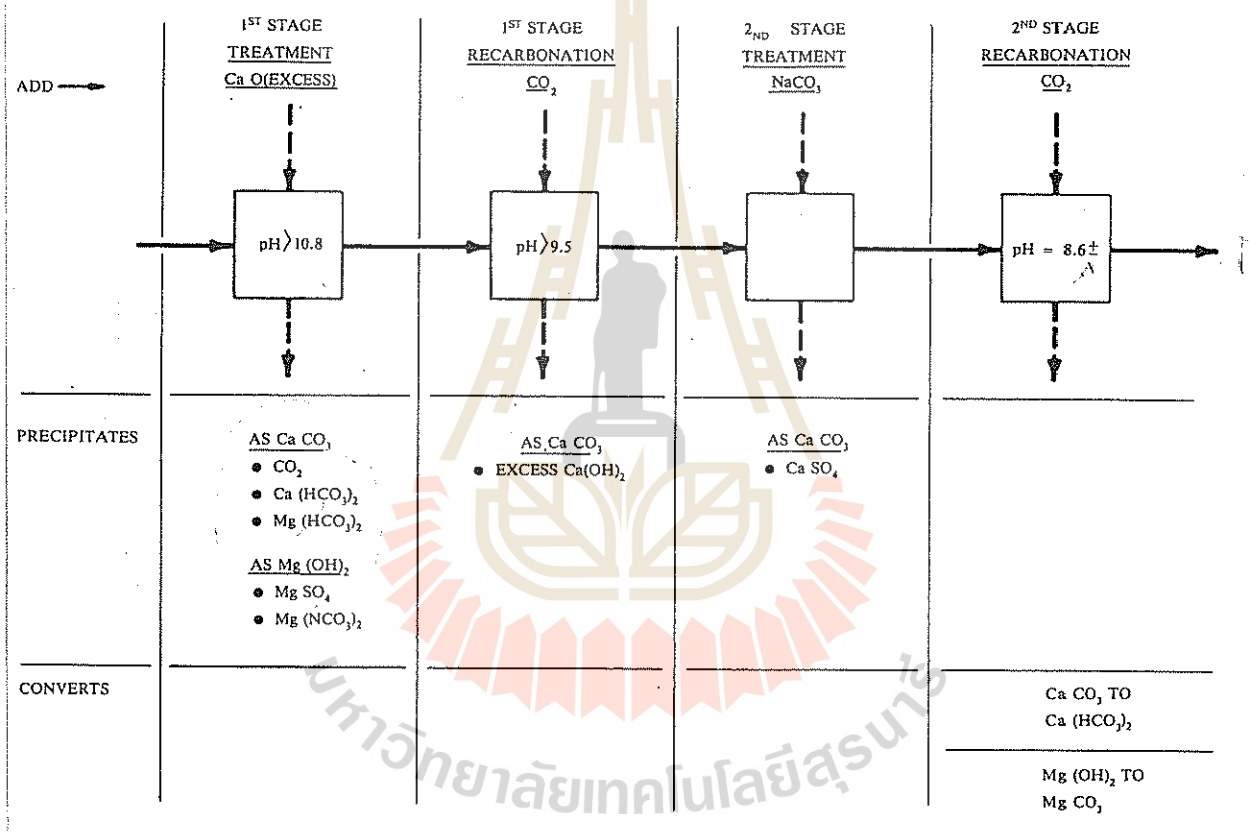
แหล่งอ้างอิง

1. Howard s. Peavy et. al., Environmental Engineering, McGRAW-HILL, 1985.
2. Susumu Kawamura, Integrated design of water treatment facilites., JOHN WILEY & SONS, INC, 1991
3. มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, วิศวกรรมการประปา เล่ม 2, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2532
4. http://www.udomsuksa.ac.th/Latphrao/student/chemistry/chem0_2.html
5. http://www.dwr.go.th/

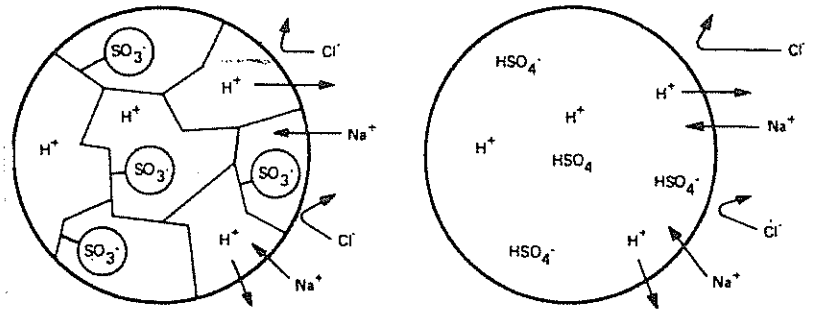


รูป Flow Diagram ของระบบกำจัดความกระด้างแบบ Split Tratment

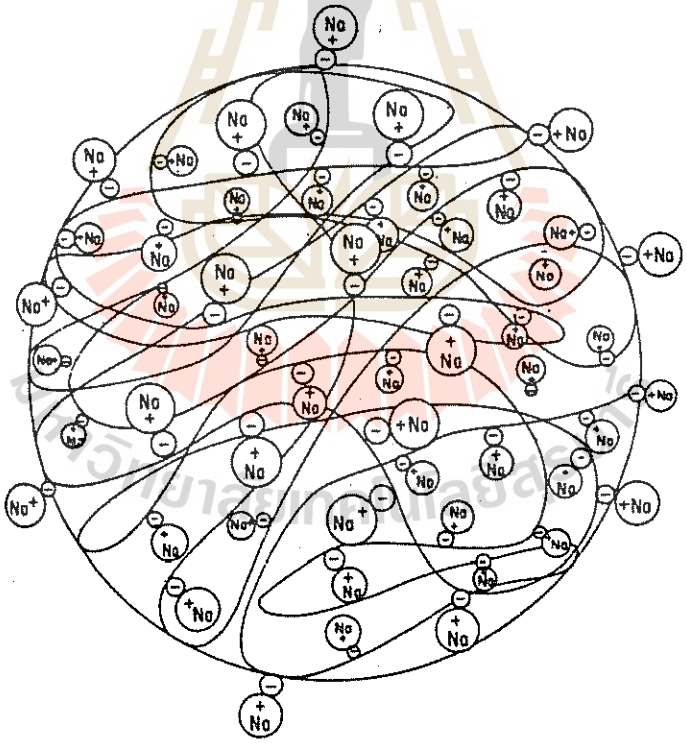
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



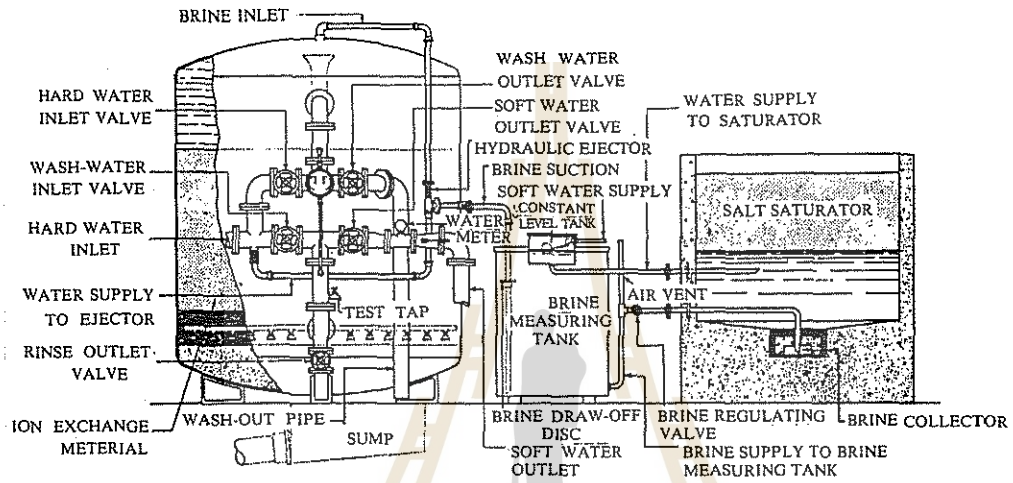
รูป Flow Diagram ของระบบกำจัดความกระด้างแบบสองขั้น



รูป การแลกเปลี่ยนระหว่าง H^+ ของเรซิน และ Na^+ ในน้ำ



รูป เรซินแลกเปลี่ยนไอออน



รูปส่วนประกอบต่างๆ ของ ถังแลกเปลี่ยนไอออน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การกำจัดฟลูออไรด์

ฟลูออไรด์มักพบมากในแหล่งน้ำบาดาลมากกว่าแหล่งน้ำผิวดินโดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทยเนื่องจากสภาพทางธรณีวิทยา ฟลูออไรด์เป็นสารเคมีที่มีทั้งคุณและโทษต่อมนุษย์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่รับเข้าสู่ร่างกาย กล่าวคือ ฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น ประมาณ 0.7 mg/l จะมีส่วนช่วยป้องกันฟันผุในเด็กอายุไม่เกิน 12 ขวบ ในทางตรงกันข้าม ฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น มากกว่า 1.2 mg/l จะทำให้เกิดโรคฟันกร่อนได้

กระบวนการกำจัดสารฟลูออไรด์ มีอยู่ 2 กระบวนการคือ

1. การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Precipitation)
2. การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange)

1. การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Precipitation)

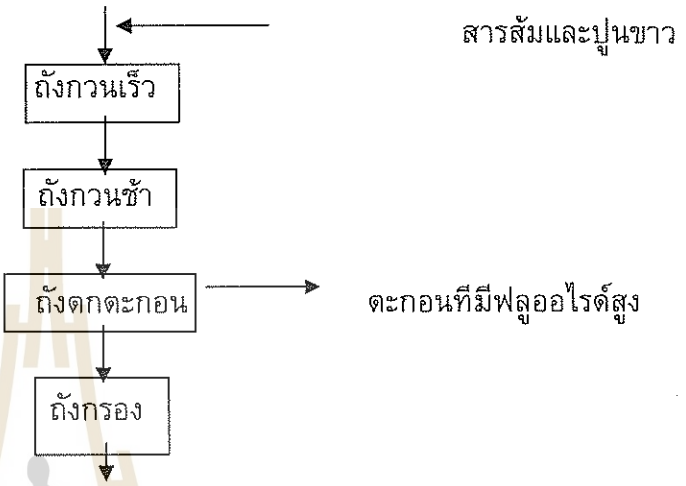
สารส้มและปูนขาวถูกนำมาใช้เพื่อกำจัดฟลูออไรด์โดยการตกตะกอนในครั้งแรกที่ประเทศอินเดีย โดยมีชื่อเรียกเทคนิคนี้ว่า "Nalgonda Technique" โดยที่ปริมาณสารส้มที่ต้องการจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ และต้องมีการปรับค่าความเป็นด่างให้สูงพอที่จะเกิดการตกตะกอน จากการทดลองระดับห้องปฏิบัติการพบว่า น้ำดิบที่มีฟลูออไรด์ 3.5 mg/l สามารถลดลงเหลือ 1.0 mg/l โดยการเติมสารส้ม 350 mg/l Nalgonda Technique เป็นวิธีการกำจัดสารฟลูออไรด์ที่ง่ายและประหยัด นิยมใช้กับการประปาในชนบท เมื่อเปรียบเทียบ Nalgonda Technique กับ การใช้ Activated Alumina แล้ว Nalgonda Technique อาจจะมีราคาแพงกว่าในท้องถิ่นที่สารส้มมีราคาแพง แต่ข้อได้เปรียบ คือ ไม่ต้องมีการเตรียมน้ำดิบ ซึ่งการใช้ Activated Alumina จะต้องมีการเตรียมน้ำดิบไม่ให้ ความขุ่นเกิน 2 NTU เนื่องจากของแข็งแขวนลอยต่างๆ จะไปทำให้ สาร Activated Alumina อุดตันได้เร็ว ทำให้ อายุการใช้งานสั้นลง **Nawlakhe et. al.** ได้ทำการทดลองหาอัตราการเติมสารส้ม เพื่อลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำให้มีค่าเหลือเท่ากับ 1.0 mg/l ในสภาพความเป็นด่างต่างๆกัน และ ได้ให้คำแนะนำในการเติมสารส้มในน้ำที่มีฟลูออไรด์และความเป็นด่างต่างๆกัน เพื่อลดฟลูออไรด์ ลงเหลือ 1.00 mg/l ดังนี้

ฟลูออไรด์	ความกระด้าง mg/l as $CaCO_3$					
mg/l	80	125	200	400	600	1070
2	8	11	17	24	31	46
3	ก	17	23	31	40	59
4	ก	ก	31	36	46	72

ก = ไม่สามารถลดลงเหลือ 1.00 mg/l ได้

1.1 การประยุกต์ใช้กับระบบผลิตน้ำประปา

เนื่องจากมีการเติมสารส้มในปริมาณที่สูงมาก ผลกระทบที่ตามมาคือการเกิดตะกอนในปริมาณมาก ดังนั้นในกระบวนการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยสารส้มและปูนขาวจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมี กระบวนการตกตะกอนด้วย (Sedimentation) ดังนี้



ผังแสดงการกำจัดฟลูออไรด์ด้วยการตกตะกอนด้วยสารส้ม

ซึ่งเมื่อพิจารณากระบวนการดังกล่าวแล้วจะพบว่าเป็นกระบวนการผลิตน้ำประปาที่ใช้อยู่โดยทั่วไปนั้นเอง โดยจะมีสิ่งที่แตกต่างกันคือ ปริมาณสารส้มและปูนขาว และสิ่งที่สำคัญคือ ปริมาณตะกอนเบาที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากมีการเติมสารส้มในปริมาณมาก ผลกระทบที่จะพบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. เกิดตะกอนเบา
2. ถังกรองทรายจะอุดตันเร็วทำให้ต้องล้างถังบ่อย
3. ตะกอนมีปริมาณมาก, ปนเปื้อนด้วย ฟลูออไรด์ และ ทำให้แห้งยาก
4. ต้องมีการปรับสภาพ ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหลังจากบำบัดแล้ว

แต่อย่างไรก็ตาม Nalgonda Technique เป็นวิธีการที่ง่ายและประหยัดเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่นโดยเฉพาะเมื่อนำมาใช้กับ การประปาขนาดเล็ก

2. <u>การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange)</u> (แปลจาก S.Kawamura. , Integrated Design of Water Treatment Facilities , 1991 , USA , p. 532-533) คือการกำจัด ฟลูออไรด์ (F^-) ออกจากน้ำโดยการแลกเปลี่ยนประจุกับสารตัวกลาง ในปัจจุบันสารตัวกลางที่นิยมใช้กัน มีอยู่ 2 ประเภท ดังนี้

1 **<u>ถ่านกระดูก</u> (Bone Char)** มีสูตรทางเคมีว่า $Ca_3(PO_4)$ ซึ่งมีปฏิกิริยาในการกำจัด F^- ดังนี้

$$Ca_3(PO_4)_6 . Ca\,CO_3 + 2\,F^- \rightarrow Ca(PO_4)_6 . Ca\,F_2 + CO_3^{2-}$$

ซึ่งเมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่ง ส่วนประกอบของถ่านกระดูกจะมี F^- อยู่มากจนไม่สามารถที่จะแลกเปลี่ยนประจุได้อีก จึงต้องมีการทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น (Regenerated) โดยการล้างด้วย 1% NaOH

2 **Activated Alumina** (Al_2O_3)

เป็นสารตัวกลางอีกหนึ่งชนิดที่นิยมใช้กันในการประปาขนาดใหญ่ในการกำจัด F^- ซึ่งเมื่อใช้ไประยะหนึ่งส่วนประกอบของ Activated Alumina จะมี F^- อยู่มากจนไม่สามารถที่จะแลกเปลี่ยนประจุได้อีก จึงต้องมีการทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น (Regenerated) โดยการล้างด้วย 1% NaOH เช่นเดียวกับ การใช้ถ่านกระดูก

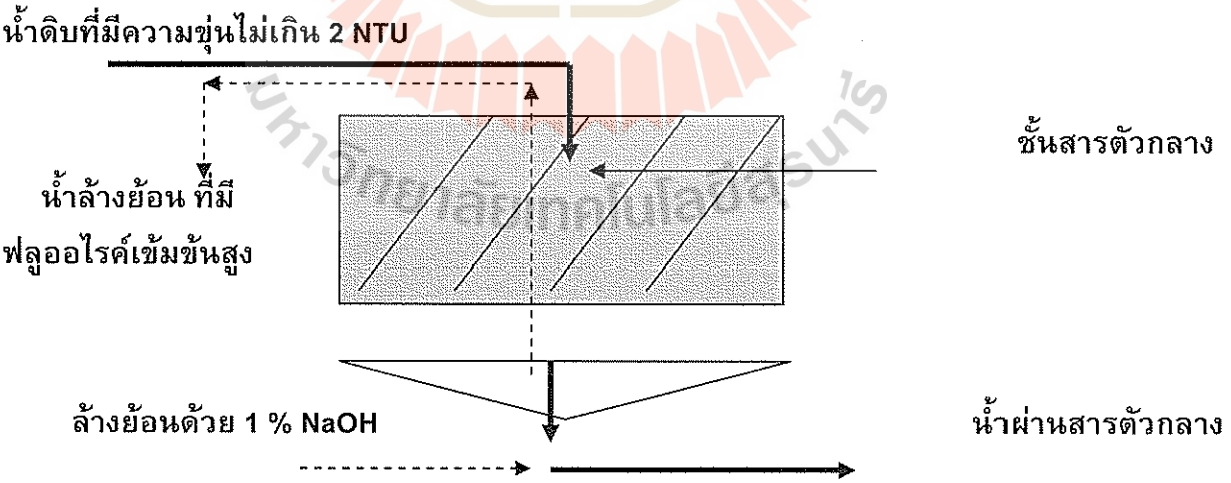
2.1 การประยุกต์ใช้กับระบบผลิตน้ำประปา

การใช้สารตัวกลางดังกล่าวข้างต้นมีวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก กล่าวคือ บรรจุสารตัวกลางลงในถังแล้วปล่อยน้ำให้ไหลผ่านสารตัวกลางที่อัตราการไหลของน้ำตามการออกแบบ โดยทั่วไปแล้วต้องมีการศึกษา และทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการก่อน เพื่อหารายละเอียดการออกแบบ คือ ความหนาของชั้นสารตัวกลาง , ระยะเวลาสัมผัสน้ำ , อัตราการกรองผ่านสารตัวกลาง อีกทั้งยังต้องมีการศึกษาถึงผลกระทบของไอออนของสารอื่นที่มีอยู่ในน้ำด้วยว่าจะมีผลกระทบต่อการแลกเปลี่ยนประจุของ F^- กับสารตัวกลาง หรือไม่ ดังนั้นในการเลือกใช้ สารตัวกลางนั้น จะต้องมีการศึกษา ให้ละเอียดก่อนตัดสินใจเลือกใช้

ข้อควรคำนึงถึง ในการใช้เทคนิคการแลกเปลี่ยนประจุ คือ

1 ควรมีการตรวจสอบอย่างเคร่งครัดถึงประสิทธิภาพ ในการแลกเปลี่ยนประจุของสารตัวกลาง อย่างสม่ำเสมอ โดยวัดความเข้มข้นของ ฟลูออไรด์ เมื่อผ่านสารตัวกลางแล้ว หากพบว่า ความเข้มข้นของฟลูออไรด์มี ค่าใกล้ค่ามาตรฐาน ต้องมีการล้างสารตัวกลาง (Regeneration)

2 น้ำล้างทิ้ง ที่เกิดจากการ ล้างสารตัวกลาง จะมี ปริมาณ ฟลูออไรด์ มาก ดังนั้นไม่สามารถปล่อยลงแหล่งน้ำได้ โดยตรง ต้องผ่านการบำบัดก่อน

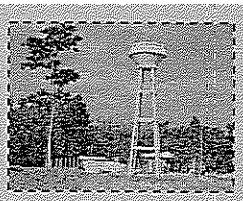


ภาพแสดงถังแลกเปลี่ยนประจุ

แหล่งอ้างอิง

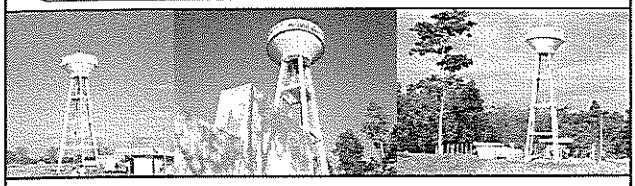
http://www.dwr.go.th/

หัวข้อการเรียน (ส่วนที่ 2)



