

การอบรมการควบคุมและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียกระทรวงสาธารณสุข

ธันวาคม 2560 – กุมภาพันธ์ 2561

การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

รศ.ดร.โสภา ชินเวชกิจวานิชย์

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล



การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

หลักการในการฆ่าเชื้อโรคในระบบบำบัดน้ำเสีย

- เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ หรือยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ซึ่งรวมถึงจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีนัยสำคัญ
- จุลินทรีย์ก่อโรคมีหลายประเภท เช่น แบคทีเรีย ไวรัส หรือ ไข่พยาธิ
- กระบวนการฆ่าเชื้อโรคมีความสำคัญ เนื่องจากน้ำทิ้งระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ



การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

ระบบการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียมีหลายวิธี

- **ใช้สารเคมี (chemical agents)** : คลอรีน, โบรมีน, ไอโอดีน, โอโซน, สารประกอบฟีนอล, แอลกอฮอล์, โลหะหนัก, สบู่และสารซักล้าง, กรด และต่างๆ
- **ใช้วิธีทางกายภาพ (physical agents)** : ความร้อน แสงแดด แสง UV
- **ด้วยวิธีทางกล (mechanical means)** : การกรอง การตกตะกอน กระบวนการบำบัดน้ำเสีย
- **รังสี (Radiation)** : รังสีแกมมาจาก โคบอลต์ 60 ฯลฯ



การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination)

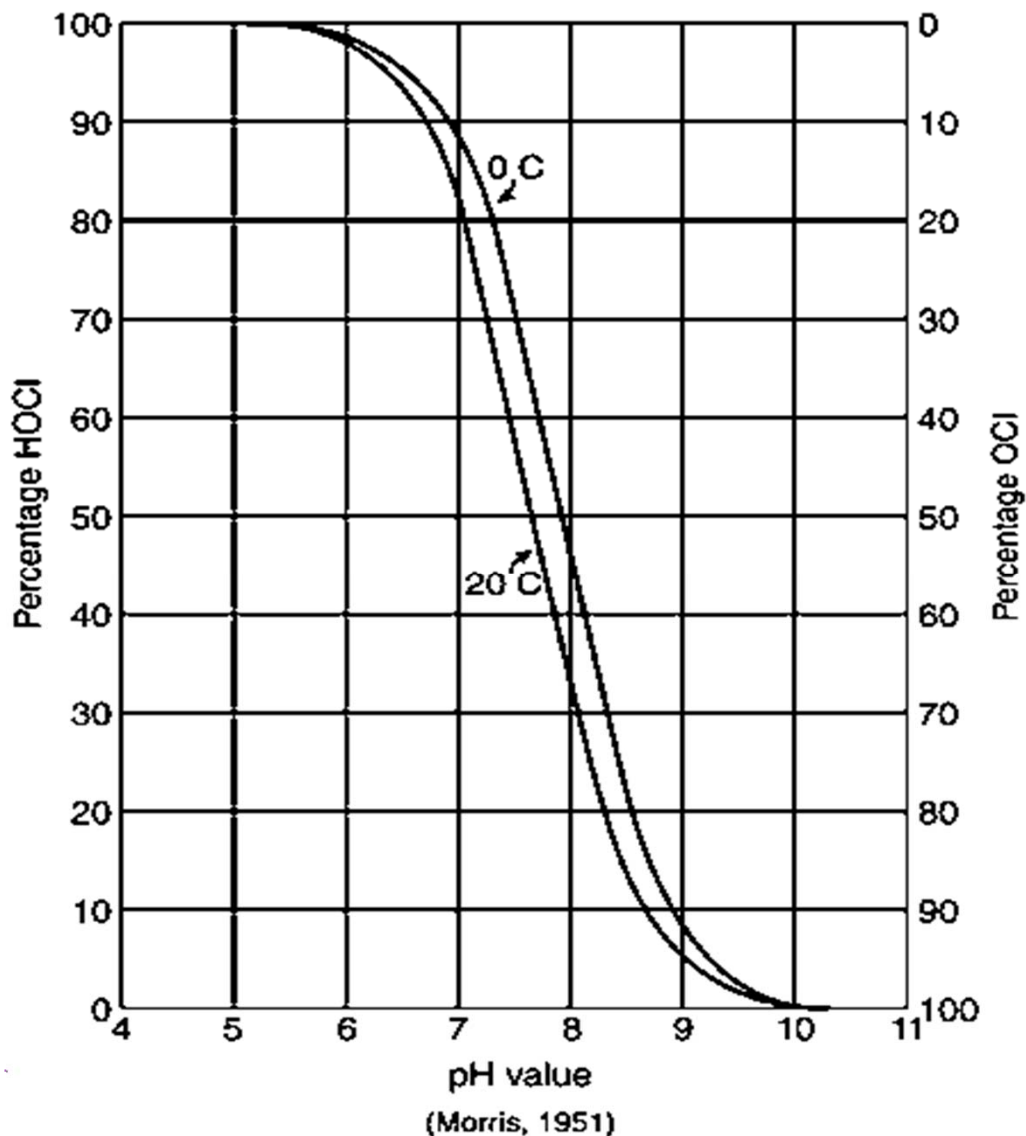
- คลอรีนจัดหาได้ง่าย มีราคาเหมาะสม มีประสิทธิภาพ วิธีใช้งานไม่ยุ่งยาก
- รูปแบบทั่วไปของสารคลอรีนที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสีย เช่น
 - ➔ ก๊าซคลอรีน (Cl_2)
 - ➔ สารประกอบไฮโปคลอไรต์ เช่น NaOCl Ca(OCl)_2
 - ➔ คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2)



การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination)

ก๊าซคลอรีน (Cl_2) : $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$

- HOCl มีฤทธิ์ ฆ่าเชื้อโรคมากกว่า OCl^-
- ที่ pH 4 คลอรีนจะอยู่ในรูป HOCl ได้มากที่สุด
- ที่ pH ประมาณ 7.3 จะมี คลอรีนในรูป HOCl และ OCl^- ร้อยละ 50





การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination)

สารประกอบไฮโปคลอไรต์ (NaOCl, Ca(OCl)₂) :



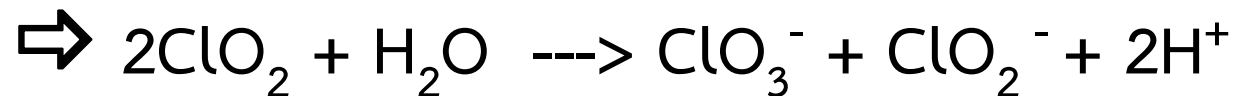
NaOCl มักอยู่ในรูปของเหลว มีคลอรีน 12.5 – 15%



Ca(OCl)_2 มักอยู่ในรูปเม็ด เกล็ด หรือผง ต้องละลายน้ำก่อนใช้งาน
มีคลอรีนประมาณ 3%



การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน (Chlorination)

