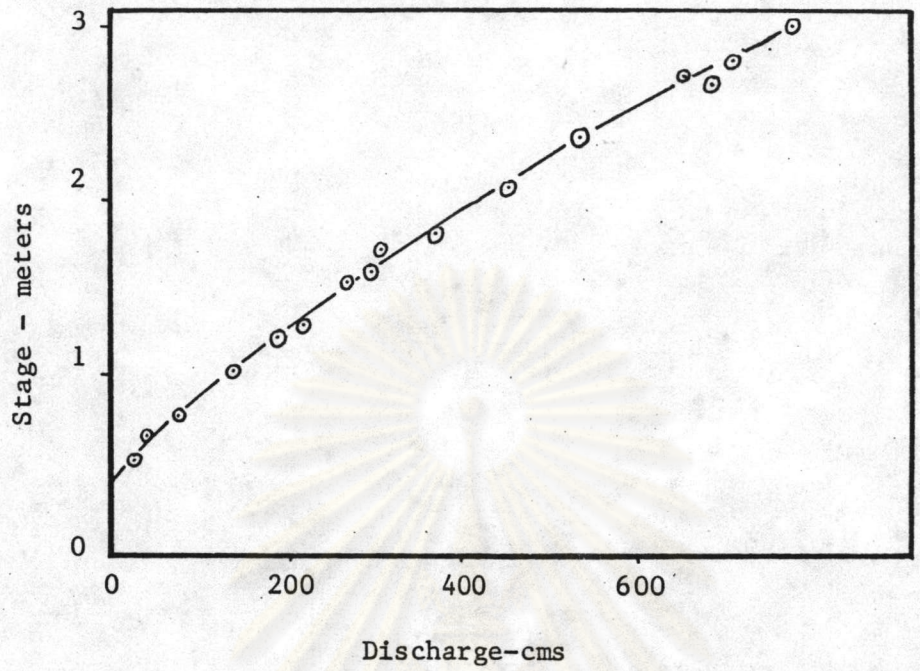
บทที่ 3

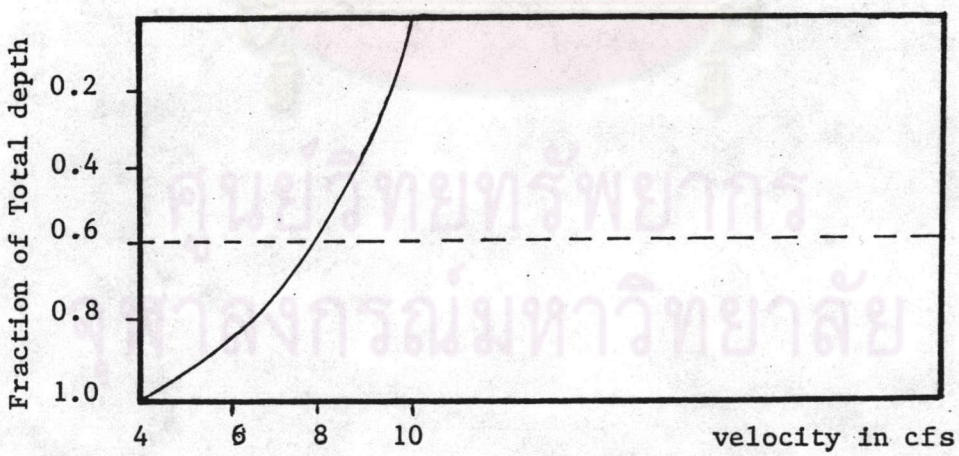
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

น้ำท่าหรือน้ำในแม่น้ำลำธาร

น้ำที่ไหลอยู่ในลำธารและแม่น้ำคือขบวนการไหลกลับคืนสู่ทะเลหรือแหล่งน้ำของฝนที่ตกลงมาบนพื้นดิน ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าที่สำคัญคือ สภาพทางอุตุนิยมวิทยาได้แก่ ปริมาณฝนและส่วนประกอบทางพื้นที่ลุ่มน้ำได้แก่ สภาพการใช้ที่ดิน ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ ชนิดของดิน และปัจจัยที่มีอิทธิพลอื่น ๆ เช่นการระบายน้ำที่จัดทำขึ้นเป็นต้น (สุเทพ ติงศภัทิย์ และ เคซากุ ทาเคดะ, 2521) ปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำ เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษาทางด้านอุทกวิทยา การใช้ประโยชน์ของน้ำตลอดจนมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในแม่น้ำทั้งในด้านของการทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นหรือเลวลงกล่าวคือ ถ้าปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำทั้งจากน้ำท่าหรือจากลำน้ำสาขามีคุณภาพดีก็จะช่วยเจือจางสารละลาย สารอินทรีย์หรือโลหะหนักและอื่น ๆ ในน้ำทำให้คุณภาพน้ำของแม่น้ำดีขึ้น แต่ถ้าน้ำที่ไหลลงมามีคุณภาพไม่ดี ก็จะทำให้คุณภาพของแม่น้ำมีสภาพเลวลง (WHO, 1978) ซึ่งการวัดปริมาณน้ำหรืออัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำมีหลายวิธี วิธีที่ง่ายและนิยมมากที่สุดคือ การใช้ไม้ระดับน้ำ (staff gage) เป็นการวัดระดับน้ำแล้วเปลี่ยนค่าระดับน้ำเป็นปริมาณน้ำต่อหน่วยเวลา โดยใช้หลักการว่า ถ้าหากทำการวัดระดับน้ำและปริมาณการไหลของน้ำควบคู่กันไปหลาย ๆ ครั้ง ในช่วงตั้งแต่ระดับน้ำสูงจนถึงระดับน้ำต่ำก็จะได้ข้อมูลสำหรับทำ calibration cuve ซึ่งเรียกว่า โค้งปริมาณน้ำ (rating cuve) หรือโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลของน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีลักษณะเป็นแบบพาราโบลา ดังแสดงไว้ในรูปที่ 9 หรือทำการวัดปริมาณการไหลของน้ำด้วยวิธีความเร็วพื้นที่หน้าตัด วิธีนี้ใช้หลักสมการต่อเนื่องกล่าวคือ ปริมาณการไหลของน้ำเท่ากับผลคูณของความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับพื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน การวัดพื้นที่รูปตัดกระทำโดยการวัดความกว้างของรูปตัดที่ระดับผิวน้ำเสียก่อน ต่อไปก็แบ่งความกว้างออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งจำนวนรูปตัดลำน้ำที่แบ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความลึกของน้ำตลอดจนแนวรูปตัดลำน้ำ และจากดีกรีของความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ ความลึกของแม่น้ำอาจใช้ลูกตุ้มถ่วงหรือ sounding weight สำหรับลำน้ำขนาดใหญ่ ส่วนความเร็วของกระแสน้ำนิยมวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ



รูปที่ 9 แสดงโค้งปริมาณน้ำ (จากหลักอุทกวิทยา, 2525)



รูปที่ 10 แสดงกราฟความเร็วของน้ำที่จุดต่าง ๆ ในแนวดิ่ง

(จากหลักอุทกวิทยา, 2525)

(current meter) ซึ่งมี 2 ชนิดคือ ชนิดถ้วยและชนิดใบจักรหรือใบพัด โดยวัดที่จุดความเร็วเฉลี่ยของความเร็วของกระแสน้ำในแนวลูกตั้ง (verticle) คือที่ความเร็วเฉลี่ย 0.2 และ 0.8 ของความลึกของผิวน้ำหรือโดยประมาณจะเท่ากับความเร็วที่จุด 0.6 ของความลึกของผิวน้ำ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 10 เมื่อได้ความเร็วของกระแสน้ำแล้วนำไปคำนวณหาปริมาณการไหลของน้ำในแต่ละลูกตั้งโดยวิธี mean section method หรือวิธี mid section method (Herschy, A.W., 1978)

<u>คุณภาพน้ำและดัชนีคุณภาพน้ำ</u>

คำว่า "คุณภาพน้ำ" เป็นคำที่มีความหมายกว้างและสามารถพิจารณาได้จากคุณสมบัติของน้ำได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางชีวภาพการทดสอบคุณสมบัติในแต่ละด้านเพื่อเป็นเกณฑ์ประกอบการพิจารณาของน้ำมีองค์ประกอบมากมาย การเลือกองค์ประกอบในการทดสอบต้องให้มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ของน้ำซึ่งก็แตกต่างกันไปเช่น น้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคต้องมีคุณภาพดีที่สุด ส่วนน้ำที่ใช้ในการระบายของเสียมีคุณภาพต่ำ เป็นต้น ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวของประเทศไทย คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติก็ถือหลักการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำเป็นแนวทางดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางท้ายเล่ม ส่วนคุณภาพน้ำจะดีหรือไม่ดีเพียงใดขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำ ซึ่งการจะกำหนด ปริมาณและชนิดของสิ่งที่เจือปนอยู่ที่สำคัญนั้น สามารถแบ่งคุณภาพของน้ำออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภทคือ

ก. <u>คุณสมบัติทางกายภาพ</u>

คุณสมบัติทางกายภาพเราสามารถทราบได้จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ และสามารถจะกำจัดออกได้โดยวิธีง่าย ๆ มากกว่าคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ ได้แก่

1. <u>อุณหภูมิของน้ำ</u> อุณหภูมิของน้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำมาก เช่น เป็นตัวควบคุมการแพร่พันธุ์ การเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ในน้ำ มีผลต่อการเร่งปฏิกริยาเคมี ต่อการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลาย เป็นต้น

2. <u>การนำไฟฟ้าของน้ำ</u> เป็นความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัติข้อนี้อยู่กับความเข้มข้น ชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิที่ทำการวัด การนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณรวมของของแข็งที่ละลายได้

3. ปริมาณตะกอนแขวนลอย คือส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่มีขนาดเล็กพอที่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ ได้แก่ พวกโคลนตม, silt และแพลงตอน ซึ่งให้ผลเสียต่อแหล่งน้ำเพราะทำให้น้ำขุ่น ลดปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านลงไปในน้ำยังผลให้การสังเคราะห์แสงในน้ำลดลง เป็นการลดการเติมออกซิเจนในน้ำ ส่วนที่ตกตะกอนก็จะไปทับถมกันจนทำให้สำน้ำตื้นเขินและน้ำขุ่นมากขึ้น