- การเกาะหรือดูดติดผิว
- การฆ่าเชื้อโรค
- การให้ฟลูออไรด์
- การกำจัดเหล็กและแมงกานีส
- การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม
- กระบวนการเมมเบรน
- ระบบแจกจ่ายน้ำประปา
- ขนาดของระบบประปา

617 326 การประปาชุมชนเมืองและชนบท
(Urban and Rural Water Supply)



ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
E-mail: prapat@sut.ac.th

1. การประปาชุมชนเมืองและชนบท

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบประปา และส่วนประกอบของระบบประปา
- แหล่งน้ำสำหรับผลิตน้ำประปา
  - วัฏจักรการเกิดน้ำ
  - ประเภทของน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา

2. การประปาเมืองและชนบท

- การคำนวณหาน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา
- ประเภทของการใช้น้ำ
- อายุการใช้งานของระบบประปา
- ขอบเขตและประเภทของพื้นที่รับบริการประปา

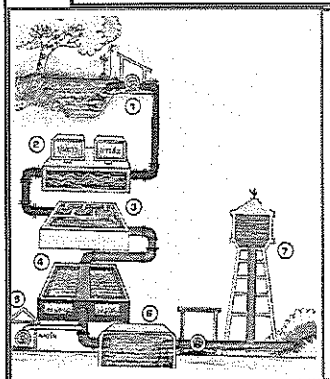
2. การประปาเมืองและชนบท (ต่อ)

- ลักษณะสมบัติของน้ำดิบตามธรรมชาติ
- ลักษณะสมบัติทางกายภาพ
- ลักษณะสมบัติทางเคมี

3. คุณสมบัติน้ำทางชีววิทยา

- Waterborne Disease
- แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำ
- การวิเคราะห์หา Bacteria ในน้ำ
- สารกัมมันตภาพรังสีในแหล่งน้ำ
- ลักษณะสมบัติทางด้านการกัดกร่อนของน้ำ

4.ขั้นตอนการผลิตน้ำประปา



1) Screening,Pre-sediment

2,3) Coagulation-Flocculation

(4) Filtration

(5) Disinfection

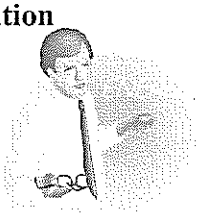
(6) Clear Water tank

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

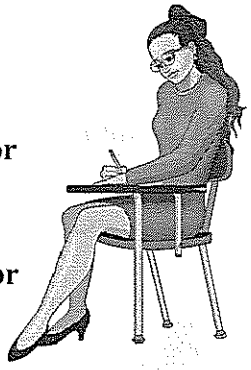
1. วิธีการปรับปรุงคุณภาพ

- Plain Sedimentation
- Screening



2. การเติมอากาศ

- Spray Aerator
- Cascade Aerator
- Tray Aerator
- Diffused Aerator
- อื่นๆ



3. การปรับพีเอช

- การปรับระดับพีเอชด้วยด่าง
- การปรับระดับพีเอชด้วยกรด

5. การประปาเมืองและชนบท

- Coagulation and Flocculation
- Colloidal
- Coagulant, Jar Test
- Rapid Sand Filtration
- Rapid Mixing

6. การประปาเมืองและชนบท

- Flocculation
- ถังกวนช้า
- การจำแนก ประเภท ทฤษฎี การออกแบบ Sedimentation
- การกรอง

7. การประปาเมืองและชนบท

- ประเภทของน้ำกระด้าง (Hardness)
- วิธีแก้น้ำกระด้าง (Softening)
- Lime and Soda ash process
- Ion Exchange

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเกาะหรือดูดติดผิว (Adsorption)
การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)
การให้ฟลูออไรด์ (Fluoridation)

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์

นักศึกษา สามารถอธิบายถึงหลักการทำงาน และการใช้ประโยชน์จากระบบการผลิตน้ำสะอาดต่อไปนี้

1. การเกาะหรือดูดติด
2. การฆ่าเชื้อโรค
3. การให้ฟลูออไรด์

Outline:

- การเกาะหรือดูดติดผิว (Adsorption)
- การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ (Disinfection)
- การให้ฟลูออไรด์ (Fluoridation)

1.การเกาะหรือดูดติดผิว (Adsorption)

ความสามารถของสารบางชนิดในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ซึ่งอยู่ในของเหลว/ก๊าซให้มาเกาะและติดบนผิวของมัน

- Adsorbent
- Adsorbate
- Mass Transfer

ประเภทของ Adsorbent

1. สารอนินทรีย์

จับโมเลกุลและคอลลอยด์ได้ไม่กี่ชนิด

2. Activated Carbon

พท.ผิวจำเพาะประมาณ 600-1000 ตร.เมตร/กรัม

3. สารอินทรีย์สังเคราะห์

Resin สามารถ Regenerate ได้

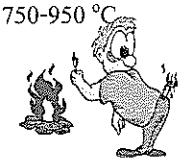
Activated Carbon

- ถ่านสังเคราะห์ขึ้นพิเศษ
- วัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์ เช่น กระดูกสัตว์ ถ่านหินบางชนิด กะลามะพร้าว เมล็ดของผลไม้บางชนิด ฯลฯ
- พท.ผิวจำเพาะสูง (Adsorptive Capacity สูง)

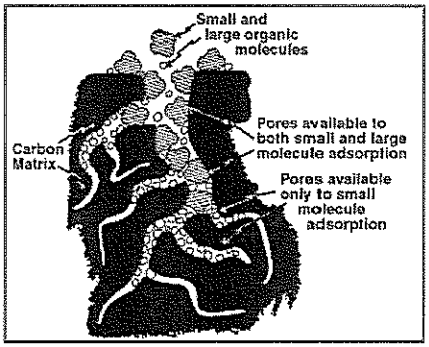
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การสังเคราะห์คาร์บอน

- Dehydration ไล่ความชื้นออกจากวัตถุดิบ
- Carbonization เผาวัตถุดิบที่แห้งให้เป็นถ่าน 400-600 °C
- Activation เผาต่อเพื่อไล่ Tar ที่ 750-950 °C



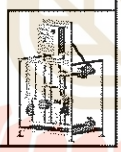
ช่องว่างภายในของ Activated Carbon



Http://www.ext.nodak.edu/extpubs/h2oqual/watsys/ae1029w.htm

ชนิดของ Activated Carbon

1. แบบผง
   (Powder Activated Carbon ; PAC)
   * ขนาด 10 - 50 ไมครอน หรือน้อยกว่า
   * นิยมเติมก่อนกระบวนการตกตะกอน /กระบวนการกรองน้ำ

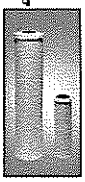


ข้อดีของคาร์บอนผง

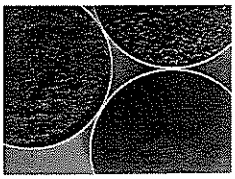
1. คาร์บอนผงมีราคาถูกกว่าคาร์บอนแบบเกร็ด 2 - 3 เท่า
2. การเพิ่ม/ลด ปริมาณคาร์บอนทำได้ทันที
3. ไม่มีการลงทุนมาก
4. การดูดติดผิวเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

ข้อเสียของคาร์บอนผง

1. ไม่คุ้มค่าในการทำ Regeneration
2. ถ้าต้องการกำจัดสิ่งสกปรกให้หมด ต้องใช้ปริมาณผงคาร์บอนมาก ไม่คุ่มค่า
   * ไม่เกิน 25 - 50 มก./ล.

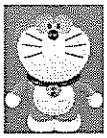


2. คาร์บอนแบบเกร็ด
   (Granular Activated Carbon ; GAC)
   * ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดทรายกรองน้ำ
   * สามารถนำไปทำ Regeneration และนำกลับมาใช้ใหม่ได้



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

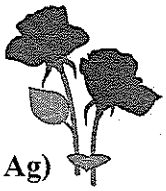
ขั้นตอนการ Regeneration



- อบระเหยน้ำ 15 นาที
- เผา 800-950 °C (Pyrolysis)
- ทำให้เย็นลงในถังน้ำเย็น และกำจัดฝุ่นผง
- นำกลับมาใช้ใหม่

ประโยชน์ของ Activated Carbon

- กำจัด สี กลิ่น และรส ที่เกิดจากสารอินทรีย์
- กำจัดคลอรีนในน้ำ
- กำจัดโลหะหนักต่างๆ (Hg, Ag)
- กำจัดยาฆ่าแมลง (DDT)



- กำจัดผงซักฟอก (90%)
- กำจัดฟีนอลและสารประกอบฟีนอล
- กำจัดสารไฮโดรคาร์บอน (Saturated HC)

ขั้นตอนของ Adsorption

- การเคลื่อนตัวของโมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าหาคาร์บอนหรือสารดูดติดผิว
- Film diffusion โมเลกุลเข้าถึงคาร์บอน จะแทรกตัวผ่านฟิล์มน้ำเข้าถึงผิวคาร์บอน
- Pore diffusion โมเลกุลของตัวถูกละลาย แทรกตัวเข้าถึงช่องว่างภายในคาร์บอน จึงมีการดูดติดผิวเกิดขึ้น
- โมเลกุลต้องเกาะติดผิวคาร์บอนโดยไม่หลุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

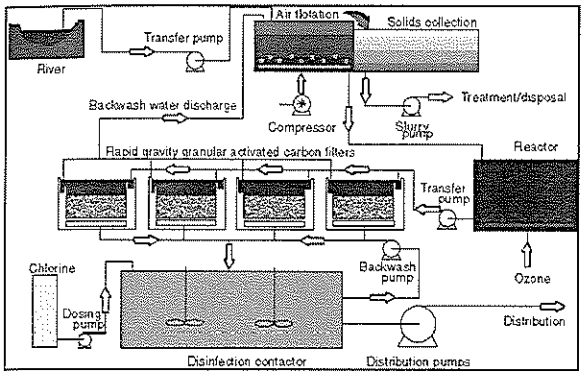
ปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิว

1. ความปั่นป่วน
2. ขนาดและพื้นที่ของผิวคาร์บอน
3. ความสามารถในการละลายน้ำของสารที่ถูกดูดติดบนผิวของคาร์บอน

ปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิว

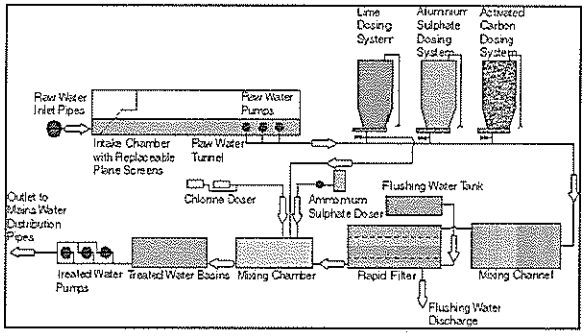
4. ขนาดของสารที่ถูกดูดติดบนผิวของคาร์บอน (เล็กกว่าโพรงเล็กน้อยดี)
5. พีเอช
6. อุณหภูมิ T สูง ความสามารถลดลง

ระบบประปากับ Activated Carbon



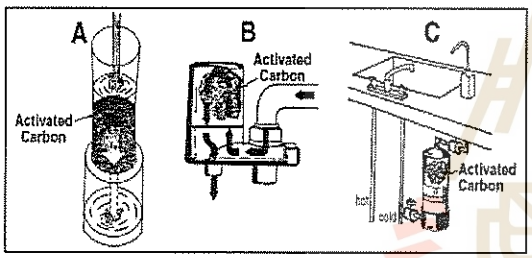
http://www.activated-carbon.com/3-2.html

ระบบประปากับ Activated Carbon



http://www.activated-carbon.com/3-2.html

การกรองกับ Activated Carbon



Http://www.ext.nodak.edu/extpubs/h2oqual/watsys/ae1029w.htm

สรุป:การเกาะหรือดูดติดผิว

* ประเภทของ Adsorbent
* Activated Carbon
* ชนิดของ Activated Carbon
* ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิว

การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

Disinfection

การฆ่าจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค

Sterilization Disinfection

การทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดที่อยู่ในน้ำ

Pathogenic Bacteria and Non-pathogenic Bacteria

2.การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

* Disinfectant เช่น ก๊าซคลอรีน สารประกอบคลอรีน โอโซน โปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต เงิน เป็นต้น

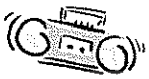
Oxidizing Power

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination)

สารที่ใช้ได้แก่ ก๊าซคลอรีน (Cl_2)

- สารประกอบไฮโปคลอไรต์ (HOCl)
- คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2)



ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำ Chlorination

1. ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ
2. ความเข้มข้นของคลอรีน
3. พีเอช
4. เวลาสัมผัสระหว่างคลอรีนกับน้ำ
5. ความขุ่นของน้ำ

1. ปฏิกิริยาของคลอรีนในน้ำ

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow H^+ + Cl^- + HOCl$$

$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^-$$

* ในน้ำจะมีคลอรีนในรูป HOCl , OCl^- และก๊าซคลอรีนอิสระ (Free available chlorine)

* Free Available Chlorine (HClO and OCl^-) ฆ่าเชื้อโรคในน้ำ
* ปริมาณของกรดไฮโปคลอรัสที่ได้ขึ้นกับพีเอช
* HOCl มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้มากกว่า OCl^- ควรทำที่ pH ต่ำๆ

ปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับแอมโมเนียในน้ำ (น้ำมีสารละลายหรือตะกอนแขวนลอย)

$$HOCl + NH_3 \longrightarrow NH_2Cl + H_2O$$

$$HOCl + NH_2Cl \longrightarrow NHCl_2 + H_2O$$

$$HOCl + NHCl_2 \longrightarrow NCl_3 + H_2O$$

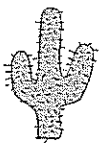
- กรดไฮโปคลอรัสทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย ได้สารประกอบ(โมโนคลอรามีน (NH_2Cl)pH สูง) (ไดคลอรามีน ($NHCl_2$), pH ต่ำ) ไตรคลอรามีน (NCl_3)
- **Combined Available Chlorine** อำนาจในการฆ่าเชื้อโรคต่ำกว่าคลอรีนอิสระ คงตัวได้นานกว่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. ความเข้มข้นของคลอรีน

* ปริมาณของคลอรีนที่เหลือตกค้างอยู่ในน้ำ (Chlorine Residual วัดได้หลังช่วงเวลาสัมผัส)
* Chlorine Demand ปริมาณคลอรีนที่ทำปฏิกิริยากับสารในน้ำ
* ปริมาณคลอรีนที่เติมลงในน้ำเพื่อฆ่าเชื้อโรค = ความต้องการคลอรีน + ปริมาณคลอรีนที่ต้องให้ตกค้างเพื่อสำรองไว้ฆ่าเชื้อโรค

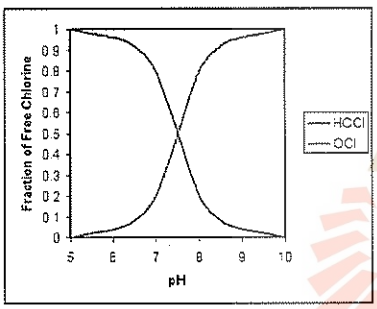
* ปกติกำหนดให้ระดับคลอรีนตกค้างอิสระที่เวลาสัมผัส 20 นาที ไม่ควรน้อยกว่า 0.5 มก./ล.
* รสเกิดจากฟีนอล หรือสาหร่ายสีเขียว
* กลิ่นหรือรสที่ระบบจ่ายน้ำ



3. พีเอช

* พีเอชต่ำ จะเกิด HOCl ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีกว่า OCl^-

ระดับ pH กับ Free Chlorine



http://www.cee.vt.edu/program_areas/environmental/teach/wtprimer/cl2/cl2.html

4. เวลาสัมผัส

* ถ้าใช้คลอรีนมาก เวลาสัมผัสต่ำ
* ถ้าใช้คลอรีนน้อย เวลาสัมผัสนาน
* คลอรีนอิสระ ใช้เวลาต่ำ
* คลอรีนรวม ใช้เวลาสัมผัสนาน

Hydraulic jump, In line Blender, Chlorine Contact tank

5. ความขุ่นของน้ำ

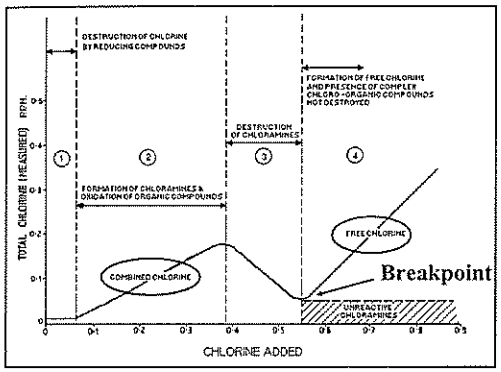
* ถ้าน้ำมีความขุ่นสูง สารแขวนลอยมากจะเป็นที่หลบของเชื้อโรค ทำให้คลอรีนทำงานได้ไม่เต็มที่

Breakpoint Chlorination

- Super Chlorination
- การเติมคลอรีนจนกระทั่งมีคลอรีนตกค้าง (Free Residual Chlorine)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Breakpoint Chlorination



http://education.qld.gov.au/corporate/doem/forms/am-02b.doc

Breakpoint Chlorination

1. Destruction of chlorine by reducing compounds, no disinfection
2. (1) Chloro-organic compound formed, little infection

   (2) Ammonia plus chlorine producing chloramine, Combine Chlorine

Breakpoint Chlorination

3. Chloramine and chloro-organic compound destroyed

ปฏิกิริยา Oxidizing NH_3 Cl_2 ดำเนินจนสมบูรณ์ ช่วงที่ 1-3 เรียกว่า Chlorine Demand

4. Free Chlorine and remaining chloro-organic compound เชื้อโรคที่เหลืออยู่ถูกทำลายโดย free residual

Breakpoint Chlorination

- ช่วงที่ 1-4 เรียกว่าปริมาณป้อนคลอรีน Chlorine dosage
- Break point reaction ขึ้นอยู่กับ pH (6.5-8.5)
- Contact time ต้องไม่น้อยกว่า 30 นาที

คลอรีนและสารประกอบคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค

- ก๊าซคลอรีน ทำปฏิกิริยากับน้ำกลายเป็น OCl^- and HOCl ลงทุนแพง ประหยัดระยะยาว (100% available chlorine)
- Chlorinated Lime ปูนคลอรีน

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \longrightarrow CaOCl_2 + H_2O$$

ไม่ต้องเสียเงินลงทุนสูง

คลอรีนและสารประกอบคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค

- $Ca(OCl)_2$ (สารละลาย หรือ ผง)
- NaOCl ระบบประปาขนาดเล็ก สระว่ายน้ำ
- ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์

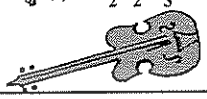
$$2NaClO_2 + Cl_2 \longrightarrow 2ClO_2 + 2HaCl$$

ต้องนำไปใช้ทันที ราคาแพง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทำลายคลอรีน

- Activated Carbon (GAC) กำจัดกลิ่น รส
- Aeration ประสิทธิภาพต่ำ ได้ผลน้อยที่ pH สูง
- สารเคมี (SO_2(ประปาขนาดใหญ่), $NaHSO_3$, Na_2SO_3(ราคาถูก เสถียรภาพสูง), $Na_2S_2O_3$)



3.การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยโอโซน

$$O_2 \longrightarrow O + O$$

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

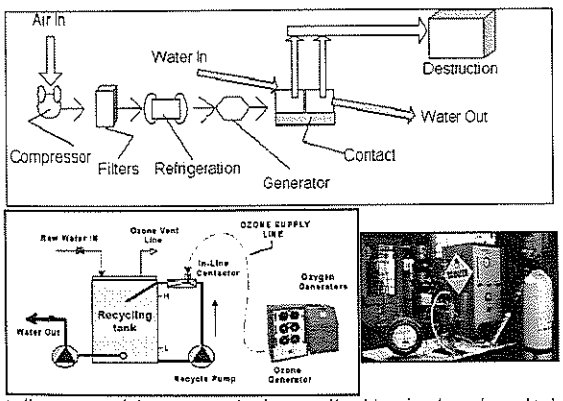
การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยโอโซน

- O_3 มีคุณสมบัติทางเคมีไม่คงตัว ต้องผลิตและใช้ทันที
- อัตราการใช้ 1-5.3 kg/1000 m^3 ของน้ำ
- ค่าใช้จ่ายสูงแต่ไม่มีฤทธิ์ตกค้าง ต้องเพิ่มคลอรีน
- ละลายน้ำได้น้อย ต้องผสมทั่วถึง

* โอโซนไม่สามารถเหลือตกค้างได้นาน (Ozone Residual)

การผลิตโอโซน : ผ่านอากาศแห้งหรือออกซิเจนบริสุทธิ์ไประหว่างไฟฟ้า 2 ขั้วที่มีความต่างศักย์ 15,000 - 20,000 โวลท์ อะตอมของออกซิเจนจะถูกบังคับให้จับตัวใหม่กลายเป็นโอโซน (O_3)

ขั้นตอนการใช้โอโซนฆ่าเชื้อโรคในน้ำ



http://www.cee.vt.edu/program_areas/environmental/teach/wtprimer/ozone/ozone.html

3. การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลต

* ช่วงคลื่นยาว (ตั้งแต่ 3250 - 3900 A^0) : ฆ่าเชื้อโรคได้ต่ำ ส่วนมากพบในแสงแดด

* ช่วงคลื่นปานกลาง (ตั้งแต่ 2950 - 3250 A^0) : ฆ่าเชื้อโรคได้ ถ้ามีเวลาสัมผัสเพียงพอ ส่วนมากพบในแสงแดด

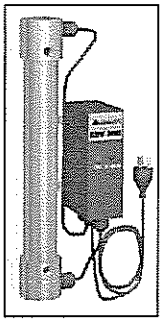
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

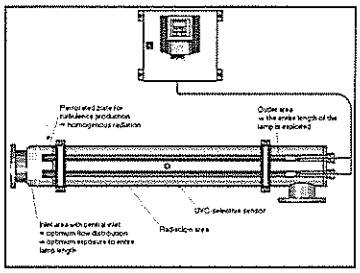
* ช่วงคลื่นสั้น (ตั้งแต่ 2000 - 2950 A^0) : ฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ดีที่สุด (2537 A^0)

* หลอดไฟยูวี ทำด้วยแก้วพิเศษ เช่น Quartz หรือ ซิลิกา

* น้ำที่ใช้วิธีนี้ต้องปราศจากความขุ่น สี

เครื่องมือฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลต





http://www.prominent.de/en/products/dulcodes/main.htm

http://www.tycoflowcontrol.com.au/measurement/home/combined_instruments/u.v._disinfection

4. การใช้ความร้อน (Heating)

- การต้มให้เดือด
- Pasteurization การฆ่าเชื้อในของเหลว เช่น นม
- Sterilization การทำไร้เชื้อ ใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน 121 °C ความดัน 1.2 kg/cm^2 15-20 นาที
- Distillation น้ำอ่อน

5. การใช้ประจุโลหะ เงิน และทองแดง

6.การเติมฟลูออไรด์ให้กับน้ำ (Fluoridation)

* ควรมีฟลูออไรด์ในน้ำ 1 มก./ล.