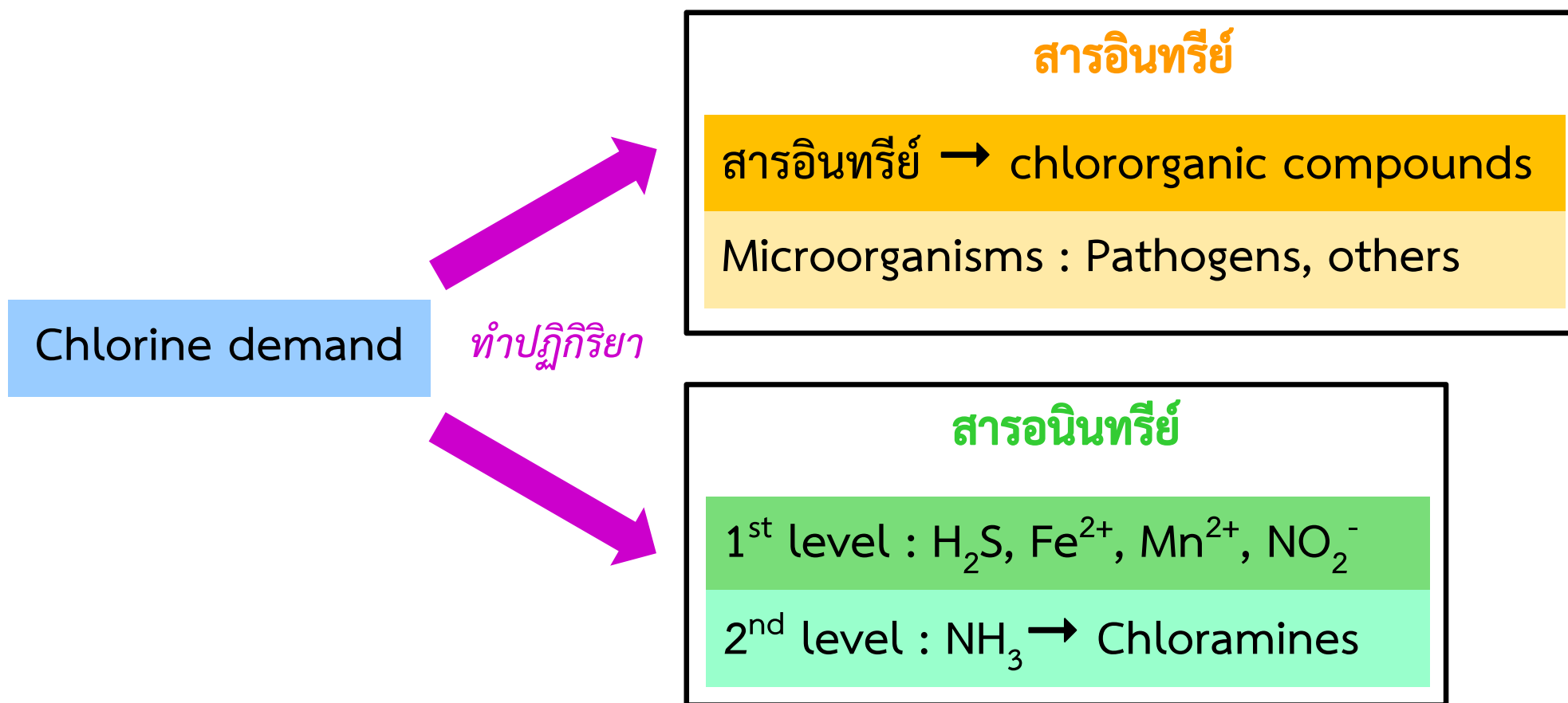


- เป็นสารที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง Sodiumchlorite (NaClO_2) และ คลอรีน (Cl_2)
- ถ้าผสมสารละลายที่ความเข้มข้น 2% จะทำให้มีคลอรีนสูงถึง 26.1%
- ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคสูงขึ้นเมื่อ pH สูงกว่า 8.5



Chlorine demand

- สารที่อยู่ในน้ำบางชนิดจะแย่งทำปฏิกิริยากับคลอรีน ก่อนคลอรีนจะมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค





Chlorine residual

หมายถึง สารประกอบคลอรีน และคลอรีนอิสระ ที่ยังมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค

- Chloramines: สารประกอบคลอรีนกับแอมโมเนีย (monochloramine (NH_2Cl), dichloramine (NHCl_2), nitrogen trichloride (NCl_3))
- Chlororganic Compounds: มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคในระดับต่ำ
- Free Chlorine: มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคมากที่สุด (มากกว่า monochloramine 25 เท่า)