4. ความขุ่น ความขุ่นของน้ำเกิดเนื่องจากตะกอนแขวนลอยในน้ำซึ่งสารพวกนี้สามารถทำให้แสงเกิดการหักเหไปคนละทิศละทาง กระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบหรือบางทีอาจดูดแสงไว้ไม่ให้ผ่านทะลุไปได้จึงทำให้มองเห็นน้ำนั้นขุ่น ขนาดของความขุ่นขึ้นอยู่ความหนาแน่น ความละเอียดกับการกระจัดกระจายของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่และขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการดูดแสงหรือการกระจายแสงของอนุภาคนั้น ความขุ่นของน้ำทำให้ทราบปริมาณสิ่งเจือปนในน้ำและพิจารณาเลือกแบบและควบคุมระบบการกรองในขบวนการผลิตน้ำประปา

ข. คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเกิดเนื่องจากมีแร่ธาตุต่าง ๆ ละลายมากับน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี สารเหล่านี้สามารถทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ดังต่อไปนี้

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ในน้ำ หรือเป็นการวัดถึงความสามารถของกรดหรือของด่างที่มีปฏิกริยากับน้ำ แล้วแตกตัวให้ H^+ ได้มากน้อยเท่าไร

ค่า pH = 1-7 แสดงว่ามีความเป็นกรดมากกว่าด่าง

pH = 7 แสดงว่ามีความเป็นกลาง

pH = 7-14 แสดงว่ามีความเป็นด่างมากกว่ากรด

น้ำธรรมชาติส่วนมากจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-8.5 น้ำที่มี pH ต่ำมากจะกัดท่อน้ำทำให้เกิดการลึกกร่อนได้ง่าย

2. ความเค็มของน้ำ เป็นความเค็มซึ่งเกิดจากการที่มีเกลือต่างๆ ละลายอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง น้ำทะเลทั่วโลกมีค่าเฉลี่ยความเค็มปริมาณ 35‰ แสดงว่าโดยเฉลี่ยแล้วน้ำทะเล 1 กิโลกรัม จะมีเกลือต่าง ๆ ละลายอยู่ 35 กรัม เกลือแร่ต่าง ๆ เหล่านี้ที่สำคัญ ๆ

ได้แก่ $NaCl$, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$ ฯลฯ น้ำตามแหล่งน้ำต่าง ๆ จะมีค่าความเค็มต่าง ๆ กันไป นับตั้งแต่น้ำจืดซึ่งมีค่าความเค็มต่ำกว่า 0.5‰ จนกระทั่งน้ำเค็มจัดซึ่งมีความเค็มถึง 38‰ สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกชนิดของน้ำมีดังนี้

ค่าความเค็ม (‰)	ชนิดของน้ำ
0-0.5	น้ำจืด
0.5-3	น้ำกร่อยน้อย
3-10	น้ำกร่อยปานกลาง
10-17	น้ำกร่อยมาก
17-30	น้ำเค็มน้อย
30-34	น้ำเค็มปานกลาง
34-38	น้ำเค็มมาก
> 38	น้ำเค็มจัด

3. <u>ความเป็นด่าง</u> เป็นความสามารถของน้ำที่จะรับโปรตอน ความเป็นด่างของน้ำมีสาเหตุใหญ่มาจากองค์ประกอบของสารละลาย 3 ชนิดด้วยกันคือ ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต ในน้ำธรรมชาติความเป็นด่างส่วนมากอยู่ในรูปของไบคาร์บอเนต ความเป็นด่างแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

- **Phenolphthalein alkalinity** หมายถึง ค่าความเป็นด่างที่หาได้จากการทิเทรตกับกรดจนถึง pH 8.3 ซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนสีของฟีนอลทาลีนได้แก่ ความเป็นด่างเนื่องจากไฮดรอกไซด์และครึ่งหนึ่งของคาร์บอเนตที่มีในน้ำ

- **Methyl Orange alkalinity** หมายถึง ค่าความเป็นด่างที่หาได้จากการทิเทรตกับกรดจนถึง pH 4.5 ซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนสีของเมทธิลออเรนจ์ จะเป็นค่าความเป็นด่างเนื่องจากครึ่งหนึ่งของคาร์บอเนตที่เหลือหรือเป็นการเปลี่ยนไบคาร์บอเนตให้เป็นกรดคาร์บอริค

หาค่าความเป็นด่างรวมได้จากการนำปริมาณกรดที่ใช้ทิเทรตทั้ง 2 ระยะมารวมกัน

4. <u>ความกระด้าง</u> หมายถึงน้ำเมื่อทำปฏิกริยากับสบู่แล้วทำให้น้ำสบู่เกิดฟองได้ยาก สาเหตุเนื่องจากมีเกลือไบคาร์บอเนต ซัลเฟต คลอไรด์ และไนเตรตของธาตุแคลเซียม

และแมกนีเซี่ยมละลายปนอยู่ ความกระด้างของน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 2 พวกคือ ความกระด้างชั่วคราวและความกระด้างถาวร การหาชนิดของความกระด้างอาจหาได้จากค่าความเป็นด่าง ดังนี้