* สารประกอบฟลูออไรด์ :
โซเดียมฟลูออไรด์ (NaF)
โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Na_2SiF_6)
กรดฟลูออซิลิซิค (H_2SiF_6)

1. โซเดียมฟลูออไรด์ (NaF)

* เป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่จับเป็นก้อน

* ละลายน้ำได้ในอัตราคงที่ 40.5 ก./ล.

* เหมาะสมกับระบบประปาขนาดเล็ก

2. โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (59.7 % F)

* ผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่ดูดความชื้น

* ละลายน้ำได้ 7.6 ก./ล.

* เหมาะสมกับระบบประปาขนาดกลาง/ขนาดใหญ่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. กรดฟลูออซิลิซิค (H_2SiF_6)

* ของเหลวใส ไม่มีสี ให้ควันตลอดเวลา
* ระคายผิวหนังเมื่อสัมผัส ไอกรดเป็นพิษ
* เหมาะสมกับระบบประปาขนาดใหญ่

สรุป: การฆ่าเชื้อโรค

• การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน

* ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำ Chlorination
  - ปฏิกิริยาคลอรีนในน้ำ
  - ความเข้มข้นของคลอรีน

- พีเอช
- เวลาสัมผัส
- ความขุ่นของน้ำ

* Breakpoint Chlorination
* ชนิดของคลอรีนและสารประกอบคลอรีน ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค

• การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยโอโซน

• การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสง UV ความร้อน

การให้ฟลูออไรด์กับน้ำ

* โซเดียมฟลูออไรด์
* โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์
* กรดฟลูออโรซิลิซิค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Conclusion:

- การเกาะหรือดูดติดผิว (Adsorption)
- การฆ่าเชื้อโรคในน้ำ (Disinfection)
- การให้ฟลูออไรด์ (Fluoridation)

การกำจัดเหล็กและแมงกานีส
การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์

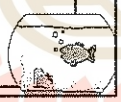
น.ศ. สามารถอธิบายการผลิตน้ำสะอาดด้วยวิธีต่อไปนี้ได้อย่างถูกต้อง

* การกำจัดเหล็กและแมงกานีส
* การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม

หัวข้อการกำจัดเหล็กและแมงกานีส

- สถานะของเหล็กและแมงกานีส
- ปฏิกิริยาของเหล็กและแมงกานีส
- การกำจัดเหล็กและแมงกานีส

- Oxidation, สารพิเศษ
- การควบคุมด้วยสารคีแลนท์



1. การกำจัดเหล็กและแมงกานีส (Ferrous and Manganese Removal)

- น้ำดื่มต้องมีเหล็ก ไม่เกิน 0.3 มก./ล.
และแมงกานีส ไม่เกิน 0.1 มก./ล.
- ถ้ามีเกินมาตรฐานกำหนด...?

ท่อขนส่งน้ำอุดตัน | น้ำขุ่น มีสีและกลิ่น | การซักผ้า สุขภัณฑ์

สถานะของเหล็กและแมงกานีส

- Fe^{+3}, $Fe(OH)_3$ เป็นของแข็งแขวนลอย
- Fe^{+2} ละลายน้ำได้
- Mn สถานะคล้ายเหล็ก
- การหาสถานะต่างๆ ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำในสนาม

ความสามารถในการละลายน้ำของเหล็ก

- น้ำบาดาล pH ต่ำ $FeCO_3$ ถ้า pH สูง $Fe(OH)_2$
- เหล็กเฟอร์รัสที่ละลายน้ำมี 3 ชนิดคือ รูปอิสระ (Fe^{+2}) $FeOH^+$ และ $Fe(OH)_3^-$
- น้ำธรรมชาติมี Fe^{+2} ละลายอยู่ไม่เกิน 10 มก./ล. และมักสูงกว่า Mn

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ความสามารถในการละลายน้ำของแมงกานีส

- $MnCO_3$ pH กลางและต่ำ(น้ำธรรมชาติพบมากที่สุด) ถ้า pH สูง $Mn(OH)_2$
- น้ำธรรมชาติมี Mn ละลายอยู่ไม่เกิน 2 มก./ล.
- Fe, Mn แหล่งน้ำชนิดใดพบมากที่สุด..?

น้ำใต้ดินพบมากที่สุด

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็กและแมงกานีส

- ปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- เปลี่ยน Fe(II) เป็น Fe (III)
- เปลี่ยน Mn(II) เป็น Mn (IV)
- **Oxidizing Reagent : ออกซิเจน คลอรีน โปแตสเซียมเปอร์มังกานเนต โอโซน**

Fe and Mn Oxidation Reaction

$4Fe^{+2}+O_2+10H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3+8H^+$

$2Mn^{+2}+O_2+2H_2O \longrightarrow 2MnO_2+4H^+$

ถ้า O_2 มีอำนาจไม่เพียงพอต้องใช้ Cl_2 หรือ ClO_2 หรือ $KMnO_4$

- * การกำจัด Fe 1 มก./ล. ต้องใช้ ออกซิเจน 0.14 มก./ล. และเกิด H^+
- * การกำจัด Mn 1 มก./ล. ต้องใช้ ออกซิเจน 0.29 มก./ล. และเกิด H^+
- * ถ้าใช้คลอรีนหรือโปแตสเซียมเปอร์มังกานเนต น้ำที่ได้จะเป็นด่าง

ข้อสังเกต

ความต้องการสารเคมีในการกำจัด Mn สูงเป็น 2 เท่าของที่ใช้กำจัด Fe ต้องเพิ่มสภาวะออกซิเดชั่น

การกำจัดเหล็กและแมงกานีสโดยวิธีออกซิเดชันและการกรอง

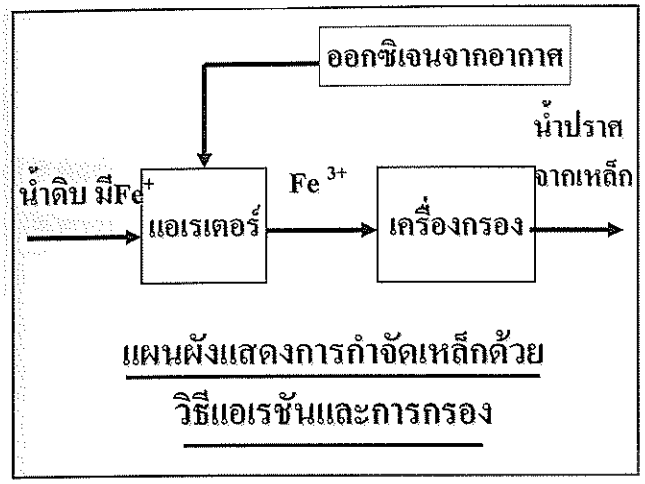
* การทำให้เหล็กหรือแมงกานีสละลายน้ำเกิดออกซิเดชัน และตกผลึก หลังจากนั้นจะกรองผลึกออกจากน้ำ

* เปลี่ยนจากรูปที่ละลายน้ำ ⇨ ไม่ละลายน้ำ

1. การกำจัดเหล็กโดยวิธีแอเรชันและการกรองโดยไม่ใช้ถังตกตะกอน

* น้ำดิบต้องมีเหล็กไม่เกิน 5 มก./ล.
* ไม่มีแมงกานีส สี ความขุ่น กรดฮิวมิค สารอินทรีย์อื่นๆ
* มีแอมโมเนีย หรือ CO_2 เล็กน้อย หรือไม่มีเลย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



แผนผังแสดงการกำจัดเหล็กด้วยวิธีแอเรชันและการกรอง

Fe Oxidation Reaction

$4Fe^{+2}+O_2+8OH^-+2H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3$

- อัตราเร็วขึ้นอยู่กับ Temp, pH, DO, Fe
- การเร่งปฏิกิริยาเกิดจาก ผลึกหรือตะกรันที่เกาะบนตัวกลาง ไอออนลบ (ฟอสเฟต) โลหะ ($CuSO_4$)

2. การกำจัดเหล็กโดยวิธีออกซิเดชันและการกรองโดยใช้ถังตกตะกอน

* ใช้ถังตะกอนในกรณี
  .. มีเหล็กอยู่ในน้ำมาก
  .. น้ำมีสี ความขุ่น กรดฮิวมิค สารคอมเพล็กซ์ ฯลฯ

การกำจัดเหล็กโดยวิธีออกซิเดชันและการกรองโดยใช้ถังตกตะกอน

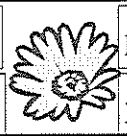
น้ำที่มีเหล็กมาก	น้ำที่มีเหล็กน้อย
• ผ่านถัง Solid Contact ที่มีการเติมปูนขาว • ส่งต่อไปถังกรอง	• Aeration • ฉีดน้ำให้เป็นละอองฝอย • ส่งต่อไปถังกรอง

วิธีดังกล่าวไม่สามารถกำจัดแมงกานีสได้อย่างสมบูรณ์ ต้องตกผลึกที่ pH 8.5-10

การกำจัดเหล็กและแมงกานีสพร้อมกับการกำจัดความกระด้างคาร์บอเนต

* กำจัดความกระด้าง : เติมปูนขาว
* พีเอชจะสูงขึ้น เหมาะสำหรับกำจัดเหล็กและแมงกานีสด้วย

pH 8.2 $FeCO_3$	pH 9.2 $MnCO_3$
pH 10.5 $Fe(OH)_2$	pH 11.5 $Mn(OH)_2$



การกำจัดเหล็กและแมงกานีสด้วยสารพิเศษ

* สารพิเศษ :
  - Ion exchange Resin (มี Fe Mn ต่ำ)
  - สารกรอง(ทรายเขียว)ที่เคลือบผิวด้วย MnO_2 ,
  - Activated Carbon (ไม่สามารถกำจัด Fe Mn ได้ ลดรสที่เกิดจาก Fe Mn

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การควบคุมเหล็กและแมงกานีสด้วยสารคีแลนท์

* กรณีที่น้ำมีเหล็กและแมงกานีสต่ำ
* สารคีแลนท์ (Chelant) :

Sodium Hexametaphosphate เติมก่อน Aeration จับ Fe Mn ในรูปสารละลาย

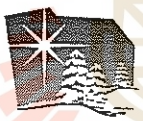
สรุป:

- สถานะของเหล็กและแมงกานีส
- ปฏิกิริยาของเหล็กและแมงกานีส
- การกำจัดเหล็กและแมงกานีส

- Oxidation, สารพิเศษ
- การควบคุมด้วยสารคีแลนท์

หัวข้อ: การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม (Desalination)

- Distillation Process
- Freezing
- Reverse Osmosis
- Electrodialysis



2. การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม (Desalination)

- Desalting, Demineralization, Desalination and Deionization
- 3% น้ำในโลกที่นำไปใช้ประโยชน์ได้
- 80 % Distillation
- 13 % RO Membrane
- 7% Electrodialysis

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนิดของน้ำเค็ม

>35,000 mg/l	น้ำเกลือเข้มข้น (Brine)
35,000 mg/l	น้ำทะเล (Sea Water)
1,000-35,000	น้ำกร่อย (Brackish water)
< 1,000 mg/l	น้ำจืด (Fresh water)

วิธีการผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม

- Distillation Process
- Freezing
- Reverse Osmosis
- Electrodialysis

1. Distillation Process

- น้ำระเหยออกมาเป็นไอน้ำ เกลือ ตะกรัน Ca Mg ยังคงอยู่

1.1 Multi-stag distillation

หม้อกลั่นเรียงแบบอนุกรม 10-20 ชั้น

1.2 Multi-stag flash distillation

หม้อกลั่นตัวเดียว หลักการความดันไอ

1. Distillation Process

1.3 Vapor Compression

เพิ่มความดันให้ไอน้ำ เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อควบแน่น

1.4 Solar still

2. Freezing

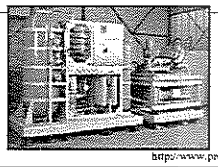
โมเลกุลของน้ำเป็นผลึกน้ำแข็งเมื่อเย็นจัด

3. Reverse Osmosis

Membrane และ ความดัน

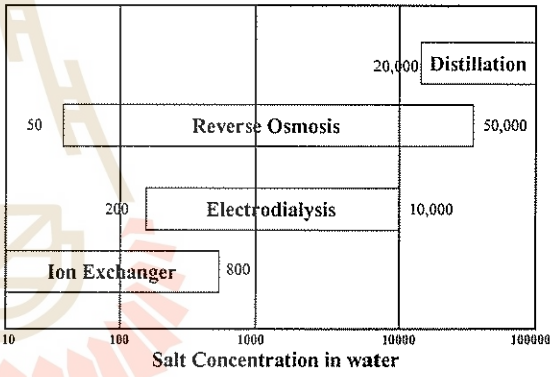
4. Electrodialysis

ขั้วไฟฟ้าสองขั้วผ่านกระแสไฟฟ้าลงในน้ำดิบทำให้ประจุแตกตัวออก



http://www.proximedia.com/local/kriva-rochem/produkt1.htm

วิธีการผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม



สรุป: การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม

(Desalination)

- **Distillation Process**
- **Freezing**
- **Reverse Osmosis**
- **Electrodialysis**

สรุป

การกำจัดเหล็กและแมงกานีส
การผลิตน้ำจืดจากน้ำเค็ม

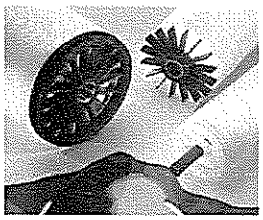
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กระบวนการเมมเบรน
(Membrane Process)

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

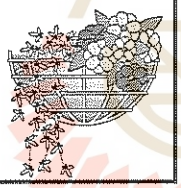
วัตถุประสงค์

- เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและเข้าใจในหลักการของกระบวนการเมมเบรน
  - Reverse Osmosis
  - Ultra filtration



Outline:

- ประเภทของกระบวนการเมมเบรน
- Reverse Osmosis
- ประโยชน์ หลักการทำงาน ของ RO
- ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบ RO
- ความจำเป็นในการเตรียมน้ำดิบ
- Ultra filtration



กระบวนการเมมเบรน
(Membrane Processes)

ความหมาย

กระบวนการต่างๆ ที่อาศัยเยื่อเมมเบรน (Semi-Permeable Membrane) ในการแยกสารละลายออกจากน้ำ

- ED, RO and UF

ประเภทของกระบวนการเมมเบรน

- Electrodialysis (ED) ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นแรงขับดันให้เกิดการแยกสารประกอบซึ่งแตกตัวเป็นอิออนได้ออกจากน้ำ แต่ไม่สามารถแยกสารอินทรีย์

ประเภทของกระบวนการเมมเบรน

- Reverse Osmosis (RO) หรือ Hyperfiltration ใช้แรงดันต่างๆ ออกจากน้ำ สามารถแยกสารอินทรีย์ขนาดใหญ่ และสารอินทรีย์ชนิดต่างๆได้หมด
- Ultrafiltration (UF) แยกสารอินทรีย์ขนาดใหญ่เท่านั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

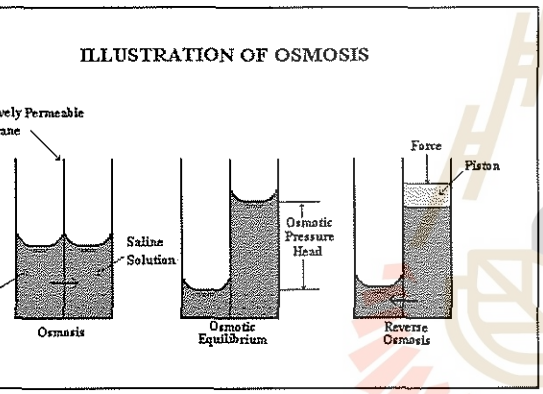
ชนิดของกระบวนการเมมเบรน

กระบวนการ	แรงขับดัน	สารที่แยกออกจากน้ำได้
RO	แรงดัน 300-1000 ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วหรือสูงกว่า	เกลือแร่ กรด ด่าง สาร อินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 200
UF	แรงดัน 100 ปอนด์ต่อ ตร.นิ้ว หรือสูงกว่า	สารอินทรีย์ที่มีน้ำหนัก โมเลกุลมากกว่า 500
ED	แรงดันไฟฟ้า	สารที่แตกตัวเป็นไอออนได้

Reverse Osmosis

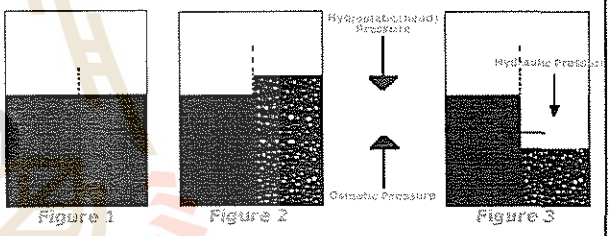
* Osmosis

การเคลื่อนที่ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของน้ำผ่านเยื่อเมมเบรนจากสารละลายเจือจางไปยังสารละลายเข้มข้น



Http://www.cee.vt.edu./programe_areas/environmental/tech/wtprimer/revosmo/revermo.html

Reverse Osmosis



Http://www.geatfiltration.com/html/technology/freversosmosis.html

Reverse Osmosis

- ถ้ามีแรงดันที่มีค่าสูงกว่าแรงดันออสโมซิสมากระทำต่อด้านที่มีสารละลายเข้มข้น น้ำจะไหลย้อนกลับ
- การต้านการไหลตามธรรมชาติ
- นำมาใช้แยกน้ำออกจากสารละลายเข้มข้นต่างๆ

แรงดันออสโมซิส

แรงดันออสโมซิส = nCRT

n = จำนวนไอออนในสารประกอบ

C = ความเข้มข้นของสารละลาย (โมลต่อลิตร)

R = ค่าคงที่ของก๊าซ 0.082 atm-l/mol-K

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

โมเลกุลยิ่งเล็กแรงดัน OS ยิ่งสูง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Osmosis and Reverse Osmosis