Chlorine residual

=

Combined Chlorines

+

Free Chlorine



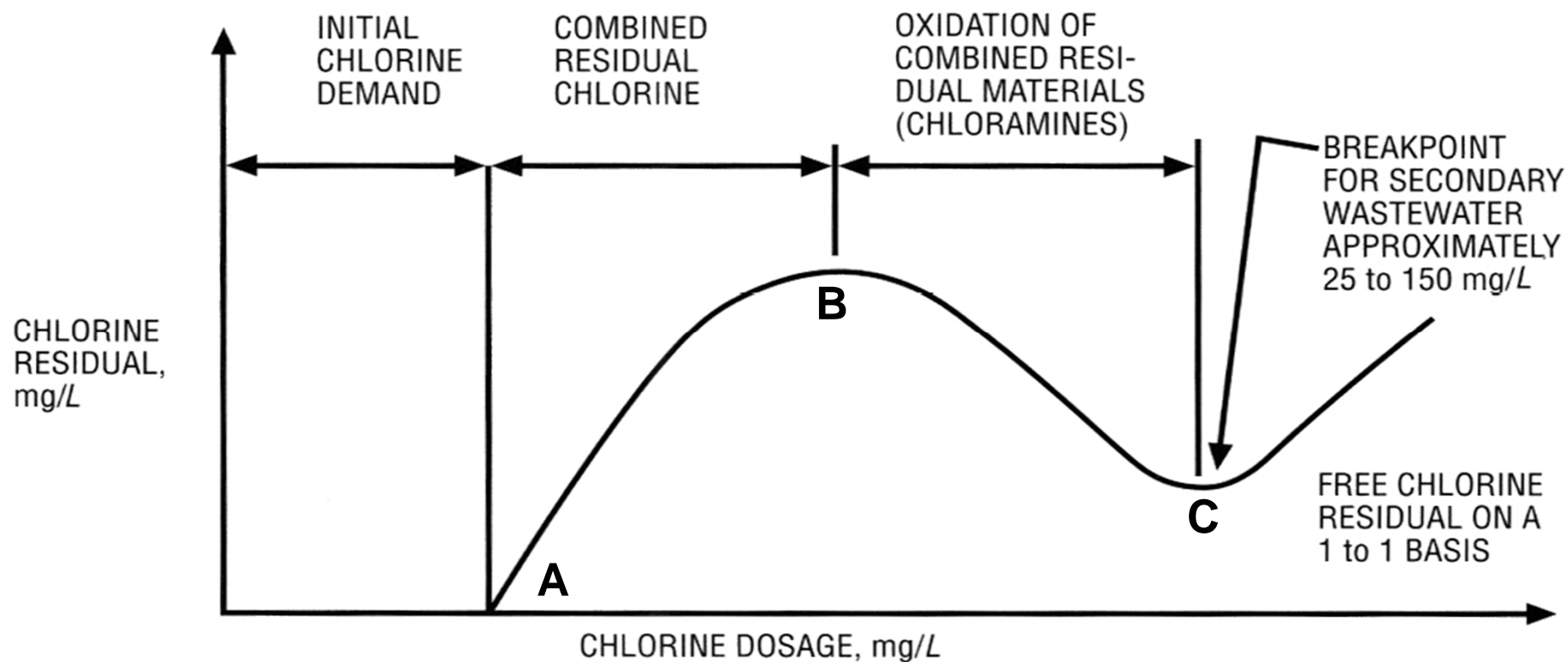
Chlorine dose

- ดังนั้น ปริมาณคลอรีนที่ต้องเติมให้ ควรเพียงพอที่จะใช้ในการทำปฏิกิริยากับสารในน้ำ และคงเหลืออยู่ในน้ำเป็น Chlorine residual และควรอยู่ในรูป Free chlorine

$$\text{Chlorine residual} = \text{Chlorine demand} + \text{Chlorine residual}$$



Breakpoint chlorination

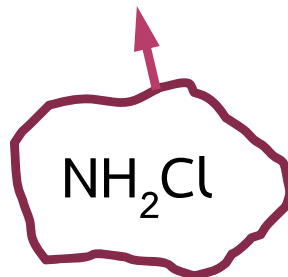


- อัตราส่วน คลอรีน ต่อแอมโมเนียไนโตรเจน ควรมีอย่างน้อย 8:1 หรืออาจมากกว่า 20:1 ก็ได้



Chlorine testing

- ใช้สาร DPD (N,N-Diethylparaphenylenediamine) ร่วมกับการเทียบสี comparator หรืออุปกรณ์อ่านผลจากการเทียบสีเป็นตัวเลข
- สาร DPD จะทำปฏิกิริยากับคลอรีน ให้สารสีแดง
- Monochloramines (NH_2Cl) ให้สารสีแดงกับสาร DPD เช่นเดียวกับ Free chlorine
- Total chlorine = Free chlorine + Combined chlorines





การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน (Ozone disinfection)

- การผลิตโอโซน (O_3) ใช้ก๊าซออกซิเจนบริสุทธิ์ (O_2) มาทำให้แตกตัวด้วยพลังงาน เช่น ใช้กระแสไฟฟ้าแรงสูง 6 – 20 กิโลโวลต์
- โอโซนทำปฏิกิริยาในน้ำแล้วปล่อยอนุมูลอิสระ ได้แก่ hydrogen peroxy (HO_2) และ hydroxyl (OH)
- อนุมูลอิสระเหล่านี้ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันผนังเซลล์รุนแรง ทำให้เซลล์แตกเสียหาย
- การควบคุมระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน พารามิเตอร์สำคัญ คือ ปริมาณโอโซน การผสม และเวลาในการผสม(ทำปฏิกิริยา)



การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน (Ozone disinfection)

ข้อดี

- โอโซนมีประสิทธิภาพในการกำจัดไวรัสและแบคทีเรียดีกว่าคลอรีน
- เวลาในการทำปฏิกิริยาไม่นาน (10 – 30 นาที ก็เพียงพอ)
- ไม่มีสารตกค้าง เพราะโอโซนไม่เสถียร จะสลายตัวกลับกลายเป็น O_2 ตามเดิมอย่างรวดเร็ว
- เซลล์ของจุลินทรีย์ถูกทำให้เสียหายถาวร ดังนั้น ไม่มีโอกาสกลับมาทำงานได้อีก (เว้นแต่มีบางส่วนที่ติดกับอนุภาค แล้วยังไม่ถูกทำลาย)
- การสลายตัวของ O_3 กลับเป็น O_2 ช่วยเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ (DO)



การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน (Ozone disinfection)

ข้อเสีย

- ประสิทธิภาพกำจัดเชื้อโรคต่ำถ้า dose ไม่เพียงพอในการทำลาย
- เป็นเทคโนโลยีที่ซับซ้อนมากกว่า คลอรีน หรือ UV
- โอโซนทำปฏิกิริยารุนแรง และมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง อุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องต้องทนต่อการกัดกร่อน --> ราคาแพง
- ไม่เหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ หรือของแข็งแขวนลอย (SS) สูง
- โอโซนเป็นสารระคายเคือง ต้องมีการจัดการก๊าซโอโซนที่เหลือจากการทำงานอย่างถูกต้อง



การฆ่าเชื้อโรคด้วย UV (UV disinfection)

- กระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสง Ultraviolet (UV) คือ การส่งพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจาก mercury arc lamp เข้าไปทำลายสารพันธุกรรมในเซลล์ ทั้ง DNA และ RNA
- ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวนได้
- ประสิทธิภาพของระบบนี้ ขึ้นกับลักษณะน้ำเสีย ความเข้มแสง UV เวลาที่จุลินทรีย์สัมผัสกับแสง UV และรูปร่างของถังปฏิกิริยา
- ไม่เหมาะกับน้ำเสียที่มีคอลลอยด์ หรืออนุภาคแขวนลอยสูง



การฆ่าเชื้อโรคด้วย UV (UV disinfection)