ถ้า total hardness มากกว่า total alkalinity นั่นคือ

carbonate hardness = total alkalinity

noncarbonate hardness = total hardness-total alkalinity

ถ้า total hardness น้อยกว่า หรือเท่ากับ total alkalinity

total hardness = carbonate hardness

และ noncarbonate hardness = o

ในการแบ่งความกระด้างของน้ำนั้นอาจยึดหลักดังนี้

น้ำอ่อนมีค่าความกระด้าง	0-75	มก/ล ในรูป	$CaCO_3$
น้ำค่อนข้างกระด้าง	75-150	มก/ล ในรูป	$CaCO_3$
น้ำกระด้าง	150-300	มก/ล ในรูป	$CaCO_3$
น้ำกระด้างมาก	> 300	มก/ล ในรูป	$CaCO_3$

ปกติแล้วน้ำผิวดินจะมีความกระด้างในช่วง 80-100 มก/ล. ในรูป $CaCO_3$ สำหรับน้ำที่จะนำมาทำน้ำประปาควรมีความกระด้างประมาณ 50-80 มก/ล. ในรูป $CaCO_3$ เพราะถ้าความกระด้างน้อยกว่านี้จะเกิดการกัดกร่อนสูงเนื่องจากเป็นน้ำอ่อน

5. <u>ออกซิเจนละลาย</u> ปริมาณออกซิเจนในน้ำเป็นลักษณะที่สำคัญของน้ำ นอกจากจะบอกให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ แล้วยังบอกให้ทราบถึงแนวการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำว่าจะเป็นแบบใด (aerobic หรือ anaerobic) ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในขณะใดขณะหนึ่งนั้นมีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจน (deoxygenation) กับการเติมออกซิเจน (reoxygenation) ซึ่งค่าความเข้มข้นอิ่มตัวของออกซิเจนละลายจะมีลักษณะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความดันของออกซิเจนในบรรยากาศ และเป็นปฏิภาคกลับกับอุณหภูมิของน้ำและความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำ

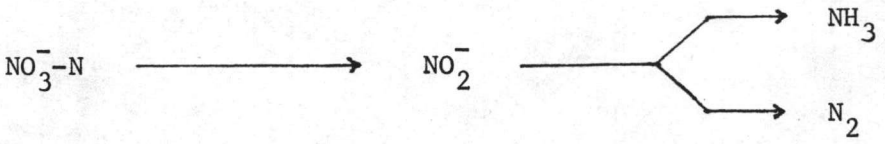
การใช้ออกซิเจนและการเติมออกซิเจนจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน เมื่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงกว่าอัตราการเติมออกซิเจนความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำจะลดลง หากเป็นไปในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้น ในลำน้ำที่กระแสน้ำไหลทิศทางเดียวที่จุดต้นน้ำความเข้มข้นของออกซิเจนละลายซึ่งอิ่มตัวจะลดลงใต้จุดที่ระบายสิ่งปฏิกูลลงไป เนื่องจากออกซิเจนถูกใช้ไปโดยแบคทีเรียในการสันดาปกับสารอินทรีย์ในสิ่งปฏิกูล เมื่อความต้องการในการใช้ออกซิเจนในน้ำลดลงหรือปริมาณสิ่งปฏิกูลในน้ำลดน้อยลง ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการเติมออกซิเจนสูงกว่าอัตราการใช้ออกซิเจน เส้นโค้งที่แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเจนละลายกับระยะทางตามลำน้ำหรือระยะเวลาในการไหล เรียกว่า **Dissolved Oxygen Sag Cuve**

6. <u>บีโอดี</u> คือปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้ภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดส์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหรือแอมโมเนียขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร ค่าบีโอดีจึงใช้บอกถึงกำลังความสกปรกของแหล่งน้ำได้ การหาค่าบีโอดีมาตรฐานจะใช้ **incubate** ที่อุณหภูมิ 20 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน สาเหตุที่ใช้อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวก็เพราะที่ 20 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับน้ำทั่วไป และ **nitrifying bacteria** เจริญเติบโตได้ช้าที่อุณหภูมินี้ ส่วนการเลือกใช้เวลาในการ **incubate** 5 วันก็เพราะถ้าเวลาน้อยกว่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปจะน้อยมากและเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ออกซิเจนในการอ๊อกซิไดส์ของแอมโมเนียไนโตรเจน

7. <u>ไนโตรเจน</u> ไนโตรเจนเป็นอาหารเสริมสร้างสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนในแหล่งน้ำมีทั้งที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ (organic nitrogen) ไนไตรท์ (NO_2^-) ไนเตรท (NO_3^-) และแอมโมเนีย (NH_3) โดยพวกอินทรีย์สารไนโตรเจนได้แก่ สารประกอบพวกโปรตีน ยูเรีย ฯลฯ ในน้ำจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียโดยแบคทีเรียบางชนิด จากนั้นแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรท โดย **Nitrosomonas** และ **Nitrobacter-bacteria** ตามลำดับดังแผนผังข้างล่างซึ่งเรียกว่า ขบวนการ **nitrification**

$$\text{Org-N}+O_2 \longrightarrow NH_3\text{-N}+O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO_3^-\text{-N}$$