- Semi-Permeable Membrane
- Osmotic Pressure
- Vapor Pressure

RO → แรงดัน, เมมเบรน

ความสามารถของ Reverse Osmosis

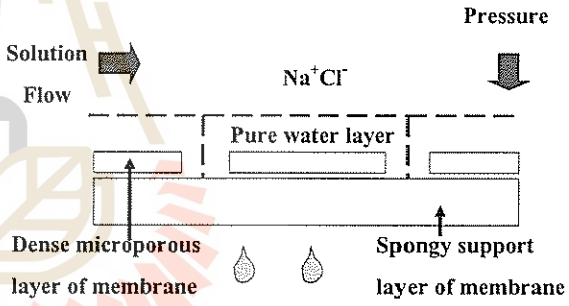
1. สามารถลดปริมาณสารละลายในน้ำ (TDS)
2. ลดปริมาณความกระด้าง
3. ลดปริมาณของฟลูออไรด์
4. กำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ
5. กำจัดโลหะหนักเป็นพิษและสร้าความรำคาญ
6. กำจัดจุลินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งไวรัส

ความสามารถของ Reverse Osmosis (ต่อ)

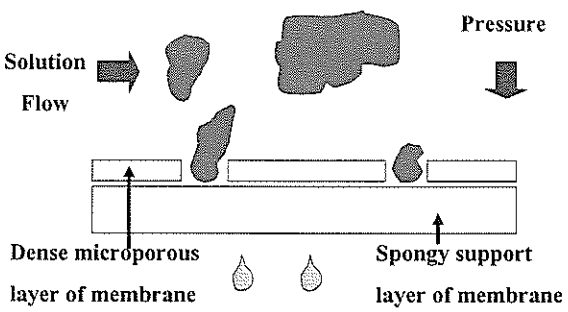
- น้ำที่ผ่าน RO สะดวกในการฆ่าเชื้อโรคด้วย Cl_2
- Ro สามารถกำจัดกรดอินทรีย์และ Amines, Humic and Fulvic acid, MBAS
- RO ไม่สามารถกำจัด Phenol, Chlorinated HC, Pesticides, Low Mol.wt. Alc
- RO ผลิตน้ำบริสุทธิ์รง.ผลิตยา, Electronic ตามด้วย UV หรือเครื่องกรองจุลินทรีย์

หลักการทำงานของ Reverse Osmosis

1. กลไกที่ใช้ในการกำจัดเกลือ



2. กลไกที่ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์



ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ Reverse Osmosis

1. Concentration Polarization

สมรรถนะในการกำจัดสารละลาย การสะสมตัวเกลือแร่ ทำให้เกิดผลเสียต่อ RO

1) แรงดันออสโมซิสสูงขึ้น
2) มีการรั่วไหลของสารละลายผ่านเมมเบรน
3) เมมเบรนเสื่อมสภาพเร็ว
4) การตกผลึกของสารประกอบ $CaCO_3$, $CaSO_4$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. อุณหภูมิและพีเอช

- อัตราเร็วของปฏิกิริยาแปรตามอุณหภูมิ (15-30 °C)
- ระดับพีเอชอยู่ในช่วง 3 - 7

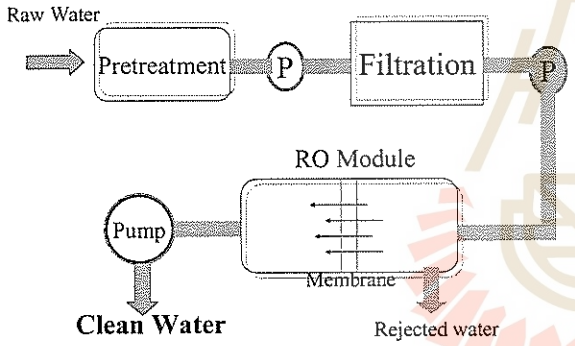
3. แรงดัน

- แรงดันมาก ระบบ RO ยิ่งผลิตน้ำได้สะอาด
- Compaction

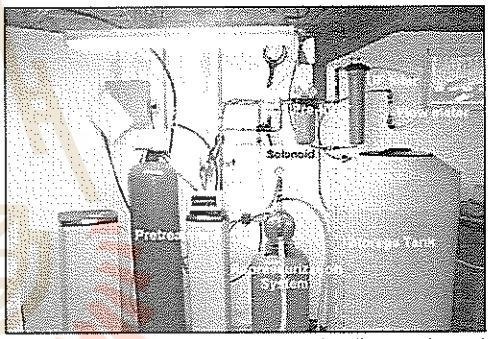
4. ความเข้มข้นของน้ำดิบ

- อัตราการผลิตน้ำ (Water Flux) มีค่าลดลงตามความเข้มข้นของสารละลาย
- การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำดิบและ % recovery ทำให้สมรรถนะของ RO ลดลง
- ปริมาณสารละลายในน้ำดิบมาก ยิ่งทำให้ประสิทธิภาพของ ระบบ RO ลดลง

ส่วนประกอบของระบบ Reverse Osmosis



Reverse Osmosis System



http://www.awqinc.com/uf.html

ส่วนประกอบของระบบ Reverse Osmosis

- ระบบ Pretreatment
  - กำจัดคอลลอยด์และสารแขวนลอย
  - ปรับและควบคุม pH and Temp
  - ป้องกันและควบคุมการเกิดตะกรัน
  - ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และกำจัดไขมัน

ส่วนประกอบของระบบ Reverse Osmosis

- Cartridge Filter
  - กำจัดสารแขวนลอยให้หมด ควรมีขนาด 5-25 ไมครอน
- ระบบควบคุมอัตราไหลของน้ำเข้มข้นที่ต้องระบายทิ้ง
  - น้ำสะอาดมีความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนประกอบของระบบ Reverse Osmosis

RO Membrane

- Polymer (Cellulose, Polyamide)
- Cellulose (Cellulose Acetate, Cellulose Triacetate)
- ไม่ทนกรด-ด่าง, Temp>30C, Hydrolysis
- Cellulose ทน Oxidizing agent

ส่วนประกอบของระบบ Reverse Osmosis

RO Modules

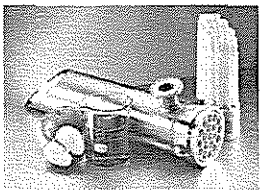
- Plate and Frame Module

แผ่นเมมเบรนวางบนแผ่นรองรับมีรูพรุน คล้าย Filter Press การดูแลรักษาแพง

- Tubular Module

ม้วนแผ่นเมมเบรนให้เป็นหลอดหรือท่อขนาดเล็ก

Tubular Module



http://www.pciproducts.com/dsp_product.cfm?ServiceID=72

ส่วนประกอบของระบบ Reverse Osmosis

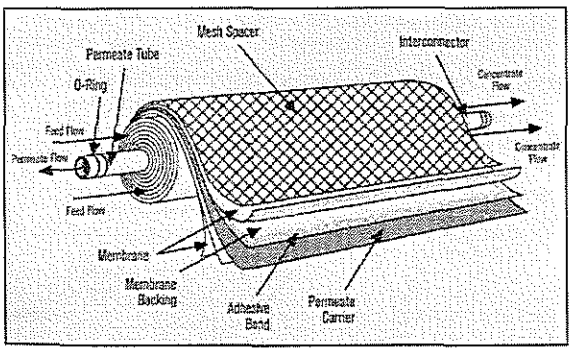
Spiral Wound Module

- เมมเบรน 2 แผ่นประกบกันมีวัสดุเนื้อพรุนอยู่ตรงกลาง

Hollow Filter Module

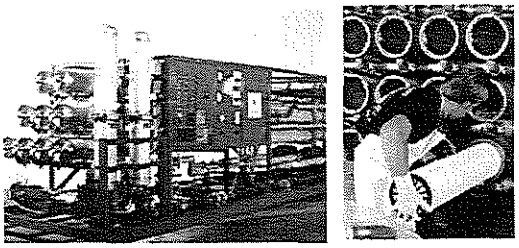
-Polyamide นำมารวมกันเป็นมัด งอพับเป็นรูปเกือกม้า

Spiral Wound Module



http://www.gewater.com/library/tp/707_Treating_Industrial.jsp

Hollow Filter Module



http://www.gewater.com/library/tp/707_Treating_Industrial.jsp

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

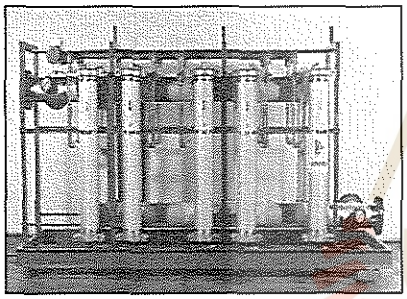
ความจำเป็นในการเตรียมน้ำดิบ (สำหรับ RO)

- ป้องกันการเกิดตะกรันบนเมมเบรน
- ป้องกันการตกผลึกของเหล็กและแมงกานีส
- ป้องกันการอุดตันของเมมเบรนเนื่องจากคอลลอยด์
- ป้องกันการอุดตันเนื่องมาจากจุลินทรีย์

Ultrafiltration (UF)

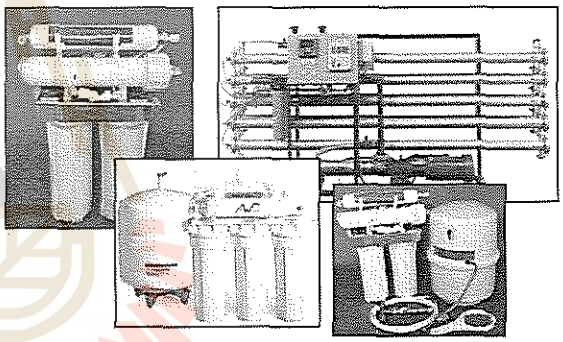
- สามารแยกเฉพาะโมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากน้ำ
- กำจัดสารแขวนลอย Bacteria, Virus, Clay, Protein, Humic and Fulvic acid
- UF membraneทนกรดด่าง อุณหภูมิดีกว่า (Polycarbonate Resin, Substituted Olefin, Polyelectrolite Complex)

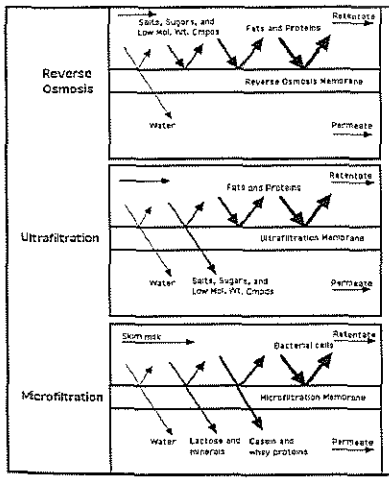
Ultrafiltration (UF)



http://www.celtechinc.net/Ultrafiltration.htm

Reverse Osmosis types



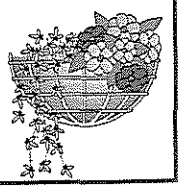


Conclusion

- Reverse Osmosis
- Ultrafiltration
- Microfiltration

Conclusion:

- ประเภทของกระบวนการเมมเบรน
- Reverse Osmosis
- ประโยชน์ หลักการทำงาน ของ RO
- ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบ RO
- ความจำเป็นในการเตรียมน้ำดิบ
- Ultrafiltration



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การกำจัดเหล็กและแมงกานีส

เหล็กและแมงกานีสเป็นแร่ธาตุที่พบได้โดยทั่วไปในธรรมชาติ เช่น ดิน, กรวด, ทราย, หิน โดยทั่วไปจะพบในปริมาณไม่มากนัก เหล็กและแมงกานีส ที่พบโดยทั่วไปจะอยู่ในรูป oxides, carbonates sulphides และ complex organic combination เมื่อน้ำฝนซึมผ่านชั้นดินจะละลายเอาธาตุเหล็กและแมงกานีสลงไปสู่แหล่งน้ำด้วย โดยทั่วไปแล้วจะพบเหล็กในปริมาณที่มากกว่าและบ่อยกว่าแมงกานีส เนื่องจากเปลือกโลกมี ธาตุเหล็กมากกว่าแมงกานีสนั้นเอง เหล็กและแมงกานีสที่พบในแหล่งน้ำผิวดินมักจะพบในรูปของเหล็กไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นผลึกของแข็ง ส่วนในน้ำบาดาลมักจะพบอยู่ในรูปของสารละลาย ซึ่งหากมีการนำน้ำที่มีเหล็กในรูปของสารละลายมาผลิตเป็นน้ำประปาจะต้องมีขบวนการในการกำจัดเอาสารละลายเหล็กและแมงกานีส ออกก่อนเนื่องจากเหล็กและแมงกานีสในรูปสารละลายเมื่อสัมผัสอากาศจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งมีสีแดงสนิมและสีน้ำตาลดำ ทำให้ น้ำประปามีคุณภาพไม่ดี

ในอ่างเก็บน้ำเหล็กและแมงกานีสที่ตกตะกอนอยู่ก้นอ่างอาจจะละลายใหม่ได้เนื่องจากเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน และเมื่อมีการผลิกตัวของน้ำเนื่องจากความแตกต่างทางด้านอุณหภูมิ เหล็กและแมงกานีสที่ละลายเหล่านี้ก็จะลอยตัวขึ้นเหนือน้ำและเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนก็จะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นผลึกและตกตะกอนอยู่ก้นอ่าง ปรากฏการณ์นี้จะเวียนอยู่อย่างนี้ ดังนั้นการเลือกตำแหน่งของท่อน้ำดิบในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่จะต้องมีการพิจารณาปรากฏการณ์นี้ด้วย

การกำจัดเหล็กและแมงกานีส

การกำจัดเหล็กและแมงกานีส โดยทั่วไปที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาจะใช้หลักการเปลี่ยนประจุของเหล็กและแมงกานีสให้อยู่ในรูปที่เป็นของแข็งดังนี้

$$Fe^{2+} \text{-----} \rightarrow Fe^{3+}$$

$$Mn^{2+} \text{----} \rightarrow Mn^{4+}$$

จะสังเกตได้ว่าในการออกซิไดซ์แมงกานีสจะทำได้ยากกว่าเหล็กเนื่องจากจะต้องเปลี่ยนประจุจาก +2 ไปเป็น +4 การออกซิไดซ์เหล็กและแมงกานีสสามารถกระทำได้โดยใช้ออกซิไดซ์ชิงเอเจ่น หลายตัว เช่น ออกซิเจน, คลอรีน, คลอรีนไดออกไซด์, โปรตัสเซียมเปอร์มังกาเนส โดยจากทฤษฎีสามารถคำนวณหาอัตราการใช้สารเคมีได้ดังนี้

สารเคมี	ปริมาณสารเคมี (กรัม) ในการกำจัด 1 กรัม ของ	
	เหล็ก	แมงกานีส
Oxygen	0.14	0.29
Cl_2	0.64	1.29
$Ca(OCl_2)$	0.64	1.30

สารเคมี	ปริมาณสารเคมี (กรัม) ในการกำจัด 1 กรัม ของ	
	เหล็ก	*แมงกานีส*
NaOCl	0.67	1.36
$KMnO_4$	0.94	1.92
ClO_2	1.21	2.50
O_3	0.43	0.87

ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้า นั้นมีปัจจัยที่สำคัญคือ pH โดย ค่า pH และระยะเวลากักเก็บที่ใช้ในการออกแบบถาดเติมอากาศจะเป็นดังนี้

สาร	pH ที่เหมาะสม	ระยะเวลากักเก็บ (นาที)
เหล็ก	8.5	15
แมงกานีส	10	60

ซึ่งหากใช้ออกซิไดซ์ซิงเอเจน ต่างชนิดกัน อัตราการเกิดปฏิกิริยาก็จะต่างกัน ซึ่ง ทำให้ถังปฏิกิริยาจะมีขนาดใหญ่/เล็ก ต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม pH จะต้องไม่ต่ำกว่า ค่าที่แนะนำข้างต้น ข้อควรจำ การใช้ออกซิเจนเป็น ออกซิไดซ์ซิงเอเจ่นไม่สามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสในรูปของ organic combination ได้

การใช้ ถ่านเป็นตัวกลางในแต่ละชั้นของถาดเติมอากาศจะมีประโยชน์ช่วยทำให้ การแลกเปลี่ยนออกซิเจนเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการกำจัดเหล็กและแมงกานีส นอกจากนี้ ถ่านจะช่วยกำจัดกลิ่นได้ด้วย

การประยุกต์ใช้กับระบบผลิตน้ำประปา

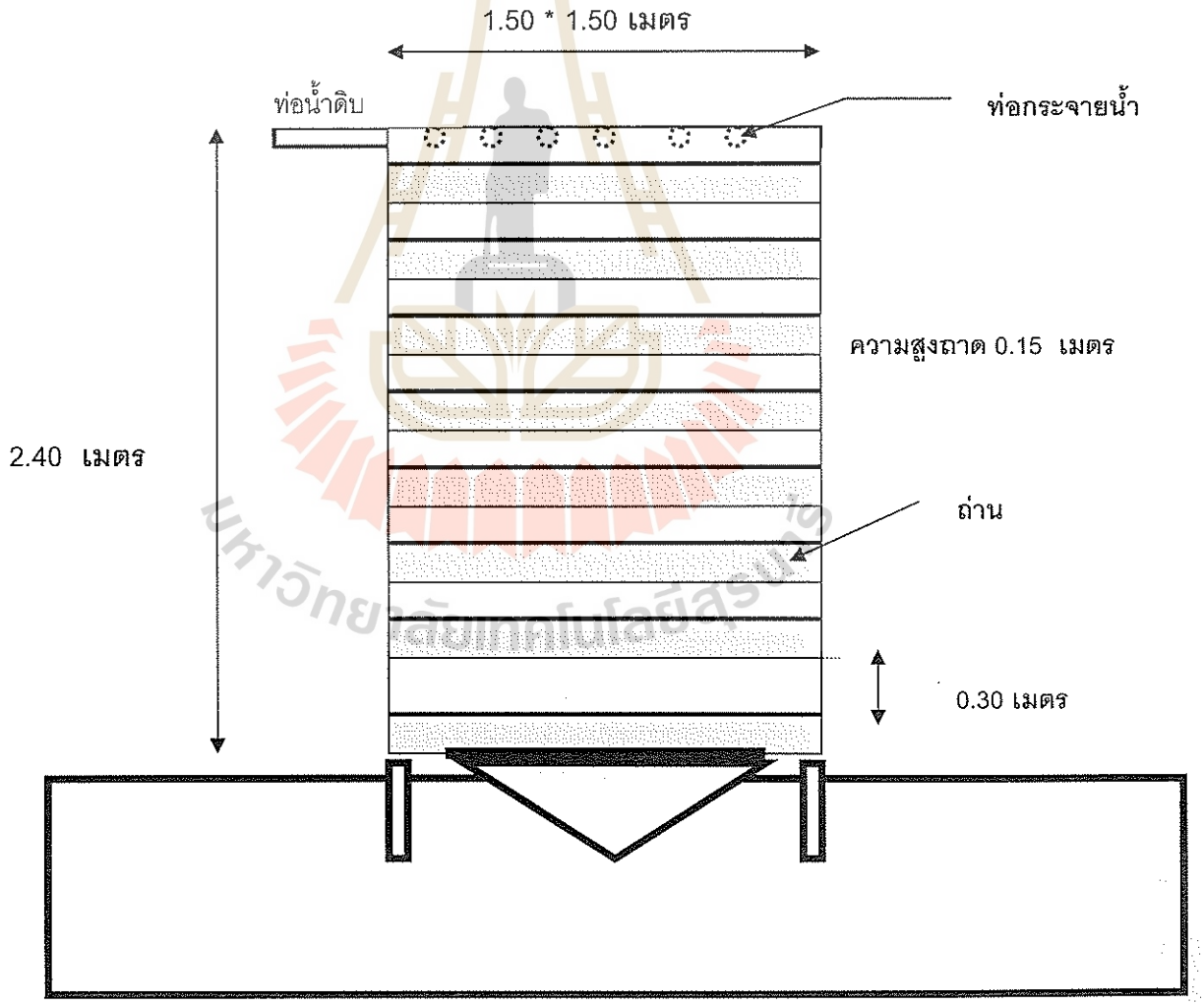
การนำถาดเติมอากาศมาใช้งานกับระบบผลิตน้ำประปาสามารถกระทำได้โดยง่ายโดยติดตั้งอยู่เหนือถังพักน้ำก่อนเข้ากวนเร็ว โดยมีอัตราน้ำตกผ่านถาด ประมาณ 37-40 เมตร/ชั่วโมง และใช้เวลากักเก็บในถาด ประมาณ 15 นาที สำหรับเหล็ก และ 60 นาที สำหรับแมงกานีส โดยมีระยะห่างระหว่างถาดประมาณ 30 เซนติเมตร