ข้อดี

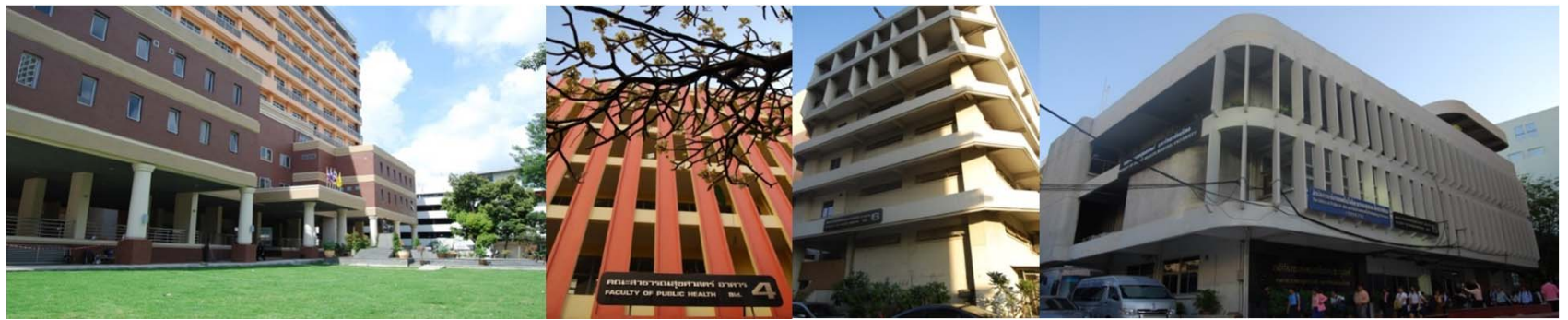
- เป็นกระบวนการทางกายภาพ ทำให้ลดความเสี่ยงในการเกี่ยวข้องกับสารเคมี ไม่ก่อสารตกค้างที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ
- UV มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไวรัส สปอร์ และซีสต์
- มีความปลอดภัยต่อผู้ทำงานมากกว่าการใช้โอโซน หรือคลอรีน
- ต้องการเวลาสัมผัส (contact time) ค่อนข้างสั้น --> 20 – 30 วินาที
- ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์น้อย



การฆ่าเชื้อโรคด้วย UV (UV disinfection)

ข้อเสีย

- ประสิทธิภาพกำจัดเชื้อโรคต่ำถ้า dose ไม่เพียงพอในการทำลาย
- จุลินทรีย์ที่ถูกทำลายระบบพันธุกรรม อาจสามารถฟื้นกลับได้ (repair mechanism)
- กระบวนการดูแลรักษาที่สำคัญอยู่ที่การควบคุมหลอดฉายแสงให้สะอาด
- ของแข็งแขวนลอย (SS) จะลดประสิทธิภาพของ UV ($SS > 30 \text{ mg/l}$)
- ราคาปานกลาง เมื่อเทียบกับการใช้คลอรีน



การอบรมการควบคุมและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียกระทรวงสาธารณสุข ธันวาคม 2560 – กุมภาพันธ์ 2561

การจัดทำมาตรการการป้องกันและลดผลกระทบ

รศ.ดร.โสภา ชินเวชกิจวานิชย์

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล



แหล่งกำเนิดน้ำเสียในโรงพยาบาล

- ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ --> น้ำเสียปนเปื้อนเชื้อโรค น้ำยาฆ่าเชื้อโรค น้ำยาทำความสะอาด
- โรงซักกรีด --> น้ำเสียอาจปนเปื้อนเชื้อโรค น้ำยาซักผ้า และน้ำร้อน
- โรงครัว ห้องอาหาร --> น้ำเสียมีเศษอาหาร และไขมันปนเปื้อน
- ห้องผ่าตัด ห้องคลอด ห้องเก็บศพ --> ปนเปื้อนเลือด เศษชิ้นเนื้อ น้ำยาฆ่าเชื้อโรค
- ห้องปฏิบัติการ --> สารเคมี อาหารเลี้ยงเชื้อ เชื้อโรคที่ตรวจวิเคราะห์
- ห้องยา --> ปนเปื้อนสารเคมีในส่วนประกอบของการปรุงยา
- อาคารบ้านพัก/อาคารสำนักงาน --> เหมือนน้ำเสียชุมชนทั่วไป



ลักษณะน้ำเสียในโรงพยาบาล

- สารอินทรีย์ – จากสิ่งขับถ่าย เศษอาหาร น้ำยาทำความสะอาด อาหาร เลี้ยงเชื้อ เชื้อโรค สารเคมี ฯลฯ สะท้อนในรูปของค่าบีโอดี (BOD) หรือ ค่าซีโอดี (COD)
- จุลินทรีย์ – จุลินทรีย์ทั่วไป และจุลินทรีย์ที่ก่อโรค
- โลหะหนัก และสารพิษ – อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น โลหะหนัก ยา สารเคมีต่างๆ ทั้งสารประเภทที่คงทนอยู่ในสิ่งแวดล้อมนาน (POPs) สารรบกวนต่อมไร้ท่อ (EDCs) รวมทั้งการปนเปื้อนรังสี