และในรูปของ denitrification อาจเกิดขึ้นดังแผนผัง



น้ำที่มีปริมาณของอิทรีย์สารไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนสูง แต่มีปริมาณไนไตรท์ และไนเตรทต่ำ แสดงว่าเป็นน้ำที่เพิ่งจะได้รับการแปดเปื้อนจากสารมลพิษ ในทางตรงกันข้ามน้ำที่ไม่มีอินทรีย์สารไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนแต่มีไนเตรทอยู่บ้าง แสดงว่าได้เกิด nitrification แล้วและเป็นน้ำที่ค่อนข้างจะปลอดภัย ปกติแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทน้อยกว่า 1 มก/ล และประมาณ 0.3 มก/ล ตามลำดับ และถ้าในแหล่งน้ำใดมีปริมาณไนเตรทสูงก็อาจจะกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว อันอาจก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำตามมาได้ (Tebbutt, T.H.Y. 1977)

8. ฟอสเฟต ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ฟอสฟอรัสในน้ำพบได้ในรูปของออโธฟอสเฟต โพลีฟอสเฟตและอินทรีย์ฟอสเฟต ฟอสเฟตเหล่านี้อาจอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือในรูปของทรากพืชสัตว์ก็ได้ ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนน้อยและมักจะน้อยกว่าปริมาณไนเตรทโดยมีค่าพิสัย 0.01-0.03 มก/ล นอกจากนี้การแปดเปื้อนของฟอสเฟตในรูปต่าง ๆ อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์เช่น จากการใช้ผงซักฟอกหรือจากปุ๋ยในการเกษตรซึ่งถูกระบายหรือถูกชะล้างลงในแหล่งน้ำ ถ้ามีปริมาณสูงก็อาจจะกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว อันอาจก่อให้เกิดปัญหาของมลพิษทางน้ำได้

9. โลหะต่าง ๆ โลหะที่ได้รับความสนใจและตรวจพบในแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้แก่ เหล็กและโลหะหนักอื่น ๆ เช่น ทองแดง แมงกานีส สังกะสี ปรอท แคดเมี่ยม โครเมี่ยม และตะกั่ว แหล่งที่มาของโลหะต่าง ๆ เหล่านี้มีทั้งจากแหล่งธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ปกติแล้วในแหล่งน้ำผิวดินทั่วไปจะพบเหล็กในรูปของสารละลายไม่เกิน 1 มก/ล ส่วนโลหะหนักพบในปริมาณที่น้อยมาก (trace metals) ในระดับไมโครกรัมต่อลิตร (WHO, 1982) แต่ในบริเวณที่มีการ ปนเปื้อนจากโลหะเหล่านี้อันเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์จะมีค่าสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น กรณีของปรอทพบว่าในแหล่งน้ำผิวดินในสวีเดนและอิตาลี ในปี 1968 มีค่าต่ำกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่ในบริเวณที่มีปรอท ปนเปื้อนเช่นที่ Minamata bay ในประเทศญี่ปุ่นในปี 1963 มีปริมาณปรอทสูงถึง 1-10 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะในตะกอนดินพบสูงถึง 30-40 มก/กก.

I15885637

(WHO, 1972) สำหรับในประเทศไทยผลจากการสำรวจจากแม่น้ำสายต่าง ๆ รวมทั้งแหล่งน้ำอื่น ๆ โดยกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย ในปี 2517 พบปริมาณปรอทมีค่าพิสัย nil-37.7 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.47 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับผลจากการสำรวจปริมาณโลหะหนักในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของ เปี่ยมศักดิ์ และคณะ ในเดือนพฤษภาคม ในปี 2518 พบว่ามีปริมาณของปรอทเฉลี่ยเท่ากับ 0.319 ± 0.254 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนโลหะตัวอื่น ๆ ได้แก่ ทองแดง สังกะสี แคดเมี่ยม และตะกั่ว พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 ± 3.32, 325 ± 135, 1.77 ± 0.43 และ 24.9 ± 14.30 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ

ค. <u>คุณสมบัติทางชีวภาพ</u> เชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำอาจแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ พวกที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ในคนเป็นแบคทีเรียที่เป็นอันตรายและมีอยู่ในลำไส้คน เรียกว่า **Enteric pathogen** เชื้อพวกนี้เติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เช่น เชื้อบิด อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ ฯลฯ แต่การตรวจวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียพวกนี้มีความยุ่งยาก การตรวจวิเคราะห์หาจึงไม่นิยมตรวจเชื้อพวกนี้โดยตรง อีกพวกหนึ่งคือ แบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้คนและสัตว์มากที่สุด มีชื่อเรียกว่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย พวกนี้อาศัยอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด ในอุจจาระปกติของคน 1 กรัม จะมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ประมาณ 10^5 - 10^9 ตัว โดยปกติแล้วแบคทีเรียพวกนี้ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่เมื่อถ่ายออกมาจากอุจจาระลงไปปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้นานกว่าพวกแรก การตรวจวิเคราะห์ก็ง่ายกว่าพวกแรก สมาชิกทุกตัวในโคลิฟอร์มแบคทีเรียจะ **ferment lactose** แล้วให้กรดและกาซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน 48 ชั่วโมง ที่ 35 องศาเซลเซียส บาง **species** ถูกเรียกว่า **faecal coliform** เพราะมักพบอยู่ในอุจจาระเสมอ คือ **E. coli** การตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ จึงเป็นเครื่องชี้ให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความสกปรกมากน้อยเท่าใด