ในกรณีที่เหล็กมีความเข้มข้น น้อยกว่า 5 mg/l และ ความขุ่นน้อย ไม่มีสี ถังตกตะกอนอาจจะไม่จำเป็น โดยสามารถใช้ ถาดเติมอากาศ ตามด้วย ถังกรองได้เลย

กรณี	การเลือกใช้
Fe < 5 ppm และความขุ่นน้อย	ถังกรอง
Fe > 5 ppm และน้ำมีความขุ่นเกิน มาตรฐาน	ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน และ ถังกรอง

ตัวอย่าง ถาดเติมอากาศสำหรับการประปา ขนาด 10 ลบ.ม/ชม เพื่อกำจัด เหล็ก

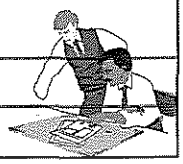
	การคำนวณ	**เลือกใช้**
พื้นที่ผิว (ตารางเมตร)	2.25	1.5 *1.5
ขนาดรู		เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ซม.
จำนวน รู		225 รู
พื้นที่ รู		0.268 ตารางเมตร
ความหนาของถาด		0.15 เมตร
ปริมาตรแต่ละถาด		0.3375 ลบ.ม
เวลากักเก็บที่ต้องการ	15 นาที	
ปริมาตรที่ต้องการ		2.4 ลบ.ม
จำนวนถาด		7 ถาด



แหล่งอ้างอิง:. http://www.dwr.go.th/

ระบบแจกจ่ายน้ำประปา

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ระบบการแจกจ่ายน้ำประปา

วัตถุประสงค์

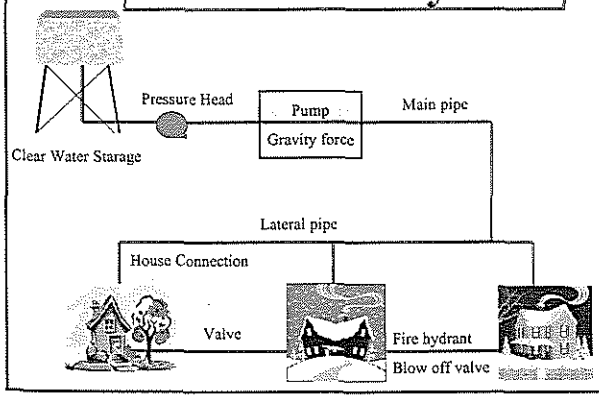
1. น.ศ. สามารถอธิบายวิธีการแจกจ่ายน้ำประปาแบบต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
2. น.ศ. สามารถอธิบายระบบการแจกจ่ายน้ำประปาได้อย่างถูกต้อง

3. น.ศ. สามารถอธิบายถังเก็บน้ำประปาได้
4. น.ศ. สามารถอธิบายเกี่ยวกับระบบท่อหลักจ่ายน้ำประปาได้อย่างถูกต้อง

หัวข้อการเรียน

- วิธีการจ่ายน้ำประปา
- ระบบจ่ายน้ำประปา
- ถังเก็บน้ำประปา ระบบท่อหลัก
- องค์ประกอบของระบบท่อจ่ายน้ำ
- การออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำ

Distribution System



วิธีการจ่ายน้ำประปา (Delivery System)

1. วิธีอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Flow)

- อาศัยความสูงจากระดับพื้นดินปกติและหอถังสูงเป็นจุดปล่อยน้ำ
- การประปาบนเนินเขา เขื่อน
- ลดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ ปัญหาไฟฟ้าดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. วิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรง (Direct Pumping)

* อาศัยเครื่องสูบน้ำ สูบจ่ายไปตามท่อหลัก ความเร็วและความดันภายในท่อถูกควบคุมด้วยเครื่องสูบน้ำและขนาดท่อหลัก

* เหมาะกับชุมชนขนาดใหญ่และท่อจ่ายน้ำยาว

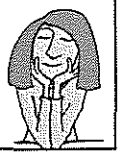
* ข้อเสีย : ไฟฟ้าดับ จะจ่ายน้ำไม่ได้

3. วิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้ทั้งหอถังสูงร่วมกับเครื่องสูบน้ำ (Pumping and Evaluated Storage)

* อาศัยเครื่องสูบน้ำจ่ายไปยังท่อหลัก และมีหอถังสูง ทำหน้าที่แจกจ่ายน้ำประปา

* อัตราการสูบน้ำจะสม่ำเสมอ

* เครื่องสูบน้ำสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ



4. วิธีจ่ายน้ำประปาโดยใช้เครื่องสูบน้ำและถังยืน

* ถังยืน (Stand pipe) :

- ถังเก็บน้ำที่มีความสูงน้อยกว่าหอถังสูง แต่เก็บน้ำได้มากกว่า
- นิยมใช้บริเวณที่เป็นเนิน

ระบบจ่ายน้ำประปา

1. ระบบจ่ายน้ำประปาแบบต่อเนื่อง (Continuous system)

* เหมาะกับงานที่ต้องใช้น้ำประปาตลอดเวลา และมีแหล่งน้ำดิบรวมทั้งโรงประปาที่สามารถผลิตน้ำได้ตลอดเวลา

ข้อดี

1) ผู้ใช้น้ำไม่ต้องสร้างถังเก็บน้ำประปา
2) มีน้ำไว้ใช้ดับเพลิงตลอดเวลา
3) มีน้ำประปาใหม่เสมออยู่ในท่อประปา
4) ไม่ต้องติดวาล์วระบายอากาศในท่อประปา
5) ขนาดท่อประปาเล็กกว่าระบบจ่ายน้ำแบบไม่ต่อเนื่อง

2. ระบบจ่ายน้ำแบบเดินๆ หยุดๆ

* จ่ายน้ำประปา เพียง 2 - 3 ชม./วัน

ข้อเสีย (บ้านจัดสรร)

1) ผู้ใช้น้ำต้องสร้างถังเก็บน้ำประปาสำรอง
2) ขนาดท่อประปาใหญ่กว่าระบบจ่ายน้ำแบบต่อเนื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) ถ้าลืมปิดก๊อกน้ำ เมื่อมีการจ่ายน้ำ อาจมีการสูญเสียน้ำได้ง่าย

4) ขณะหยุดจ่ายน้ำประปา อาจมีสิ่งสกปรกปนเปื้อนในท่อประปาได้ง่าย

5) มีการติดตั้งวาล์วและข้อต่อต่างๆ มาก

6) ไม่มีน้ำสำรองไว้ดับเพลิงเมื่อหยุดจ่ายน้ำ

ถังกักเก็บน้ำประปา

วัตถุประสงค์ของการกักเก็บน้ำประปา

1) สำหรับดับเพลิง

2) รักษาระดับความดันของน้ำในท่อประปา

3) สำรองน้ำไว้ใช้ในเวลาที่ต้องการใช้น้ำมาก

1) ถังน้ำบนพื้นดิน (ประปาบาดาล)

* ถังเก็บกักน้ำไว้เพื่อจ่ายน้ำประปาโดยทั่วไปของชุมชนแต่ละชุมชน

2) หอถังสูง

* ทำหน้าที่จ่ายน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

* ความสูง 10-30 ม. และความจุ 5 - 250 ลบ.ม.

ระบบท่อหลักจ่ายน้ำประปา

ประเภทของระบบท่อจ่ายน้ำ

1) ระบบแขนง (Branching System)

* เหมาะกับชุมชนขนาดเล็ก-กลาง

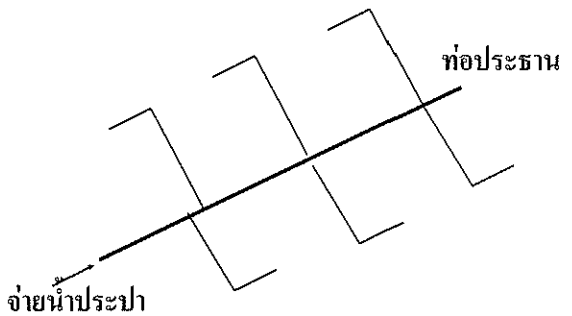
* ค่าใช้จ่ายไม่มาก

* การคำนวณออกแบบง่าย

* แต่มีข้อเสีย คือ

- ประปาอยู่ในท่อนานๆอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย (กลิ่น การควบคุมคลอรีน)
- มีการสะสมของตะกอนในท่อ
- ถ้าหยุดจ่ายน้ำ จะมีผลกระทบต่อผู้ใช้จำนวนมาก

Branching System

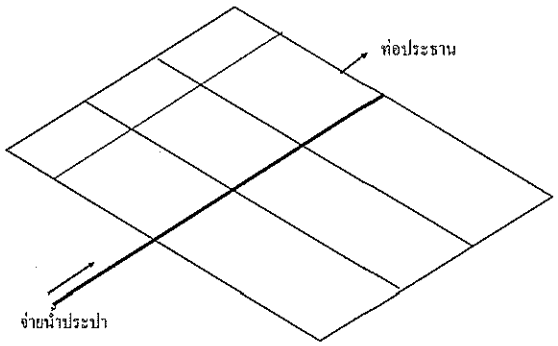


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) ระบบวงจร (Loop system/Grid system)

* ระบบท่อเดินเป็นวงจรปิด
* เหมาะสมกับชุมชนขนาดใหญ่
* การไหลของน้ำประปาในท่อสม่ำเสมอ
* ถ้าหยุดซ่อมยังสามารถจ่ายน้ำต่อได้
* ข้อเสีย : ค่าใช้จ่ายมาก ออกแบบยุ่งยาก

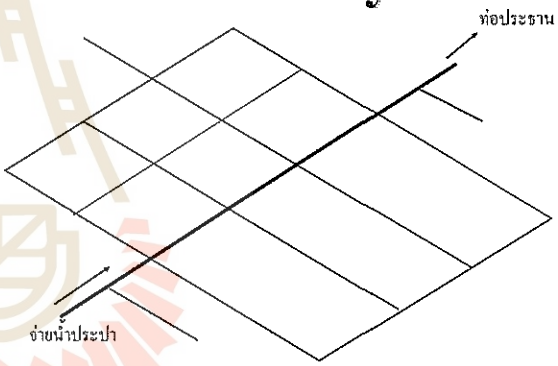
Loop system/Grid system



3) ระบบรวมกัน (Combination system)

* แบบแขนง + แบบวงจร
* บางครั้งเป็นระบบที่เกิดจากการขยายโครงการต่อจากเดิม
* ข้อดีและข้อเสีย : ทั้งสองระบบรวมกัน

Combination system



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุป ส่วนที่ 1

- วิธีการจ่ายน้ำประปา
- ระบบจ่ายน้ำประปา
- ถังเก็บน้ำประปา ระบบท่อหลัก

องค์ประกอบของระบบท่อจ่ายน้ำ

- ท่อ (Pipe)
- ประตูน้ำ (Valve)
- หัวก๊อกดับเพลิง (Fire Hydrant)
- การต่อเข้าอาคาร (Service Connection)

ชนิดของท่อจ่ายน้ำ (pipe)

- ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement Pipe)

ส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์กับแร่ใยหิน ราคาถูก ทนการกัดกร่อนต่อดิน ไม่นำไฟฟ้า เรียบ ต่อท่อง่าย ปรับตัวดี ขนาด 100 -600 mm ความทนทานจะบอกไว้ที่ Class

ชนิดของท่อจ่ายน้ำ (pipe)

- ท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanize Steel Pipe)

ใช้กรณีต้องการแข็งแรง ทนทาน ท่อติดตั้งกับเครื่องสูบน้ำ ท่อส่วนที่ไม่ได้ฝังกลบ ราคาแพง ขนาด 12.5-100 mm

ข้อเสีย: ไม่ทนต่อการกัดกร่อน เป็นสนิมง่าย ตัดต่อท่อยุ่งยากน้ำหนักมาก

ชนิดของท่อจ่ายน้ำ (pipe)

- ท่อเหล็กกล้า (Steel Pipe)

ใช้กรณีวางท่อขนาดใหญ่ ท่อส่งน้ำ ขนาด 400 mm ขึ้นไป แข็งแรงมาก อ่อนโค้งได้บ้าง ทนแรงกระแทกได้ดี ต้องมีการป้องกันการกัดกร่อนทั้งภายในและนอก เคลือบน้ำมันดิน ปูนเปียก

การผลิต: เชื่อมด้วยไฟฟ้ากับรีดม้วน

ชนิดของท่อจ่ายน้ำ (pipe)

- ท่อเหล็กเหนียว (Ductile Iron Pipe)

ท่อปรับปรุงคุณภาพจากเหล็กหล่อ (Cast Iron Pipe) เติม Mn ลงไปในเหล็กหลอมที่มี S และ P ต่ำ แข็งแรง ทนทาน แอ่นตัวดี ขนาด 75-1000 mm

- ต้องมีการป้องกันการกัดกร่อน

ชนิดของท่อจ่ายน้ำ (pipe)

- ท่อพลาสติก (Plastic Pipe)

PVC (Poly Vinyl Cholride)ขนาด 12.5 -400 mm แอ่นตัวได้ดี , PE (Polyethylene) ไม่มีปฏิกิริยากับสารเคมี ทนการกัดกร่อน เหมาะสำหรับทางคดเคี้ยว

ชนิดของท่อจ่ายน้ำ (pipe)

- ท่อ HDPE (High Density Polyethylene)
- ท่อคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concreate)
- ท่อ PB (Polybutylene)
- ท่อเหล็กหล่อ (Cast Iron)
- ท่อไฟเบอร์กลาส

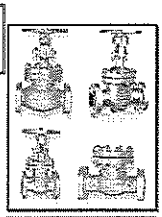
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

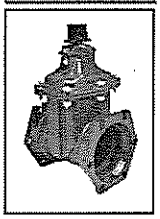
ประตูน้ำ (Valve)

- ประตูน้ำเกลียวยก (Gate Valve)

-ข้างในจะมีแผ่นโลหะกลมแบนเลื่อนด้วยเกลียวขึ้นลงขวางการไหลของน้ำ

-ใช้ควบคุมการไหลของน้ำ ณ จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหล





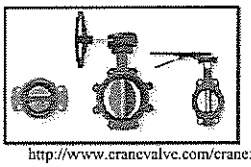
http://www.acipco.com/afc/gate_valves/Series_2500/

ประตูน้ำ (Valve)

- ประตูน้ำปีกผีเสื้อ (Butterfly Valve)

-ข้างในจะมีแผ่นโลหะเปิดปิดหมุนรอบแกน ปิดได้สนิท สูญเสียต่ำนิยมใช้ในระบบกรอง

-เครื่องมือทำความสะอาดเข้าไม่ถึง

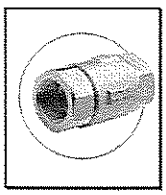


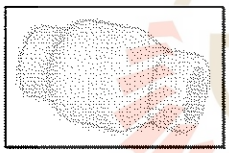
http://www.cranevalve.com/crane5.htm

ประตูน้ำ (Valve)

- ประตูน้ำไหลทางเดียว (Check Valve)

-ทำงานกึ่งอัตโนมัติป้องกันการไหลกลับของน้ำ การเปิดปิดอาศัยความดันของน้ำ





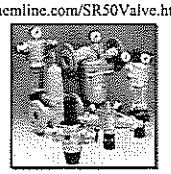
http://www.conbraco.com/products/check/cheindex.asp

ประตูน้ำ (Valve)

- ประตูน้ำลดความดัน (Pressure Regulating Valve)

-ลดความดันในท่อจ่ายน้ำ ที่อยู่ต่ำกว่าจุดส่งน้ำมากๆ ทำให้เกิดความสูญเสีย (Head loss)

http://www.chemline.com/SR50Valve.htm

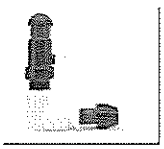


http://www.buildingdesign.co.uk/mech/honeywell/honeywell-7.htm

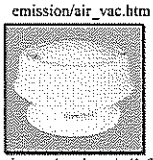
ประตูน้ำ (Valve)

- ลิ้นระบายอากาศ (Air Relief Valve)

- แก้ปัญหาท่อขนาดยาวมีอากาศสะสม เมื่ออากาศออกหมดน้ำจะไหลเข้าแทนที่ และยกลอยปิดช่องเปิด



http://www.rainbird.com/drip/products/emission/air_vac.htm



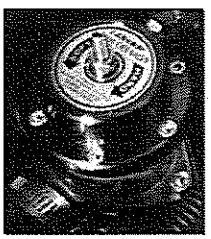
http://www.dynamicair.com/products/reliefvalve.html

ประตูน้ำ (Valve)

- ประตูระบายตะกอน (Blow off Valve)

- ท่อที่อยู่ต่ำเช่นท่อที่ฝังลอดคลอง

- ต้องเปิดประตูระบายตะกอน



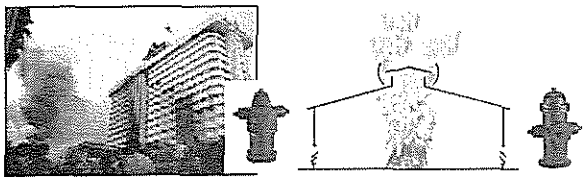
http://www.overboost.com/obs/product.asp?pid=371

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

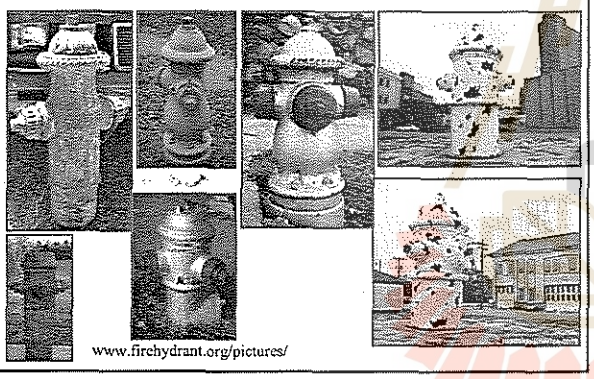
หัวก๊อกดับเพลิง

- ต่อจากท่อหลักโดยตรง ตั้งอยู่ริมถนน สีแดง อาจใช้ประโยชน์ในการล้างถนน
- ประตูน้ำมีฐานเปิดปิดด้วยแกน มีน็อตเปิดปิด
- ชุมชนขนาดใหญ่ตั้งห่างกันไม่เกิน **200** เมตร

หัวก๊อกดับเพลิง



หัวก๊อกดับเพลิง



www.firehydrant.org/pictures/

การออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำ

- ความเร็วการไหลของน้ำ 1 m/s ต้องพิจารณา
- ความสูงต่ำของพื้นที่ ประชากร บริเวณอุตสาหกรรม ตำแหน่งที่ตั้งหอถังจ่ายน้ำ

ขั้นตอนการออกแบบท่อจ่ายน้ำ

1. ทำแผนที่ชุมชนในเขตบริการ

สำรวจและเขียนแผนที่ แนวถนน แหล่งน้ำอาคาร การลงระดับพื้นดิน

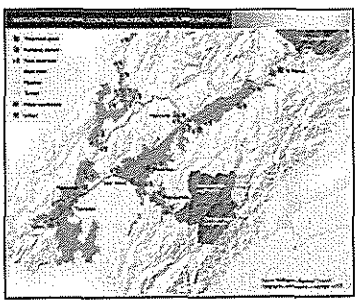
ขั้นตอนการออกแบบท่อจ่ายน้ำ

2. วางแนวเส้นท่อประปาลงบนแผนที่

- เริ่มที่กำหนดจุดจ่ายน้ำ เช่นสถานีสูบส่ง หอถังสูง แล้ววางแนวท่อประธาน ไปใจกลางที่มีการใช้น้ำสูงสุด แล้ววางท่อย่อยเป็น loop, Branch
- ขึ้นอยู่กับแนวถนน

ขั้นตอนการออกแบบท่อจ่ายน้ำ

2. วางแนวเส้นท่อประปาลงบนแผนที่



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการออกแบบท่อจ่ายน้ำ

3. กำหนดเกณฑ์ (Criteria)

- อัตราส่วนการใช้น้ำสูงสุดต่ออัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 1.6 - 4.0: 1 ขนาดท่อประปาต้องใหญ่เพียงพอ
- การเลือกใช้ท่อ การกำหนดความสูงของหอถังจ่าย ความเร็วการไหลในเส้นท่อ 0.6-1.25 m/s
- ความดันในท่อจ่ายน้ำแปรเปลี่ยนไปตามระยะทาง