ผลกระทบของน้ำเสีย

- สารอินทรีย์ – ในรูปของค่าบีโอดี (BOD) หรือ ค่าซีโอดี (COD) ส่งผลกระทบทำให้ออกซิเจนละลาย (DO) ในน้ำลดลง เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ส่งผลต่อเนื่องให้คุณภาพน้ำแย่ลง เน่าเหม็นได้
- จุลินทรีย์ – จุลินทรีย์ที่ก่อโรค ทำให้เกิดโรค ถ้ามีการนำน้ำไปใช้
- โลหะหนัก และสารพิษ – ส่งผลกระทบทั้งทางตรง คือ เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ หรือสัตว์บกและมนุษย์ที่นำน้ำไปใช้โดยตรง หรือมีการสะสมในห่วงโซ่อาหาร (bioaccumulation/biomagnification)



ผลกระทบของน้ำเสีย

- ➡ โลหะหนัก : ปรอท (Hg) เงิน (Ag) สังกะสี (Zn) etc..
- ➡ สารพิษ : Cytostatic agents, Anesthetics, Antibiotics, Disinfectants, Iodinated Contrasting Media (ICM), Analgesic และ anti-inflammatories, Absorbable Organic substances (AOX)



พารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์

- ▶ ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/วัน)
- ▶ pH
- ▶ สารอินทรีย์ในรูป BOD COD
- ▶ ของแข็งแขวนลอย (SS)
- ▶ ของแข็งละลาย (TDS)
- ▶ ค่าซัลไฟด์ (S^{2-})
- ▶ ค่าไนโตรเจนในรูป TKN
- ▶ ค่าน้ำมันและไขมัน



การประเมินปริมาณน้ำเสีย

- ประเมินจากการใช้น้ำ โดยใช้อัตราเฉลี่ยแนะนำจากกรมควบคุมมลพิษ คือ 800 ลิตร/เตียง และคาดว่าจะเป็น้ำเสียร้อยละ 80
- ประเมินจากการใช้น้ำ โดยใช้อัตราการใช้น้ำจริง (มีข้อมูลการใช้ น้ำประปา, น้ำบาดาล) และคาดว่าจะเป็น้ำเสียร้อยละ 65 – 90
- ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและมีการบันทึกปริมาณน้ำเสียจริงที่เข้าระบบ บำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง



มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล

| ดัชนีคุณภาพน้ำ | หน่วย | มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง | |
|-----------------------------------|--------|------------------------------|---------------------|
| | | ก. (>30 เติยง) | ข. (10 - <30 เติยง) |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) | | 5 – 9 | 5 – 9 |
| บีโอดี (BOD) | มก./ล. | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 30 |
| ปริมาณของแข็ง | | | |
| • ค่าสารแขวนลอย (SS) | มก./ล. | ไม่เกิน 30 | ไม่เกิน 40 |
| • ค่าตะกอนหนัก (Settleable solid) | มก./ล. | ไม่เกิน 0.5 | ไม่เกิน 0.5 |
| • ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) | มก./ล. | ไม่เกิน 500 | ไม่เกิน 500 |
| ซัลไฟด์ (Sulfide) | มก./ล. | ไม่เกิน 1.0 | ไม่เกิน 1.0 |
| ทีเคเอ็น (TKN) | มก./ล. | ไม่เกิน 35 | ไม่เกิน 35 |
| น้ำมันและไขมัน | มก./ล. | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 20 |



มาตรการป้องกันและลดผลกระทบ

ลดปริมาณการใช้น้ำ

- ➡ ตรวจสอบบันทึกปริมาณน้ำใช้เป็นประจำ ตรวจสอบการรั่วไหลอย่างจริงจัง และมีมาตรการป้องกัน/แก้ไขการรั่วซึมที่รวดเร็ว
- ➡ ปรับเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ หมั่นดูแลไม่ให้เกิดการรั่วซึม
- ➡ ปรับพฤติกรรมการใช้น้ำ
- ➡ การนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ (reuse) หรือใช้ใหม่ (recycle)



มาตรการป้องกันและลดผลกระทบ

การลดความสกปรกในน้ำเสีย

- ➡ เก็บกวาดทำความสะอาดภาชนะ พื้นก่อนใช้น้ำล้างทำความสะอาด
- ➡ มีการแยกขยะและของแข็ง ไขมันและน้ำมัน ออกจากน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด
- ➡ ลดการใช้สารเคมี น้ำยาต่างๆ ที่จะถูกชะล้างปนเปื้อนในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด



มาตรการป้องกันและลดผลกระทบ

การปรับปรุง/ขยาย/เปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสม

- ➡ ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบ/เทคโนโลยีของระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพดี บำบัดน้ำเสียได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน
- ➡ ปรับปรุงอุปกรณ์ให้อยู่สภาพดี ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ➡ เพิ่มระบบอัตโนมัติ ลดความผิดพลาดของคน



สรุปเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย

Biological treatment process;

- ▶ aerobic treatment
- ▶ anaerobic treatment

Advanced treatments;

- ▶ membrane technology
- ▶ activated carbon
- ▶ membrane distillation

Advanced oxidation processes

- ▶ ozone/hydrogen peroxide treatment
- ▶ fenton oxidation
- ▶ photocatalysis
- ▶ electrochemical oxidation/degradation
- ▶ ultrasound irradiation
- ▶ wet air oxidation

Hybrid technologies



Biological treatment

▶ Aerobic Treatment

- Activated sludge process – need longer HRT
- Membrane bioreactors (MBRs)

▶ Anaerobic Treatment

- Anaerobic digester
- Anaerobic fluidized bed
- UASB



Advanced Treatment Process

ใช้เป็นขั้นตอนการบำบัดขั้นต้น (primary treatment) เพื่อเพิ่มอัตราการบำบัดมลพิษ

- ▶ **Membrane Technology** : RO, microfiltration/ultrafiltration (MF/UF), nanofiltration (NF)
- ▶ **Activated Carbon (AC)** : Adsorption
- ▶ **Membrane Distillation** : ข้อดี – ได้น้ำสะอาดมาก ; ข้อเสีย – ปัญหา membrane fouling



Advanced Oxidation Process (AOP)

- ▶ **Ozone/hydrogen peroxide treatment** – ใช้ O_3 ร่วมกับ H_2O_2 เป็นสาร oxidizing อย่างแรง
- ▶ **Fenton oxidation** – Fenton's reagent เป็นสาร oxidizing อย่างแรง
- ▶ **Photo catalysis** – ใช้ UV ร่วมกับ TiO_2 หรือ Fenton's reagent
- ▶ **Electrochemical oxidation/degradation** – ใช้สาร oxidizing ($*OH$) ร่วมกับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า
- ▶ **ultrasound irradiation**
- ▶ **wet air oxidation** – thermochemical process (ที่ $200-320^\circ C$)



► Hybrid Technologies for Chemical Synthesis Process :

Case 1 : Two-phase anaerobic treatment + MBR

Case 2 : Electrocoagulation (EC) + heterogeneous photocatalysis (TiO_2)

► Hybrid Technologies for Fermentation Process :

Case 1 : Ozone oxidation + aerobic treatment (MBR, AS)

Case 2 : Fenton oxidation + aerobic SBR



มาตรการป้องกันและลดผลกระทบ

การปรับปรุงกระบวนการดำเนินการ

- ➡ มีแผนงาน กระบวนการทำงานและขั้นตอนบำรุงรักษาที่ชัดเจน
- ➡ มีการบันทึกข้อมูลสถิติ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และการปฏิบัติงานต่างๆ โดยเฉพาะกรณีมีความผิดปกติ หรือมีปัญหา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์แก้ปัญหาต่อไป
- ➡ มีการฝึกอบรมให้ความรู้กับเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องอย่างสม่ำเสมอ



ขั้นตอนการรายงานตามกฎหมายกระทรวงฯ ตามมาตรา ๘๐