<u>การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ</u> มี 2 ลักษณะคือ

ก. <u>การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำโดยธรรมชาติ</u> เมื่อฝนตกลงมาบนผิวโลกพวกกาซจะถูกละลายและของแข็ง ฝุ่น จะถูกชะลงมา แล่งอากิตย์จะทำให้อุณหภูมิน้ำเปลี่ยนแปลงไป อาจมีสภาพเป็นกรด สารกัมมันตภาพรังสีปนอยู่ด้วยก็ได้ ซึ่งทำให้คุณภาพของน้ำฝนเปลี่ยนแปลงก่อนถึงพื้นดินและหลังจากฝนตกถึงพื้นดินแล้ว บางครั้งสภาพธรรมชาติโดยทั่วไปก็มีผลทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมสภาพลงซึ่งอาจเกิดจากความเค็ม แร่ธาตุอาหาร อุณหภูมิ ซึ่งคุณภาพน้ำตามธรรมชาตินี้เป็นข้อมูลที่สำคัญมากในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในอนาคตต่อไป

ข. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำโดยมนุษย์ เมื่อมนุษย์เพิ่มจำนวนมากขึ้นความต้องการอาหารก็เพิ่มปริมาณขึ้นทำให้มีการเพิ่มเนื้อที่การเกษตรและการพัฒนาความเป็นอยู่เพื่อคุณภาพชีวิตหรือความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น โดยผ่านขบวนการอุตสาหกรรมและชีวิตความเป็นเมืองได้มีผลในการทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมหรือน้ำเสื่อมทรามลง ที่มาของมลสารเหล่านี้ที่สำคัญได้แก่

1. แหล่งชุมชน

น้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนและขยะมูลฝอยเมื่อถูกถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีระบบการจัดการที่ดีพอ ก็อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำดังต่อไปนี้

1.1 ผลกระทบทางด้านสาธารณสุข อาจทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรค เช่น เชื้อบิด ไทฟอยด์ และอหิวาตกโรค ทางการสาธารณสุขได้ใช้ Coliform bacteria เป็นดัชนีมาตรฐานคุณภาพน้ำ ถ้าพบแบคทีเรียพวกนี้มากในแหล่งน้ำแห่งใดแห่งหนึ่งก็แสดงว่าแหล่งน้ำแห่งนั้นมีโอกาสที่จะมีเชื้อโรคบางชนิดที่เป็นอันตรายปะปนอยู่ในน้ำ

1.2 ผลกระทบในเรื่องการลดปริมาณการละลายของออกซิเจน แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนอาจเกิดการเน่าเสียขึ้นได้ การเน่าเสียของน้ำเกิดจากการทำงานของจุลชีพกลุ่มหนึ่งที่ต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจ ซึ่งสามารถวัดได้ในรูปของค่า BOD ถ้าแหล่งน้ำนั้นมีสิ่งโสโครกที่เป็นอินทรียสารมากก็จะทำให้มีการย่อยสลายมากขึ้นยังผลให้ปริมาณออกซิเจนลดลงไปได้มาก ในปี 1953 Katz และ Gaufin ได้ศึกษาผลกระทบของน้ำโสโครกที่เป็นอินทรียสารต่อระบบนิเวศน์ของแม่น้ำสรุปผลได้ว่า ถ้ามีการปล่อยน้ำโสโครกชนิดที่เป็นอินทรียสารลงไปในแม่น้ำเป็นจุด (point source) จะทำให้เกิดผลกระทบต่อส่วนของแม่น้ำที่อยู่ใต้ลงมา (down-stream) ซึ่งแบ่งออกเป็นเขตได้ดังนี้คือ เขตที่มีการย่อยสลาย (degradation zone) เป็นเขตที่มีความแปรผันของปริมาณการละลายของออกซิเจนในช่วงกว้างตั้งแต่ประมาณ 2 มก/ล. ถึงจุดอิ่มตัว มีค่า BOD สูงมาก ความขุ่นสูง ความเข้มข้นของอินทรียสารสูง จำนวนแบคทีเรียจะแปรผันตั้งแต่น้อยจนถึงมาก เขตที่มีความเน่าเสีย (septic zone) เป็นเขตที่มีออกซิเจนละลายอยู่น้อยมากจนถึงไม่มีเลย BOD มีค่าสูงแต่ลดลงน้อยกว่าในเขตย่อยสลาย น้ำมีความขุ่นสูงมาก มีสีคล้ำและมีกลิ่นเน่าเหม็น พื้นของเขตนี้จะอยู่ในสภาพไม่มีอากาศเลย ปริมาณอินทรียสารยังคงสูงแต่น้อยกว่าในเขตย่อยสลาย จำนวนแบคทีเรียมีค่าสูงมาก เขตที่คืนสภาพ (recovery zone) เป็นเขตที่ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะสูงขึ้นตั้งแต่ประมาณ 2 มก/ล