ขั้นตอนการออกแบบท่อจ่ายน้ำ

4. คำนวณหาขนาดท่อ

- ปริมาณการไหลของน้ำในท่อแต่ละเส้น ความยาวของเส้นท่อ
- การคำนวณหาขนาดท่อ คือการหาขนาดท่อที่เหมาะสมสำหรับปริมาณการไหล โดยที่จุดไกลสุดของจุดจ่าย ยังมีความดันของน้ำเพียงพอ

ขั้นตอนการออกแบบท่อจ่ายน้ำ

4. คำนวณหาขนาดท่อ

- การคำนวณโดยใช้สูตร Hazen- Williams หรือโปรแกรม Computer

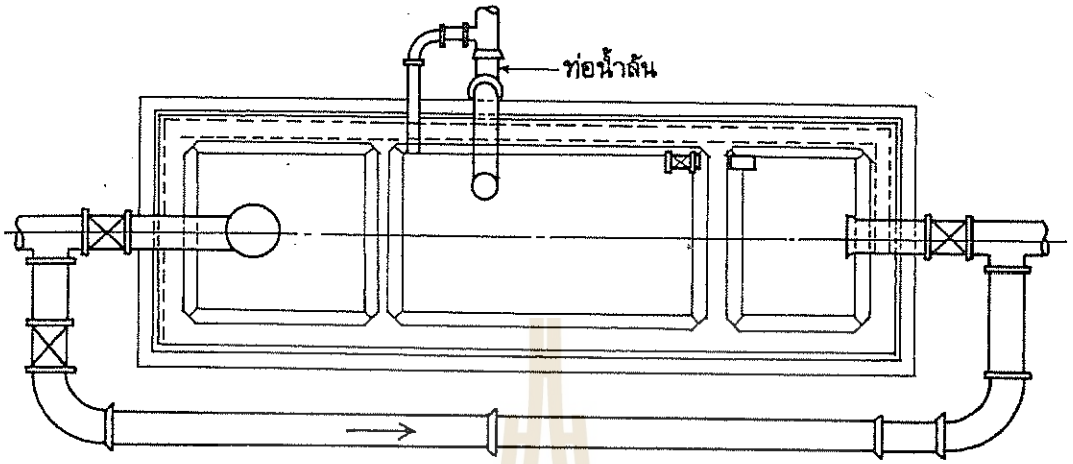
5. การเขียนลงแบบจริง (Final Draft)

- ประปาชุมชนขนาดเล็ก เขียนลงในแผนที่
- ประปาชุมชนขนาดใหญ่ ทำ Profile จึงติดตั้งประตูน้ำ ท่อ หัวก๊อกดับเพลิง การวางท่อข้ามถนน

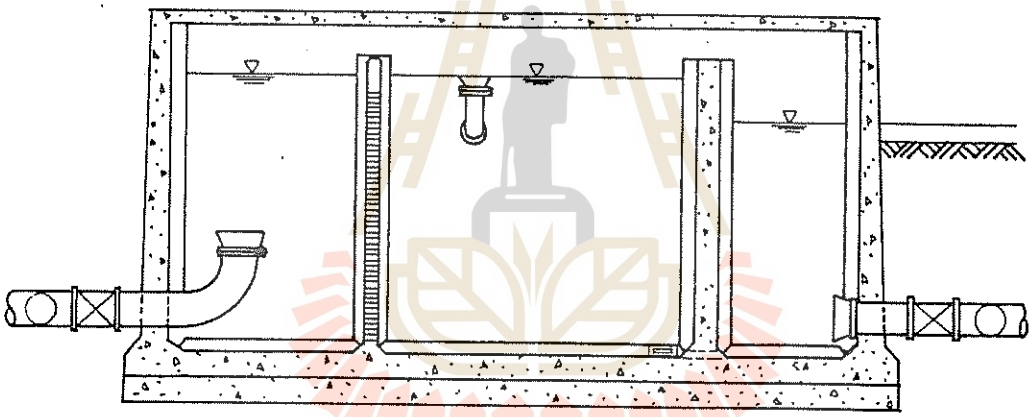
สรุปหัวข้อการเรียน

- วิธีการจ่ายน้ำประปา
- ระบบจ่ายน้ำประปา
- ถังเก็บน้ำประปา ระบบท่อหลัก
- องค์ประกอบของระบบท่อจ่ายน้ำ
- การออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



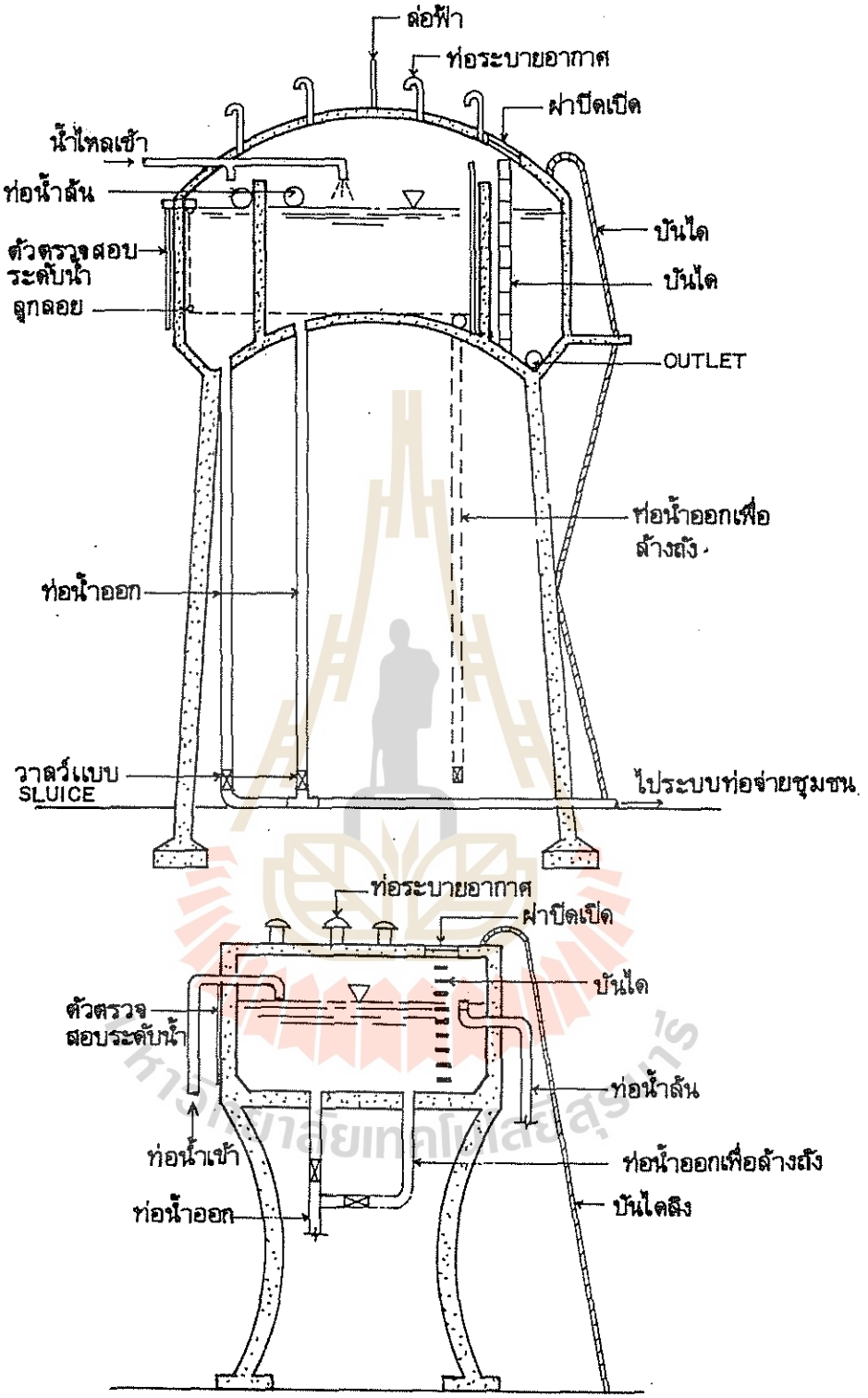
รูปแปลน



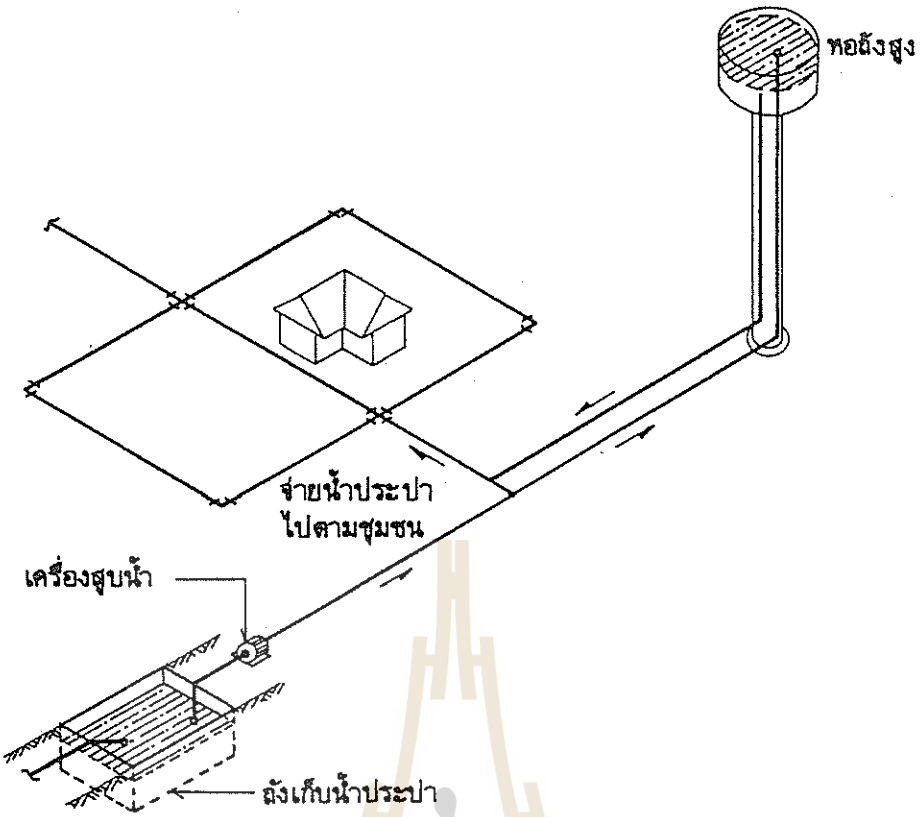
รูปตัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

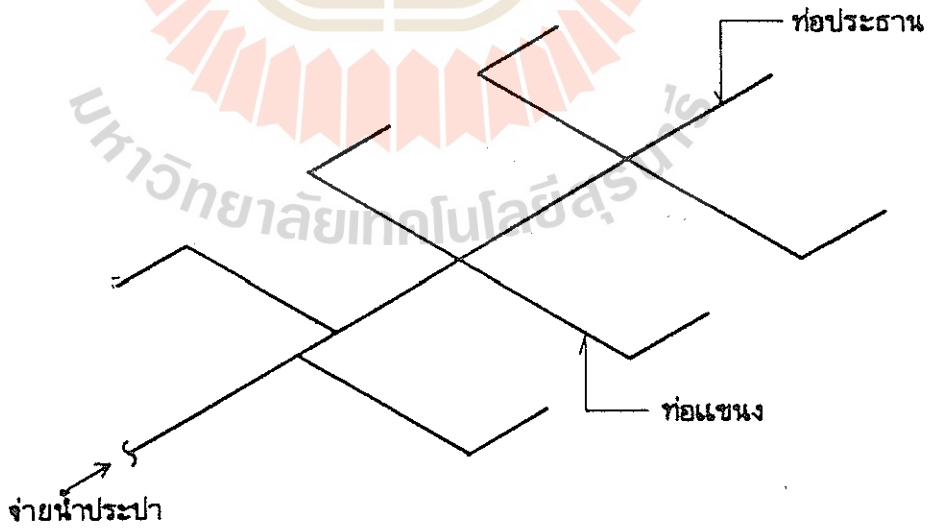
รูปรายละเอียดของถังน้ำบนพื้นดิน



รูปรายละเอียดของหอถังสูง

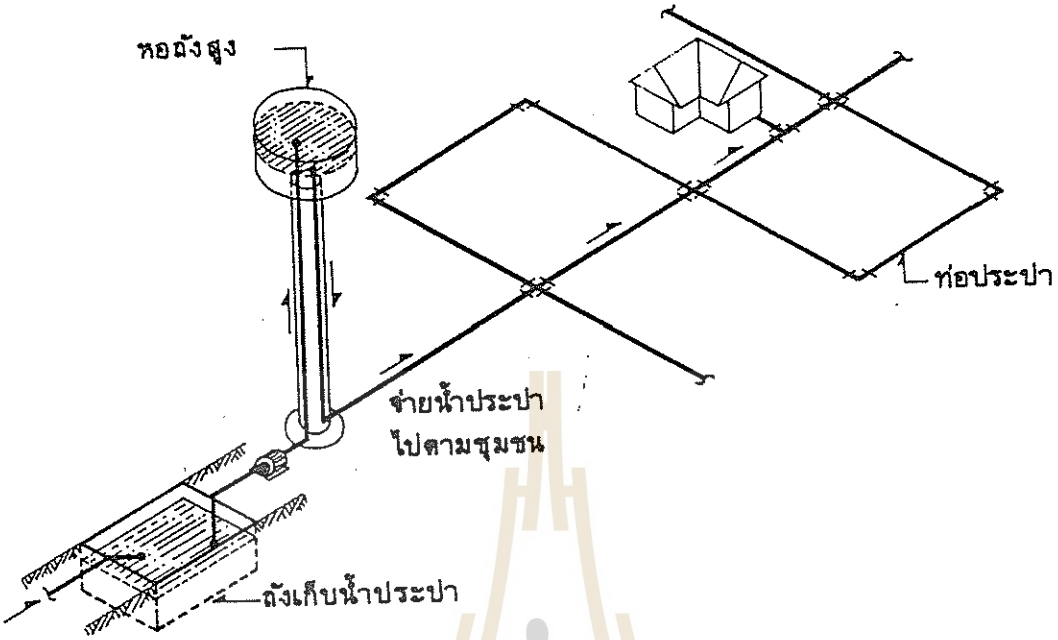


ภาพที่ 3 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำร่วมกับหอถังสูง

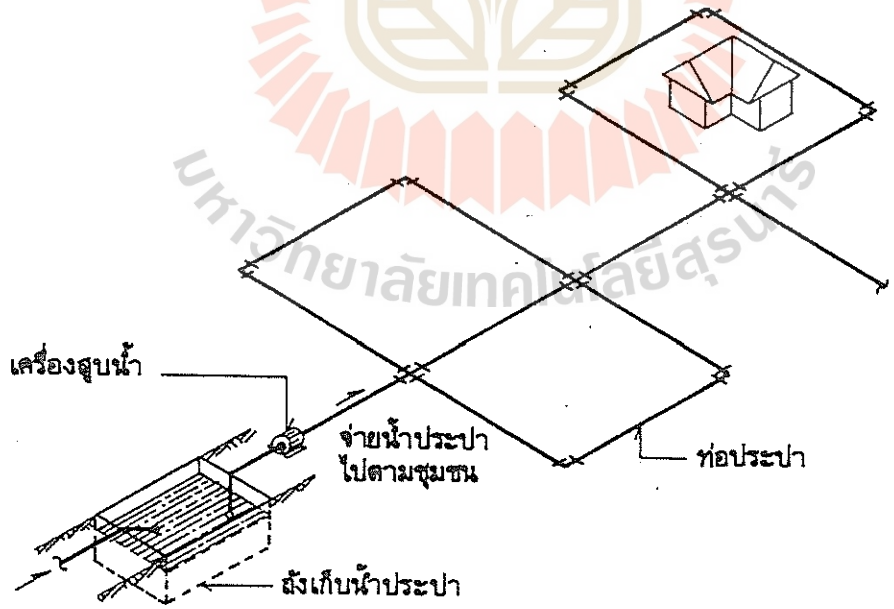


ภาพที่ 4 การแจกจ่ายน้ำประปาแบบระบบแขนง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

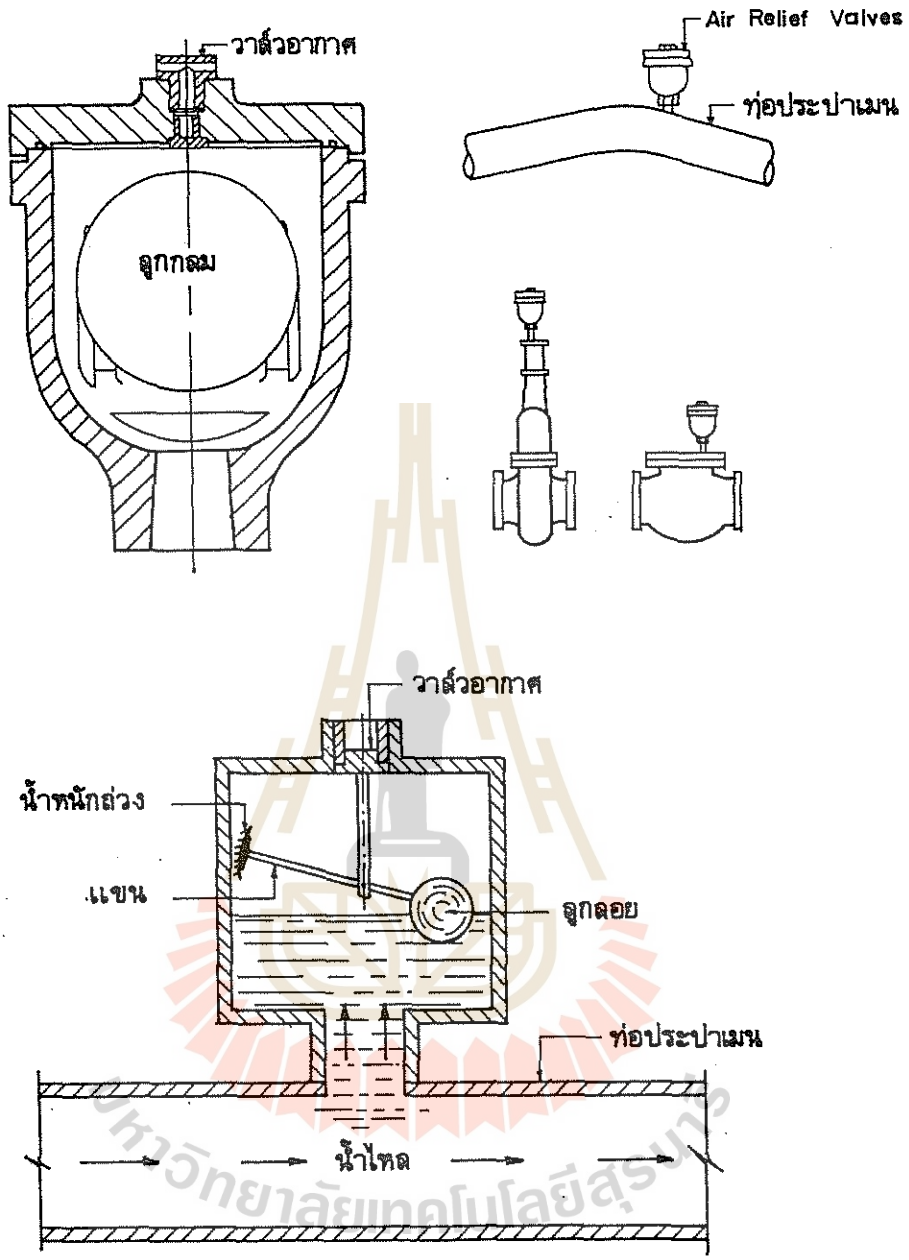


ภาพที่ 1 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีแรงโน้มถ่วงของโลกแบบใช้หอถังสูง

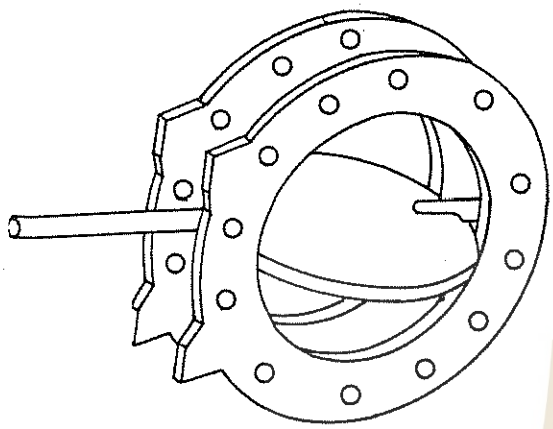


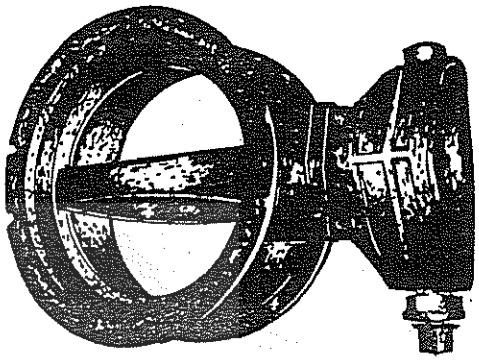
ภาพที่ 2 ระบบแจกจ่ายน้ำประปาด้วยวิธีสูบจ่ายน้ำโดยตรงแบบใช้เครื่องสูบน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



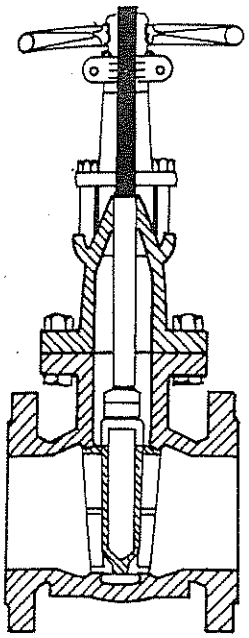
รูปลักษณะของ Air Relief Valves

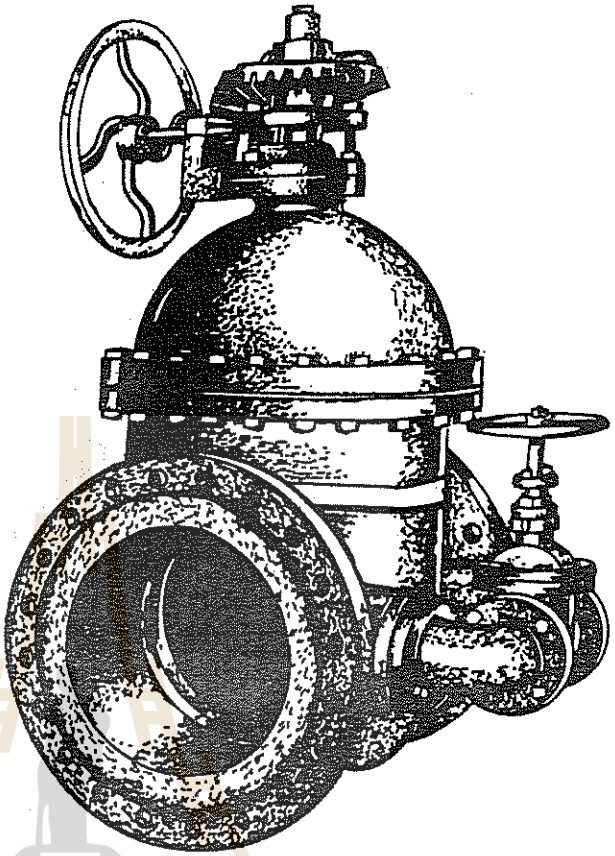


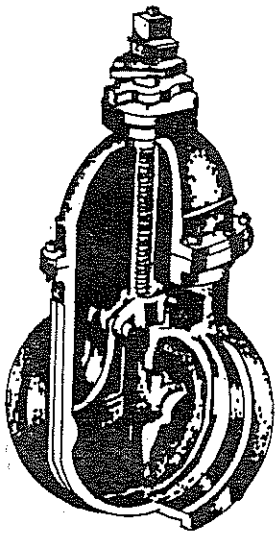


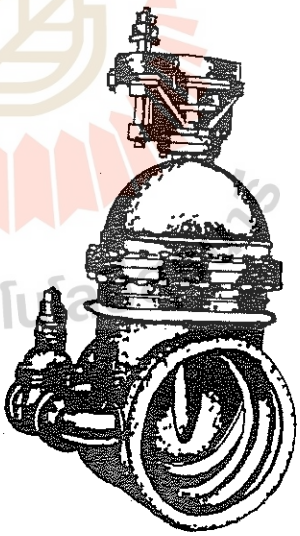
รูปลักษณะของ Butterfly Valves

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

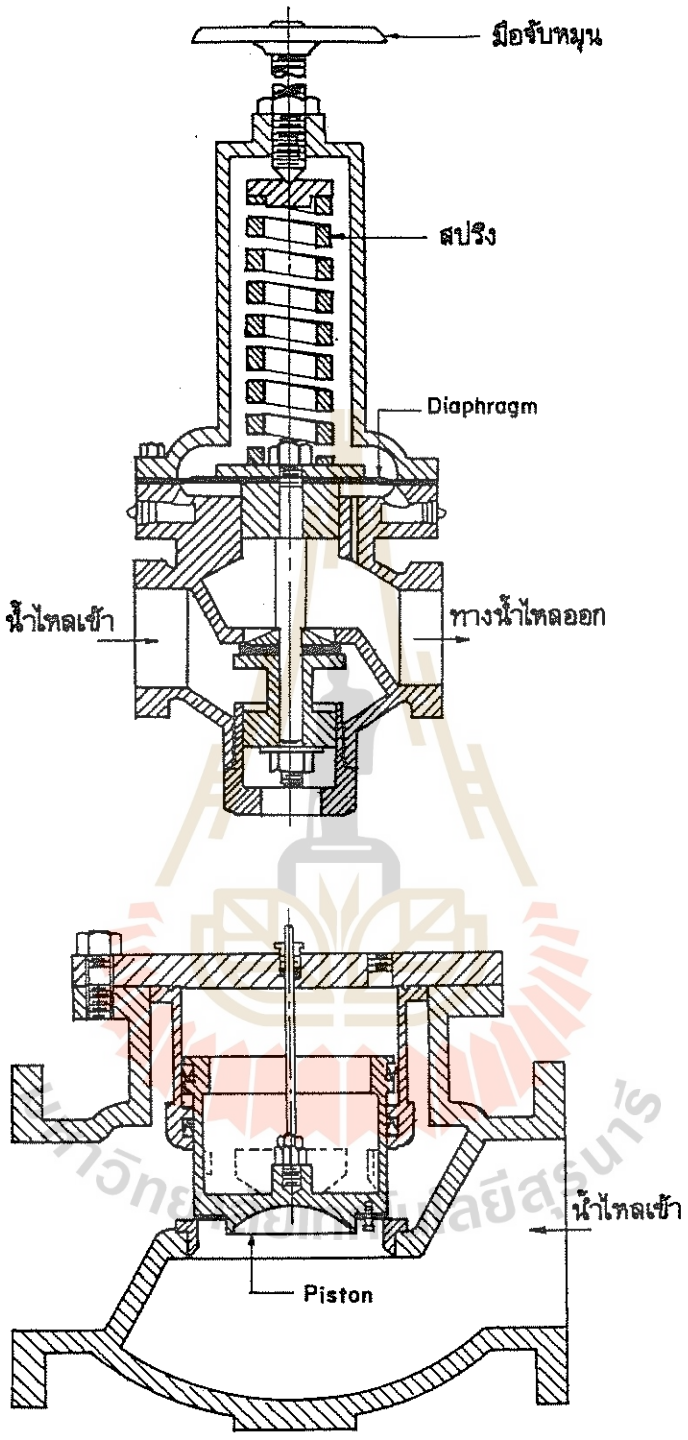




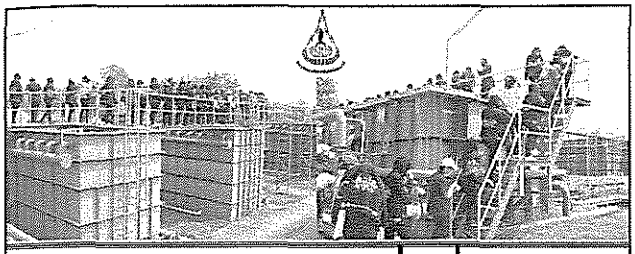




รูปลักษณะของประตูน้ำ (Gate Valves)



รูปลักษณะของ Pressure Regulating Valves (PRV)



ขนาดของระบบประปา

(System Capacity)

ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา
สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หัวข้อการเรียน

- ขนาดของระบบประปา
- การคำนวณการเพิ่มประชากร
- ปริมาณการใช้น้ำ
- น้ำบริโภค GMP
- การเก็บและส่งตัวอย่างน้ำ

ขนาดของระบบประปา

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบระบบประปา

- อายุของระบบ (Design Period)
- การเพิ่มประชากรในอนาคต (Future Population Growth)
- ปริมาณการใช้น้ำ (Water Consumption)
- ปริมาณการใช้น้ำที่ผันแปรกับเวลา (Variation in Water Demand)

ขนาดของระบบประปา

อายุของระบบ (Design Period)

- ความทนทานของวัสดุ อุปกรณ์
- ความยากง่ายของการขยายระบบ
- อัตราความต้องการที่เพิ่มขึ้น
- อัตราค่าดอกเบี้ย

ประปาขนาดเล็ก 10-15 ปี

ประปานครหลวง 30 ปี

การเพิ่มประชากรในอนาคต

(Future Population Growth)

1. แบบเลขคณิต (Arithmetic Method)

สมมติอัตราการเพิ่มประชากรคงที่

$$Pt = Po + Ka.t$$

Pt = จำนวนประชากรในปีที่คาดคะเน

Po = จำนวนประชากรในปีปัจจุบัน

t = ช่วงเวลา Ka = ค่าคงที่จากกราฟ (ชุมชนเก่า)

การเพิ่มประชากรในอนาคต

(Future Population Growth)

2. แบบเรขาคณิต (Geometric Method)

สมมติอัตราการเพิ่มประชากรเป็น % ที่สม่ำเสมอต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$\ln P = \ln Po + Kg \cdot \Delta t$$

$$Kg = (\ln P - \ln Po)/t$$

นิยมใช้ชุมชนใหม่ เติบโตเร็ว รอบเขตเทศบาล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเพิ่มประชากรในอนาคต

(Future Population Growth)

3. แบบอัตราเพิ่มลดลง

สมมติชุมชนมีพื้นที่วงจำกัด อัตราการเพิ่มประชากรอิ่มตัว (S)

$$Kd = [-1/(t_2-t_1)] \times \ln[(S-P_2)/(S-P_1)]$$

$$P = Po + (S-Po)(1-e^{-Kd.t})$$

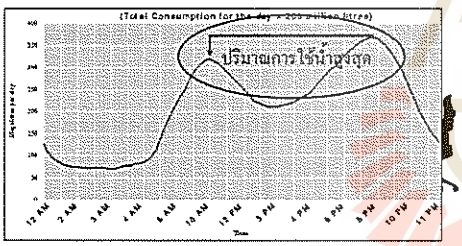
นิยมใช้ชุมชนที่ไม่อาจขยายตัวได้ ติดเขา แม่น้ำ

ปริมาณการใช้น้ำ (Water Consumption)

- น้ำใช้ในอุตสาหกรรม (Industrial Use)
- แหล่งน้ำส่วนตัว (Resort of Private supply)
- ราคาน้ำ (Pricing)
- การรั่วไหล (Leakage) 30-40% คุณภาพและความดันน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำที่ผันแปรกับเวลา

- สภาพดินฟ้าอากาศ (ร้อน หนาว)
- อัตราการใช้น้ำสูงสุดสำคัญในการออกแบบ



น้ำบริโภค

- น้ำบริโภคเป็นอุตสาหกรรมนำมาจำหน่ายเพื่อความสะดวกสบายของผู้บริโภค
- ส่วนใหญ่ทำจากน้ำบาดาล โดยผ่านกรรมวิธีกรองผ่านทราย คาร์บอน เรซิน และอื่น ๆ เพื่อกำจัดกลิ่น รส สิ่งสกปรก และจุลินทรีย์ แล้วอาจจะผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสง UV และ/หรือ โอโซน ก่อนบรรจุขวดปิดผนึก

น้ำบริโภค

- ลักษณะน้ำดื่มที่ดี

ใส ไม่มีกลิ่น รส ตะกอนและปราศจากเชื้อโรคที่เป็นพิษต่อร่างกาย โดยมีกรรมวิธีการผลิตที่น่าเชื่อถือ

1. บรรจุในขวดที่ทำด้วยภาชนะที่ไม่มีสารพิษละลายออกมาปนกับน้ำได้ (ขวด PET)
2. ฝาขวดต้องปิดแน่นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอก

น้ำบริโภค

น้ำดื่มบรรจุขวดที่วางจำหน่าย

- น้ำดื่ม เป็นน้ำที่มาจากแหล่งน้ำคุณภาพดี ผ่านการกรอง Resin ฆ่าเชื้อโรค ต้องดูแลระบบสม่ำเสมอ
- น้ำแร่หรือน้ำธรรมชาติ ราคาแพง
- น้ำ Purify กลั่น แยกเกลือแร่ออก บริสุทธิ์สูงสุด ไม่มีความกระด้าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

GMP กับน้ำบริโภค

GMP (Good Manufacturing Practice) หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร เป็นเกณฑ์หรือข้อกำหนดขั้นพื้นฐานที่จำเป็นในการผลิตหรือควบคุมให้ปฏิบัติตาม และทำให้ผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัย

- GMP ลักษณะทั่วไป (การปนเปื้อนสู่ผลิตภัณฑ์)
- GMP เฉพาะผลิตภัณฑ์ (ความเสี่ยงเฉพาะ)

GMP กับน้ำบริโภค

ข้อกำหนด GMP น้ำบริโภค มีอยู่ 11 ข้อกำหนด ดังนี้

1. สถานที่ตั้งและอาคารผลิต
2. เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิต
3. แหล่งน้ำ
4. การปรับคุณภาพน้ำ
5. ภาชนะบรรจุ
6. สารทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ
7. การบรรจุ
8. การควบคุมคุณภาพมาตรฐาน

} ป้องกันการปนเปื้อน ต้องรายงาน

9. การสุขาภิบาล
10. บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน
11. บันทึกและรายงาน

GMP กับน้ำบริโภค

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 193 พ.ศ.2543 และฉบับที่ 239 พ.ศ.2544 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร (GMP สุขลักษณะทั่วไป)
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 220 พ.ศ. 2544 เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ฉบับที่ 3 (GMP น้ำบริโภค)

หลักการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

- เป็นตัวแทนน้ำที่จะวิเคราะห์

จุดเก็บที่ 1 เป็นตัวแทนของน้ำส่งตรงจากผู้ผลิต

จุดเก็บที่ 2 เป็นตัวแทนของน้ำบาดาล

จุดเก็บที่ 3 เป็นตัวแทนของน้ำจากถังพักน้ำใต้ดินหรือบนดิน

จุดเก็บที่ 4 เป็นตัวแทนของน้ำจากถังพักบนดาดฟ้า

จุดเก็บที่ 5 เป็นตัวแทนของน้ำที่ใช้บริโภค สามารถนำไปสู่แนวทางแก้ไขได้

หลักการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

- สามารถนำไปสู่แนวทางการแก้ไขได้

จุดเก็บที่ 1 ไม่ได้มาตรฐานน้ำดื่ม ต้องล้างท่อ

จุดเก็บที่ 2 ไม่ได้มาตรฐาน ต้องพิจารณาปิดบ่อ

จุดเก็บที่ 3 และ 4 ต้องทำการล้างถังพักน้ำ (Cl_2 5 mg/l)

จุดที่ 5 ต้องล้างเครื่องกรอง ระบบทำความเย็น

- ต้องทำการเก็บตัวอย่างซ้ำ

หลักการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

- ไม่มีแนวโน้มที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน

1. โดยการหลีกเลี่ยงก๊อกน้ำที่รั่วหรือหยด
2. ตัวก๊อกควรอยู่สูงจากพื้นดิน
3. น้ำไหลเป็นลำไม่กระเซ็น
4. ไม่เก็บตัวอย่างผ่านสายยาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเก็บและส่งตัวอย่างน้ำ

◆ การเก็บตัวอย่างน้ำ

1. ภาชนะบรรจุ

ขวดแก้วหรือพลาสติกไม่น้อยกว่า 4 ลิตร

2. วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ

- น้ำบาดาล สูบทิ้งไว้ 5 นาที
- น้ำประปา เก็บจากก๊อกที่สะอาด

การเก็บและส่งตัวอย่างน้ำ

2. วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ

- น้ำผิวดิน เก็บที่กึ่งกลางลำน้ำลึกจากผิวอย่างน้อย 50 cm

3. การเขียนฉลากปิดขวดเก็บตัวอย่างน้ำ

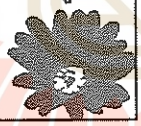
- ชนิดของน้ำ
- สถานที่เก็บ วันเดือนปี ระยะห่างประปา
- ระยะเวลาการเก็บและส่งตัวอย่าง

การเก็บและส่งตัวอย่างน้ำ

◆ การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทางจุลชีววิทยา

- การเก็บจากก๊อก ลนไฟ ให้ร้อนจัดแล้วเปิดน้ำแรง 5 นาที ลนไฟปากขวดเก็บ 100 cm^3
- การเก็บจากแม่น้ำ เก็บที่กลางลำน้ำ ลนไฟ
- การปิดฉลาก บอกชนิด สถานที่ วัน เดือน ปี ชื่อผู้เก็บ

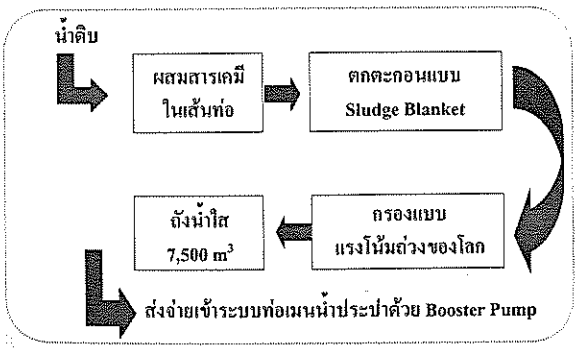
◆การส่งตัวอย่างน้ำ ภายใน 24 ชม.



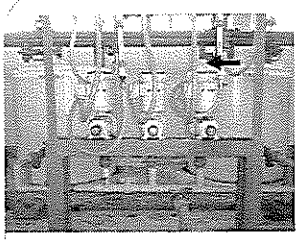
สรุปหัวข้อการเรียน

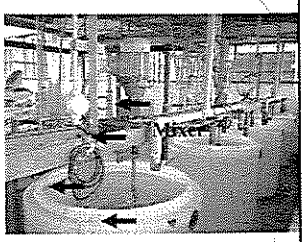
◆ ขนาดของระบบประปา
◆ การคำนวณการเพิ่มประชากร
◆ ปริมาณการใช้น้ำ
◆ น้ำบริโภค GMP
◆ การเก็บและส่งตัวอย่างน้ำ

ระบบผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำผิวดินของมทส.



รูปภาพเกี่ยวกับการผสมสารเคมีในเส้นท่อ

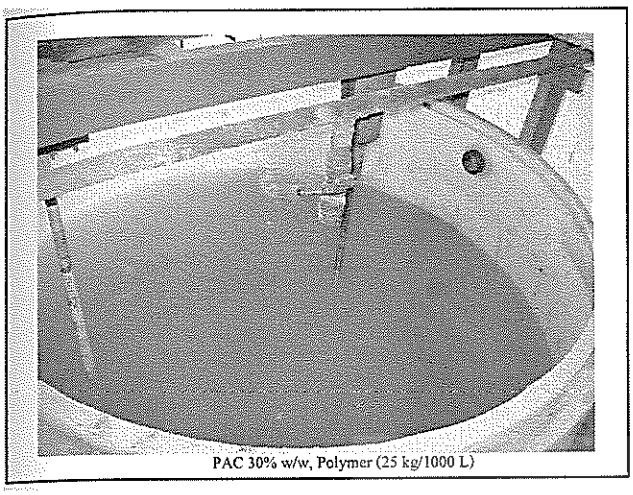




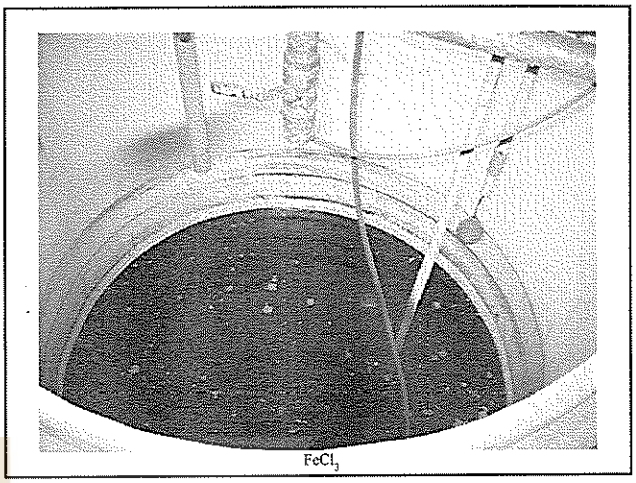
Dosing Pump ←

ถังเตรียม

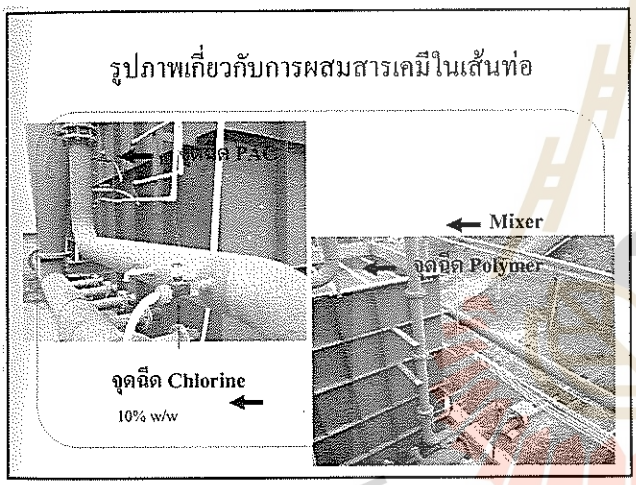
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

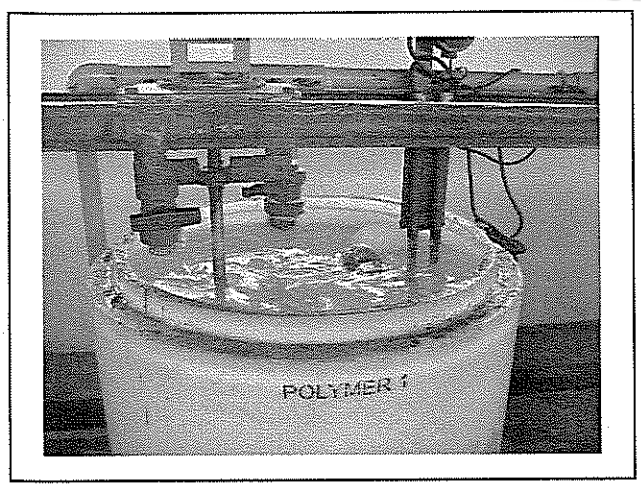


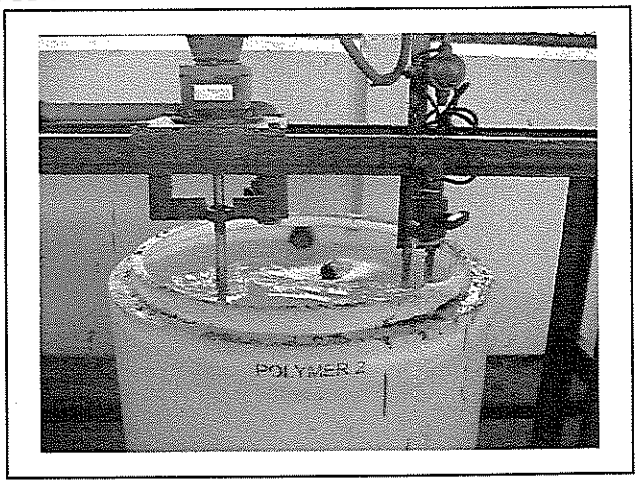
PAC 30% w/w, Polymer (25 kg/1000 L)



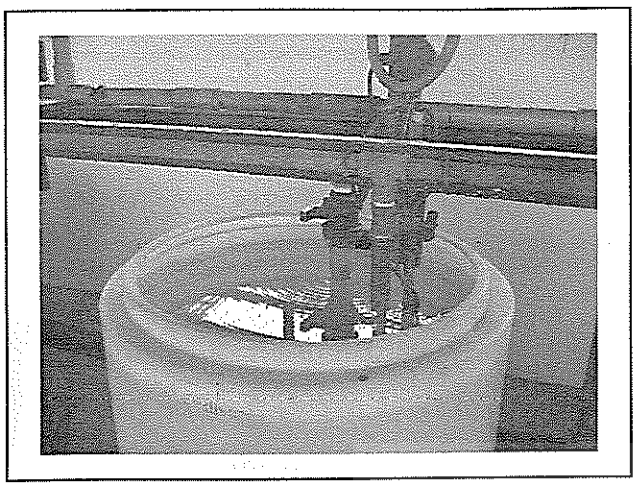
$FeCl_3$

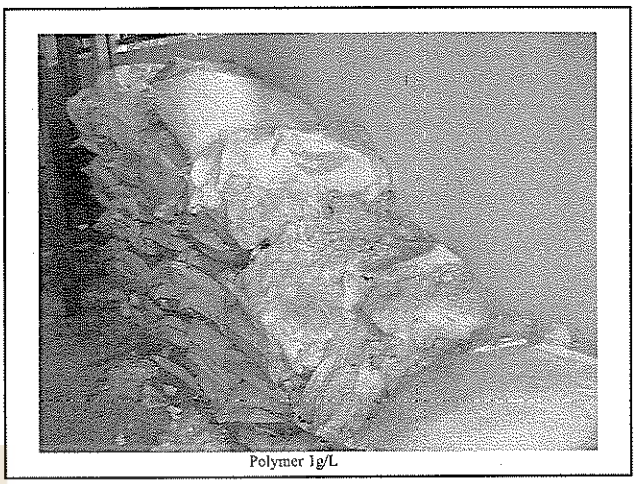




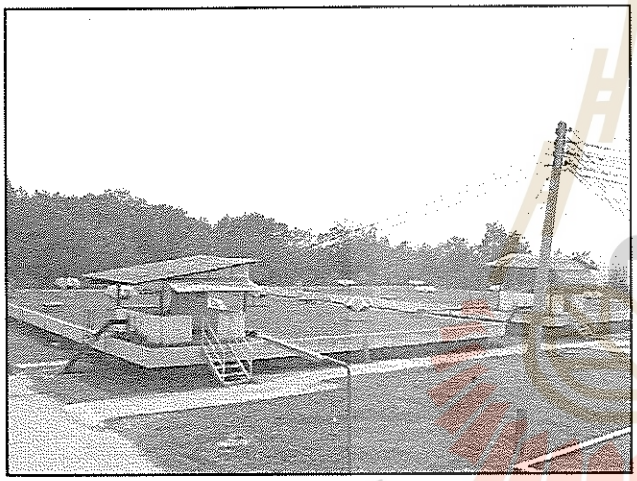


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





Polymer 1g/L



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขอให้โชคดีในการสอบปลายภาค

ด้วยความปรารถนาดียิ่ง

อ.ดร.ประพัฒน์ เป็นตามวา

การเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

หลังการประกาศเขตน้ำประปาคุณภาพดีดื่มได้ ครอบคลุมทุกพื้นที่จ่ายน้ำของการประปานครหลวงแล้ว การประปานครหลวงได้รณรงค์ชักชวนชาวกรุงเทพมหานคร ชาวต่างประเทศที่เข้ามาท่องเที่ยวเนื่องในปี Amazing Thailand ให้ดื่มน้ำประปา โดยได้จัดทำโครงการน้ำประปาดื่มได้ในโรงเรียน สถานที่ราชการ โรงแรม และโรงพยาบาลอย่างต่อเนื่อง เข้าไปตรวจสอบระบบเส้นท่อ ถังพักน้ำ และคุณภาพน้ำ ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ มอบเกียรติบัตร จัดนิทรรศการ ซึ่งในการพิจารณาเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำสถานที่ต่าง ๆ ได้รับการสอบถามค่อนข้างมาก ว่ามีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกอย่างไร

การเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการวิเคราะห์ ในการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุดนั้น มีจุดมุ่งหมายที่จะนำไปสู่แนวทางการแก้ไข โดยพิจารณาแยกระบบของน้ำออกจากกัน คือ น้ำที่ส่งตรงจากผู้ผลิต (น้ำประปาของการประปานครหลวง) น้ำบาดาล และน้ำภายในอาคาร โดยมีหลักในการพิจารณา ดังนี้

1. เป็นตัวแทนของน้ำที่จะทำการวิเคราะห์
2. สามารถนำไปสู่แนวทางการแก้ไขได้
3. ไม่มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อน

<u>เป็นตัวแทนของน้ำที่จะทำการวิเคราะห์</u> พิจารณาดังนี้

<u>จุดเก็บที่ 1</u> เป็นตัวแทนของน้ำส่งตรงจากผู้ผลิต

<u>จุดเก็บที่ 2</u> เป็นตัวแทนของน้ำบาดาล (หากอาคารนั้น ใช้น้ำบาดาลด้วย)

<u>จุดเก็บที่ 3</u> เป็นตัวแทนของน้ำจากถังพักน้ำใต้ดินหรือบนดิน

<u>จุดเก็บที่ 4</u> เป็นตัวแทนของน้ำจากถังพักบนดาดฟ้า

<u>จุดเก็บที่ 5</u> เป็นตัวแทนของน้ำที่ใช้บริโภค ซึ่งอาจผ่านเครื่องกรอง หรือเครื่องทำน้ำเย็น หากมีจำนวนมากใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง

สามารถนำไปสู่แนวทางการแก้ไขได้

เมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์จากจุดเก็บเหล่านี้ จุดเก็บใดที่ไม่ได้มาตรฐานก็แก้ไขเฉพาะจุดเก็บนั้น ๆ

จุดเก็บที่ 1 ไม่ได้มาตรฐานน้ำดื่ม ต้องล้างเส้นท่อหรือเปลี่ยนเส้นท่อ หากหมดอายุการใช้งาน

จุดเก็บที่ 2 ไม่ได้มาตรฐานน้ำดื่ม อาจจะต้องพิจารณาปิดบ่อ ขึ้นอยู่กับว่า รายการใดที่ไม่ได้มาตรฐาน หากการบำบัดน้ำบาดาลสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก อาจจะต้องพิจารณาปิดบ่อ ถ้าไม่ได้มาตรฐานทางด้านแบคทีเรีย ต้องใช้สารเคมีที่ช่วยในการฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น

จุดเก็บที่ 3และ 4 ไม่ได้มาตรฐานน้ำดื่ม ทำการล้างถังพักน้ำ

จุดเก็บที่ 5 ไม่ได้มาตรฐานน้ำดื่ม ถ้าผ่านเครื่องกรอง ทำการล้างเครื่องกรอง เปลี่ยนไส้กรอง ถ้าผ่านเครื่องทำความเย็น ล้างระบบทำน้ำเย็น

เมื่อทำการแก้ไขในจุดที่ไม่ได้มาตรฐานแล้ว จะต้องทำการเก็บตัวอย่างน้ำซ้ำ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำที่ส่งตรงจากผู้ผลิตเสมอ เพราะอาจมีการแตก-รั่ว ของท่อส่งน้ำก่อนถึงผู้ใช้น้ำได้

ในการล้างถังพักน้ำ ใช้น้ำยาคลอรีน ความเข้มข้น 5 มก./ล. สาเหตุที่ใช้ 5 มก./ล. เนื่องจากเป็นค่าสูงสุดของมาตรฐานที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในระบบประปา แช่ทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที ถ้าเป็นคลอรีนผงใช้ประมาณ 8 กรัมต่อน้ำ 1 คิว ชนิดน้ำ 5% ใช้ 100 มิลลิลิตร (ซีซี) ต่อน้ำ 1 คิว ชนิดน้ำ 10% ใช้ 50 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1 คิว

ไม่มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อน

1. โดยการหลีกเลี่ยงก็อกน้ำที่รั่วหรือหยด
2. ตัวก๊อกควรอยู่สูงจากพื้นดินพอสมควร
3. น้ำไหลเป็นลำไม่กระเซ็น
4. ไม่เก็บตัวอย่างน้ำผ่านสายยาง

ที่มา : "น้ำก๊อก" วารสารการประปานครหลวง ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 เดือน มีนาคม-เมษายน 2544

การเก็บตัวอย่างน้ำและส่งตัวอย่างน้ำ
ตามมาตรฐาน มยธ 601-2544 มาตรฐานน้ำบริโภค

1. การเก็บตัวอย่างน้ำ

1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำในการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมีและสารเป็นพิษ การเก็บตัวอย่างน้ำมีความสำคัญต่อผลการวิเคราะห์มาก ดังนั้น ต้องทำด้วยความระมัดระวังเพื่อให้ได้ตัวแทนที่แท้จริงของน้ำที่ต้องการทราบคุณภาพ

1.1.1 ภาชนะบรรจุ

ใช้ขวดแก้วหรือพลาสติกมีความจุไม่น้อยกว่า 4 ลิตร ที่ได้ล้างด้วยแปรงอย่างสะอาดและแห้งแล้ว ก่อนทำการเก็บตัวอย่างน้ำให้ใช้น้ำที่จะเก็บล้างขวดอีกครั้ง ห้ามนำภาชนะที่เคยบรรจุยา สารเคมี หรือน้ำมัน หรือสิ่งอื่นที่ไม่สามารถล้างออกได้หมดมาใช้เก็บตัวอย่างน้ำ เพราะสิ่งที่เปรอะเปื้อนภาชนะอาจทำให้ผลการวิเคราะห์น้ำไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง

1.1.2 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อพิจารณาทางกายภาพและเคมี

(ก) น้ำบาดาล ถ้าเก็บจากบ่อบาดาลควรสูบน้ำทิ้งประมาณ 5 นาที แล้วจึงเก็บ หรือถ้าเก็บจากก๊อกต้องล้างหัวก๊อกให้สะอาดเสียก่อน แล้วจึงเปิดน้ำแรง ๆ ไว้สัก 2-3 นาที ให้น้ำค้างท่อไหลออกให้หมดก่อนบรรจุลงขวดและควรเป็นเวลาที่น้ำไหลอย่างสม่ำเสมอการจับขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ควรจับบริเวณก้นขวด อย่าจับบริเวณปากขวด บรรจุน้ำให้ถึงคอขวดแล้วปิดจุกให้แน่น และปิดฉลากแจ้งรายละเอียดของตัวอย่างน้ำ

(ข) น้ำประปา เก็บจากก๊อกโดยใช้วิธีเดียวกับการเก็บน้ำบาดาล

(ค) น้ำผิวดิน การเก็บน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ลำคลอง หรือแม่น้ำ ควรเก็บที่กึ่งกลางลำน้ำ ลึกจากผิวน้ำอย่างน้อย 50 เซนติเมตร (ไม่ควรเก็บใกล้ฝั่ง) ให้หย่อนขวดเก็บน้ำแล้วรอสักครู่ เพื่อให้สภาพน้ำที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการหย่อนขวดเก็บน้ำกลับสู่สภาพเดิมก่อน จึงเปิดจุกขวดให้น้ำไหลเข้าขวด

1.1.3 การเขียนฉลากปิดขวดตัวอย่างน้ำ มีรายละเอียดดังนี้

(ก) ชนิดของน้ำ เป็นน้ำบาดาล บ่อตื้น แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ หรืออื่น ๆ ให้เขียนให้ชัดเจนและบอกชื่อแหล่งน้ำนั้นด้วย

(ข) สถานที่เก็บ บอกชื่อสถานที่ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล หรือวัด ฯลฯ หมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด บอกวัน เดือน ปี และเวลาที่เก็บ ถ้าเก็บจากก๊อก ควรบอกให้ละเอียดด้วยว่าระยะทางห่างจากการประปาประมาณเท่าไร ซึ่ง

ข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาคุณภาพน้ำทั้งสิ้นควรเขียนให้อ่านได้ชัดเจน

1.1.4 ระยะเวลาในการเก็บและส่งตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำควรส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ทันที เนื่องจากน้ำจะเปลี่ยนแปลงคุณภาพตลอดเวลา จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่างน้ำและการเก็บรักษา ตัวอย่างน้ำที่เก็บรักษาไว้ในที่มืดและอุณหภูมิต่ำ (แช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส) จะมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่า

1.2 การเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา

ต้องระมัดระวังมิให้มีการติดเชื้อจากสิ่งอื่นขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง ภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างให้ใช้ขวดแก้วปากกว้างชนิดทนความร้อนที่มีจุกแก้วปิดสนิท มีความจุประมาณ 170 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้นร้อยละ 3 จำนวน 0.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วห่อหุ้มด้วยแผ่นดีบุกหรือแผ่นอลูมิเนียมบรรจุขวดแก้วนี้ลงในกระบอกโลหะแล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 160 ถึง 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และไม่เปิดจุกขวดจนกว่าจะเก็บตัวอย่าง การเปิดให้จับที่จุกเฉพาะข้างบนห้ามจับส่วนของจุกที่จะปิดลงในขวดและคอขวด

1.2.1 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อพิจารณาทางจุลชีววิทยา

(ก) การเก็บตัวอย่างน้ำจากก๊อกหรือน้ำบาดาล ต้องลนไฟที่ก๊อกให้ร้อนจัดแล้วเปิดก๊อกให้น้ำไหลแรงเต็มที่ทิ้งไปประมาณ 5 นาทีก่อน เพื่อเป็นการทำความสะอาดก๊อกจากนั้นให้คว่ำกระบอกโลหะที่ใส่ขวดลง แล้วเปิดออกโดยให้ขวดแก้วคว่ำอยู่กับฝากระบอกจับที่ก้นขวดแก้วแล้วตั้งขึ้น ลนไฟที่ปากขวดและเปิดจุกขวดแก้วออก ต้องถือจุกไว้อย่าให้แตะต้องกับสิ่งอื่น บรรจุตัวอย่างน้ำลงไปประมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร อย่าให้เต็มขวด เนื่องจากจะต้องทำการเขย่าให้น้ำเข้ากันเวลาทำการวิเคราะห์ ลนไฟที่ปากขวดอีกครั้งพร้อมทั้งปิดจุกทันที บรรจุลงในกระบอกโลหะตามเดิม

(ข) การเก็บตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง บ่อ สระ ควรเก็บที่กึ่งกลางลำน้ำและลึกจากผิวน้ำอย่างน้อย 50 เซนติเมตร (ไม่ควรเก็บใกล้ฝั่ง) โดยจับที่ก้นขวดคว่ำปากขวดลงบนผิวน้ำจนลึกประมาณ 50 เซนติเมตร จึงหงายขวดขึ้นให้ปากขวดหันเข้าหาทิศทางที่น้ำไหล ส่วนวิธีการเปิดกระบอกและการลนไฟที่ปากขวดทำเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำจากก๊อก

1.2.2 การปิดฉลาก

บอกชนิดของน้ำตัวอย่าง สถานที่เก็บน้ำ วัน เดือน ปี และเวลาที่ทำการเก็บ พร้อมทั้งชื่อผู้เก็บด้วย ปิดไว้ที่กระบอกโลหะ

2. การส่งตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำนี้ต้องนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์เร็วสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และจะต้องนำส่งภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากการเก็บตัวอย่างน้ำ มิฉะนั้นอาจจะทำให้ผลการวิเคราะห์ไม่ถูกต้องตามสภาพความเป็นจริงของน้ำนั้น

แหล่งอ้างอิง

http://www.mwa.co.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่าง การคาดคะเนประชากร

การคาดคะเนประชากรในปี พ.ศ. 2550 ของชุมชนหนึ่งซึ่งมีสถิติประชากรในอดีต ดังนี้

พ.ศ.	2495	2505	2515	2525	2535
ประชากร	4411	6913	6629	19351	39418

จงคำนวณหาจำนวนประชากรแบบเลขคณิต เรขาคณิต และแบบอัตราเพิ่มลดลง

1. แบบเลขคณิต

การคำนวณหาค่า Ka โดยอาศัยจำนวนประชากรจากปี 2525-2535 และจากปี 2515-2525

Ka1 = (39418 – 19351)/10 = 2007

Ka2 = (19351 - 6629)/10 = 1272

ค่าเฉลี่ย Ka = (2007+1272)/2 = 1640

P2550 = P2525 + Ka(2550-2535)

= 39418 + 1640(15)

P2550 = 64,018

2. แบบเรขาคณิต

Kg = (ln39418 - ln19351)/10

= 0.072

ln P2550 = ln 39418 + Kg(2550 - 2535)

= 10.58 + 0.072(15)

P2550 = 116,000

3. แบบอัตราเพิ่มลดลง

สมมติให้ประชากรอิ่มตัว (S) เท่ากับ 50000 คน

หาค่า Kd จากประชากรปี 2535 และ 2525

Kd = (-1/10) ln[(50000 - 39418)/(50000 - 19315)]

= 0.106

P2550 = $39418 - (50000 - 39418)e^{-0.106(15)}$

= 39418 - 2152

P2550 = 37266