ถึงอิ่มตัว ค่า BOD จะลดลงมาก ความขุ่นน้อยลงและสีไม่ค่อยคล้ำ มีกลิ่นน้อยลง ปริมาณอินทรีย์สารน้อยลงไปมากจนเกือบปกติ จำนวนแบคทีเรียจะมีน้อยลง เขตที่มีสภาพปกติในเขตนี้คุณภาพน้ำทุกประการจะคืนสู่ภาวะปกติ ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะแปรผันอยู่ในช่วง 5-10 มก/ล ค่า BOD ต่ำมากมีความขุ่นน้อยกว่าและน้ำไม่มีสี มีปริมาณของอินทรีย์สารต่ำ มีจำนวนแบคทีเรียน้อยมาก จากผลการศึกษาดังกล่าวแล้วนี้จะเห็นได้ว่า แม่น้ำมีความสามารถที่จะปรับตัวให้คืนสภาพปกติได้ ถ้าสิ่งโสโครกที่ถูกถ่ายเทลงไป มีปริมาณไม่มากนักและเน้นประเภทที่ถูกย่อยสลายได้ โดยทั่วไปแล้วน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติควรที่จะมีปริมาณการละลายของออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 2 มก/ล เพราะถ้าต่ำกว่านี้ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ บางชนิดจะเริ่มทนไม่ไหวและตายลงในที่สุด

ผลกระทบอีกประการหนึ่งที่จะตามมาก็คือ "over-eutrophication" หรือการที่มีแร่ธาตุอาหารมากเกินไปในแหล่งน้ำ สารอินทรีย์เมื่อผ่านการย่อยสลายของจุลชีพแล้วก็จะเปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ เช่น ไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟต สารประกอบเหล่านี้เป็นแร่ธาตุอาหารที่ดีของพวกพืช ถ้ามีมากในน้ำก็จะก่อให้เกิดการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพืชน้ำอย่างรวดเร็ว และเมื่อพืชน้ำเหล่านี้ตายเป็นการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ มีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดปริมาณลง

1.3 <u>ผลกระทบในแง่ความสวยงามของแหล่งน้ำ</u> น้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนที่มีปริมาณของตะกอนแขวนลอยอยู่สูงก็อาจทำให้น้ำเปลี่ยนสีได้ นอกจากนี้กลิ่นที่เน่าเสียยังก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้คนที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำที่เน่าเสียได้

2. <u>แหล่งอุตสาหกรรม</u>

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เป็นแหล่งใหญ่ที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำและทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำขึ้นหลายแห่งทั่วโลก ประเภทของน้ำทิ้งตามผลเสียที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อมมีหลายประเภท ได้แก่

2.1 <u>ประเภททำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง</u> เกิดเนื่องจากน้ำทิ้งที่มีค่า BOD สูง โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งประเภทนี้ลงสู่แหล่งน้ำได้แก่ โรงงานทำอาหารกระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ท่าเทียบเรือประมง เป็นต้น

2.2 ประเภทที่มีสารมีพิษปะปน สารพิษชนิดต่าง ๆ ในน้ำทิ้งได้แก่ โลหะหนักและสารประกอบอื่น ๆ บางชนิดที่มีพิษ โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งประเภทนี้ ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมเคมี โรงงานฉาบโลหะ โรงงานทำของดอง และเหมืองแร่ต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ

2.3 ประเภทที่สามารถทำลายสภาพของแหล่งน้ำ เช่น โรงสีปล่อยเศษผงไม้ลงในแม่น้ำลำคลอง ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน เหมืองแร่ต่าง ๆ ทำให้เกิดตะกอนในน้ำมาก โรงงานไฟฟ้าปล่อยน้ำร้อนลงสู่แหล่งน้ำมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น เป็นต้น

2.4 ประเภทที่ปล่อยเชื้อโรคลงสู่แหล่งน้ำ โรงงานที่ปล่อยเชื้อโรคทั้งของคนและสัตว์ลงในแหล่งน้ำได้แก่ โรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานทำอาหารกระป๋อง โรงพยาบาล เป็นต้น

2.5 ประเภทอื่น ๆ ได้แก่ สารกัมมันตภาพรังสี สารอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งละลาย ฯลฯ

ผลกระทบของน้ำทิ้งจากโรงงานต่าง ๆ เหล่านี้ต่อแหล่งน้ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการควบคุมปริมาณและคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำและประเภทของน้ำทิ้งดังได้กล่าวแล้วในข้างต้น

3. แหล่งเกษตรกรรม

น้ำที่ถูกใช้ไปในการเกษตรนั้นส่วนใหญ่เป็นน้ำซึ่งได้มาจากการชลประทาน ซึ่งได้แก่ น้ำจากอ่างเก็บน้ำซึ่งเกิดจากการสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ เมื่อน้ำชลประทานเหล่านี้ถูกใช้ไปในการเกษตรกรรม เช่น ใช้ทำนา เลี้ยงพืชผัก บางส่วนก็จะไหลกลับสู่แหล่งน้ำที่ต่ำกว่า ซึ่งได้แก่คลองระบายน้ำนั่นเอง น้ำนวลนี้เรียกว่า น้ำชลประทานไหลกลับ ซึ่งอาจถูกใช้อีกหลายครั้งในพื้นที่ทำการเกษตรที่อยู่ต่ำลงมาก่อนถูกปล่อยลงสู่ทะเล ขบวนการดังกล่าวจะทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปได้ดังนี้คือ

3.1 มีปริมาณแร่ธาตุสูงขึ้น เนื่องจากการละลายแร่ธาตุในดินโดยน้ำชลประทานไหลกลับ

3.2 ความขุ่นสูงขึ้น เนื่องจากการเซาะพังหรือผุกร่อนของดินในพื้นที่ทำการเกษตรและน้ำชลประทานไหลกลับได้นำเอาตะกอนลงมายังคลองระบายน้ำด้วย

3.3 ธาตุอาหารสูงขึ้น พื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่จะมีการเพิ่มธาตุอาหารหรือปุ๋ยลงไปเพื่อเพิ่มผลผลิต การใช้ปุ๋ยมากเกินไปก็อาจทำให้มีส่วนที่เหลือได้ ซึ่งจะถูกชะลงไปกับน้ำชลประทานไหลกลับ

3.4 มีการเจือปนของยาปราบศัตรูพืช ถ้าเป็นชนิดที่สามารถคงสภาพในสิ่งแวดล้อมได้นาน เช่น Chlorinated hydrocarbon

3.5 มีอุณหภูมิสูงขึ้น ในฤดูร้อนความร้อนของดินจะสูง เมื่อมีการให้น้ำแก่ดิน น้ำก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยการถ่ายเทความร้อนของดิน เมื่อน้ำไหลกลับลงสู่คลองระบายน้ำก็จะทำให้น้ำในคลองระบายน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นไปด้วย

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำและปัญหามลพิษทางน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ มีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นสำคัญ เนื่องจากการใช้ประโยชน์จากน้ำในหลาย ๆ ด้านพร้อมกัน (multipleusages)ประกอบกับการขาดหลักการจัดการทางด้านสภาพแวดล้อมที่ดีนั่นเอง เช่น ปัญหามลพิษทางน้ำในแม่น้ำแม่กลองในปี พ.ศ. 2516 หรือปัญหาคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายสำคัญ ๆ ตัวอย่าง เช่น ผลจากการสำรวจคุณภาพน้ำแม่น้ำสายสำคัญ 3 สาย ในบริเวณภาคกลางของประเทศไทยคือ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง โดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยในการอธิบายคุณภาพน้ำได้ใช้ดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ 3 ตัว ได้แก่ ค่าออกซิเจน ค่าบีโอดี และค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สรุปได้ว่าคุณภาพน้ำจะได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นประการสำคัญ แม่น้ำที่ไหลผ่านเขตชุมชนหนาแน่น เขตเกษตรกรรม เขตอุตสาหกรรม จะมีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไปเช่น แม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้งช่วงปี พ.ศ. 2524 - พ.ศ. 2525 ค่าออกซิเจนละลายตั้งแต่อำเภอพระประแดงถึงคลองบางกอกน้อย มีค่าในช่วง 0.5-1.0 มก/ล ค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 2-4 มก/ล และในเขตแหล่งชุมชนของกรุงเทพมหานคร ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียประมาณ 80,000 MPN ต่อ 100 มล ส่วนคุณภาพแม่น้ำท่าจีนได้รับผลกระทบจากการระบายน้ำออกจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน้าน้ำหลาก พบว่าคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบน (ตั้งแต่กิโลเมตรที่ 73-325) ค่าออกซิเจนละลายมีค่าลดต่ำลงถึงปริมาณ 2 มก/ล ในช่วงกิโลเมตรที่ 120-130 หลังจากนั้นค่าออกซิเจนละลายจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แล้วจะลดต่ำสุดในช่วงกิโลเมตรที่ 42 ที่อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม โดยมีค่าออกซิเจนละลายประมาณ 0.87 มก/ล ค่าบีโอดีของแม่น้ำท่าจีนตอนบน ในปี พ.ศ. 2525 มีค่าไม่เกิน 2 มก/ล ส่วนตอนล่าง ค่าบีโอดีสูงขึ้นที่กิโลเมตรที่ 30 จนถึงปากแม่น้ำ เพราะ

ได้รับมลสารจากโรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มเลี้ยงสุกร บ่อเลี้ยงปลาในเขตอำเภอสามพราน สำหรับคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง บริเวณต้นน้ำมีค่าออกซิเจนละลายสูงกว่า 5 มก/ล และลดต่ำลงตามระยะทางโดยมีค่าต่ำสุดที่บริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทรา หลังจากผ่านอำเภอเมืองฉะเชิงเทราไปแล้ว ค่าออกซิเจนละลายจะค่อย ๆ สูงขึ้นจนถึงปากแม่น้ำบางปะกงโดยอยู่ในช่วง 4-8.8 มก/ล ในฤดูน้ำหลาก ส่วนค่าบีโอดีจะอยู่ในช่วง 0.2-3.8 มก/ล และพบค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าสูงมากในบริเวณที่มีชุมชนหนาแน่นเช่น บริเวณอำเภอเมืองฉะเชิงเทราเพราะมีประชากรและฟาร์มเลี้ยงสุกรหนาแน่น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 200-54,000 MPN ต่อ 100 มล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย