บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

น้ำทิ้งอินทรีย์ (Organic Wastewater) หมายถึง น้ำทิ้งที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ น้ำทิ้งประเภทนี้ ได้แก่ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานทอผ้า โรงงานประกอบอาหาร โรงงานฆ่าสัตว์และอื่น ๆ ลักษณะเด่นของน้ำทิ้งอินทรีย์นี้คือ จะทำให้แหล่งน้ำเกิดความเน่าเหม็นได้ หากปล่อยทิ้งไว้นาน ๆ (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518)

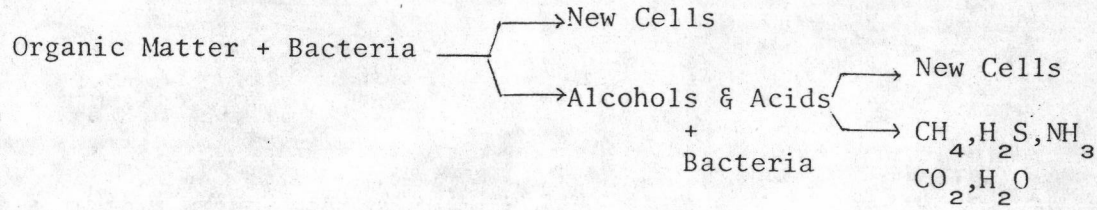
สารอินทรีย์นี้เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดปัญหามลภาวะต่อแหล่งน้ำ ซึ่งอาจมาจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ พืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตายลง และมีบางส่วนที่มาจากน้ำทิ้งชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรมที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ น้ำทิ้งประเภทนี้มักมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์เป็นหลัก การย่อยสลายสารอินทรีย์จะมีทั้งแบบที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ปฏิกริยาของการย่อยสลายจะเป็นแบบแอโรบิคออกซิเดชัน (Aerobic Oxidation) จุลินทรีย์จะใช้พลังงานในการแบ่งเซลใหม่ต่อไป และได้ผลผลิตสุดท้ายที่อยู่ตัว เช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และไนเตรท ส่วนปฏิกริยาของการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นแบบแอนแอโรบิคออกซิเดชัน (Anaerobic Oxidation) ซึ่งจะได้เซลใหม่ของจุลินทรีย์ และผลิตผลสุดท้ายที่ไม่อยู่ตัว ได้แก่ กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ คีโตน และมีเทน เป็นต้น ปฏิกริยาทั้งสองแบบนี้ได้แสดงไว้ดังสมการดังต่อไปนี้

Aerobic Oxidation

$$\text{Organic Matter} + \text{Bacteria} + O_2 \longrightarrow \begin{cases} \longrightarrow \text{New Cells} \\ \longrightarrow CO_2 + NO_3 + H_2O \end{cases}$$

Anaerobic Oxidation



การเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ในปฏิกิริยาของการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน จะเกิดได้โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นแรก การสร้างกรด (Acid Forming) จุลินทรีย์จะใช้พลังงานที่ได้ในการสร้างเซลใหม่ และได้กรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์เป็นผลิตผลสุดท้ายที่ไม่อยู่ตัว

ขั้นที่สอง จุลินทรีย์ชนิดมีเทน (Methane bacteria) จะทำการออกซิไดซ์ผลิตผลสุดท้ายที่ไม่อยู่ตัวนี้ต่อไป โดยจุลินทรีย์จะสร้างเซลใหม่ขึ้นมาอีก และได้ผลิตผลสุดท้ายที่อยู่ตัวคือ ก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมีกลิ่นเหม็นเน่า ปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้จะเกิดได้ช้ากว่าแบบใช้ออกซิเจน

ผลกระทบของน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์ต่อคุณภาพน้ำแม่น้ำ

เมื่อมีการทิ้งความเน่าเสียลงสู่แม่น้ำ ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของแม่น้ำโดยตรง Katz และ Gaufin (1953) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของน้ำทิ้งที่เป็นสารอินทรีย์ต่อระบบนิเวศน์ของแม่น้ำ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ถ้ามีการถ่ายเทน้ำทิ้งชนิดที่มีสารอินทรีย์ลงสู่แม่น้ำแบบเป็นจุด (point source) จะทำให้เกิดผลกระทบต่อบริเวณแม่น้ำส่วนที่อยู่ใต้ลงมา (downstream) และสามารถแบ่งเขตต่าง ๆ นี้ออกได้เป็น 4 เขตดังต่อไปนี้

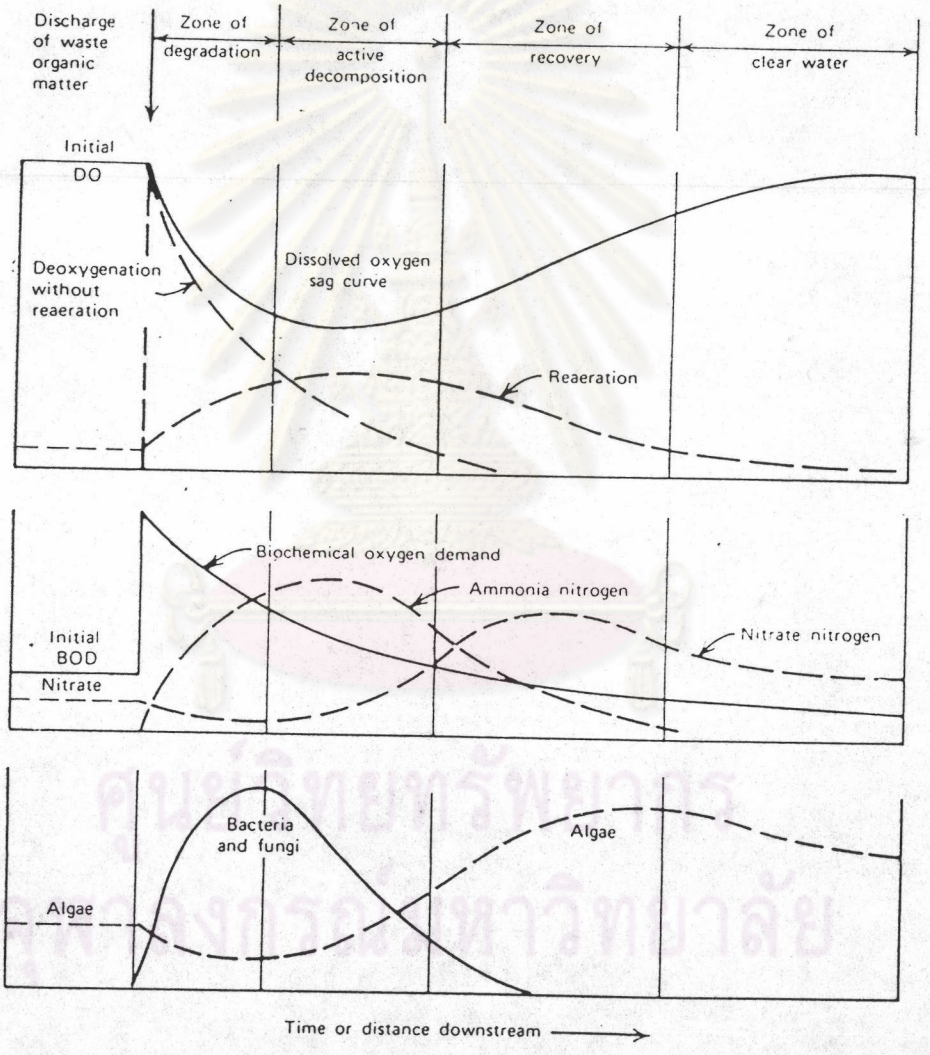
1. เขตที่มีการย่อยสลาย (Zone of Degradation) หมายถึง บริเวณที่มีสิ่งสกปรกจากน้ำทิ้งเมื่อถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำในระยะแรก ๆ จะมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงจากเดิมที่มีอยู่ ในตอนท้ายของบริเวณนี้น้ำจะมีความขุ่นค่อนข้างสูง เนื่องจากมีของแข็งหรือตะกอนต่าง ๆ ที่ถูกปล่อยหรือชะล้างลงมา ความขุ่นที่เกิดขึ้นนี้จะไปปิดกั้นแสงสว่าง ทำให้แสงไม่สามารถส่องผ่านทะลุลงสู่ลำน้ำได้มากนัก อันเป็นสาเหตุให้แอลจีและพืชน้ำไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ในเขตนี้สัตว์น้ำ เช่น ปลาจะลดจำนวนลง และที่เหลืออยู่จะมีแต่เฉพาะประเภทที่สามารถอยู่ได้ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ

2. เขตที่มีความเน่าเสีย (Zone of Active Decomposition) บริเวณนี้แหล่งน้ำจะมีปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 0-40 เปอร์เซนต์ของการละลายอิ่มตัว ในตอนต้นของบริเวณนี้ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำจะต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของสิ่งสกปรกโดยปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ มีผลทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำลดต่ำลงหรืออาจหมดไปได้ ในบริเวณนี้จะพบว่าไม่ค่อยมีสัตว์น้ำ เช่น ปลา อาศัยอยู่ เพราะปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำมีไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ น้ำในบริเวณนี้จะมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น อันเกิดจากการสลายตัวของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาของการย่อยสลายมักเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Oxidation) และพบว่ามีก๊าซมีเทน (CH_4) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เกิดขึ้น แต่ในบริเวณตอนท้าย ๆ ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง อาจมีค่าสูงถึง 40 เปอร์เซนต์ของการละลายอิ่มตัว ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง และยังมีการเติมปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจากบรรยากาศลงสู่แหล่งน้ำอีกด้วย ในบริเวณตอนปลายของเขตนี้ น้ำจะมีสภาพดีขึ้น มีปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงขึ้น ก่อนที่จะเข้าสู่เขตฟื้นคืนสภาพ

3. เขตที่ฟื้นคืนสภาพ (Zone of Recovery) เป็นบริเวณที่อยู่ต่อจากปลายเขตที่ 2 ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นจาก 40 เปอร์เซนต์ของการละลายอิ่มตัว สภาพที่แม่น้ำมีความสะอาดจะเริ่มกลับคืนมา การย่อยสลายของจุลินทรีย์จะลดลง โดยเฉพาะการย่อยสลายแบบแอนแอโรบิคออกซิเดชัน ปฏิกิริยาของการย่อยสลายในบริเวณนี้จะเป็นแบบแอโรบิคออกซิเดชัน ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ สามารถอาศัยอยู่ได้อีก แสงสว่างสามารถส่องผ่านลงสู่ผิวน้ำได้ลึกมากขึ้น แอลจีและพืชน้ำจะเริ่มเจริญเติบโตได้อีกครั้งหนึ่ง ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำในบริเวณตอนปลายของเขตนี้จะเพิ่มสูงมากขึ้นจนใกล้จะถึงจุดละลายอิ่มตัว หรืออาจถึงจุดละลายอิ่มตัว

4. เขตที่มีสภาพปกติ (Zone of Clean Water) น้ำในบริเวณนี้จะกลับคืนสู่สภาพเหมือนก่อนได้รับน้ำเสีย ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นจนใกล้หรือถึงจุดละลายอิ่มตัว น้ำจะมีความใสสะอาดกว่าทุก ๆ เขตในบริเวณที่ได้กล่าวมาแล้ว น้ำจะปราศจากสีและตะกอนแขวนลอย จุลินทรีย์ในบริเวณนี้จะพบว่ามีปริมาณน้อย แต่จะพบว่ามีแอลจีและพืชน้ำเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สัตว์น้ำและปลาจะเข้ามาอาศัยอยู่ได้อย่างปกติอีกครั้งหนึ่ง

จากการศึกษาดังกล่าวนี้จะแสดงให้เห็นว่า ถ้ามีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารประกอบอินทรีย์ลงสู่แม่น้ำ ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อแม่น้ำนั้น ซึ่งระยะเวลาที่แม่น้ำต้องการใช้ในการฟอกตัวเองให้สะอาด (Self Purification) หรือระยะทางที่ต้องไหลผ่านตลอดลำน้ำใน 4 เขตนั้น จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเสีย ปริมาณของน้ำเสีย ปริมาณน้ำไหลในแม่น้ำ และอุณหภูมิ ตลอดจนการที่แม่น้ำจะได้รับน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นจากแหล่งอื่นอีกหรือไม่ ซึ่งถ้ามีน้ำเสียในปริมาณไม่สูงนัก แม่น้ำก็จะสามารถปรับตัวให้ฟื้นคืนสภาพปกติได้ ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ผลของสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดปัญหามลภาวะต่อแหล่งน้ำ

ที่มา : Hammer (1977), Waste and Waste Technology

แหล่งที่มาของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้ง (Wastewater) หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้วจากกิจกรรมของมนุษย์หลายด้านหลายขบวนการ ดังเช่น น้ำทิ้งที่เกิดจากการชำระล้างร่างกาย เสื้อผ้า และกิจวัตรประจำวันอื่น ๆ ในครัวเรือน ตลอดจนรวมถึงน้ำทิ้งที่เกิดจากการใช้น้ำทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นอาคารโรงงานอุตสาหกรรม ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงใหญ่ (เบญจา พวงสุวรรณ, 2525)

น้ำทิ้งนี้จะมีความสกปรกปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะกิจกรรมของการใช้น้ำนั้น Russel (1974) ได้รายงานว่า การเกิดปัญหามลภาวะทางน้ำนั้นเกิดเนื่องจากมีสารอินทรีย์อนินทรีย์ ความร้อน หรือกัมมันตรังสีอยู่ อันเป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ นอกจากนี้ Matsumoto (1982) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแม่น้ำที่เกิดปัญหามลภาวะ และที่ไม่เกิดมลภาวะ และรายงานว่าปริมาณของสารอินทรีย์ในแม่น้ำที่เกิดปัญหามลภาวะจะมีค่าสูงกว่าแม่น้ำที่ไม่เกิดปัญหาน้ำทิ้งที่มีความสกปรกมาก ๆ จะเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งในการก่อให้เกิดปัญหามลภาวะของน้ำ และทำให้สภาพแวดล้อมเป็นพิษ

แหล่งของน้ำทิ้งที่สำคัญแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน

น้ำทิ้งและสิ่งสกปรกจากบ้านเรือนที่พักอาศัย จะมาจากหลายประเภทและหลายลักษณะด้วยกัน เช่น น้ำจากการชำระล้างร่างกาย การซักล้าง การประกอบอาหาร การขับถ่ายทำความสะอาดภาชนะอุปกรณ์ และอาคารบ้านเรือนตลอดจนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลที่เจือปนมากับน้ำทิ้ง ลักษณะสมบัติได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 น้ำทิ้งจากแหล่งนี้มักมีสารประกอบอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ที่สามารถสลายตัวได้ในธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำนั้น (เบญจา พวงสุวรรณ, 2525) และยังเป็นสาเหตุที่สำคัญที่จะก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อแหล่งน้ำผิวดินอีกด้วย (Verduin, 1982) สำหรับปริมาณน้ำทิ้งต่อคนจะแตกต่างกันไปในแต่ละชุมชน ซึ่งปริมาณน้ำใช้ของชุมชนประเภทต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณวันละ 220 ลิตรต่อคน และเป็นน้ำทิ้งประมาณ 0.85 ของปริมาณน้ำใช้ สำหรับปริมาณ BOD ที่ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำของคนในแถบเอเชียประมาณวันละ 45-55 กรัมต่อคน (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518) ดังนั้นถ้ามีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำมากเกินไป จะทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงอันเป็นสาเหตุที่ทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสียได้ในที่สุด

ตารางที่ 2.1 ลักษณะสมบัติน้ำทิ้งชุมชน

คุณลักษณะ	ชุมชนสุขาภิบาลตามจุด				เทศบาลเมืองลพบุรี							
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	4	5	6	7	ค่าเฉลี่ย
pH range	6.7-8.0	6.7-7.9	7.21	6.7-8.0	6.7-7.0	6.8-7.0	7.3-7.5	7.0-7.2	6.7-7.0	6.2-6.9	6.8-7.0	6.2-7.5
average	(7.26)	(7.08)	(6.8-8.0)	(7.18)	(6.92)	(6.98)	(7.4)	(7.1)	(6.9)	(6.65)	(6.92)	(6.97)
Temperature, °C	27-28.5	26-27.5	26-29	26-29	25-26.5	25.5-27.0	25.0-27.5	25.0-27.0	25.27	25-27	25-27	25-27.5
COD, mg/l	406	437	395	412.7	84	326	172	222	192	620.8	76.6	242
BOD, mg/l	170	250	170	196.7	9.8	140	34	54	64	250	17	81.3
Settleable Solids, ml/l	0.5	2.0	Trace	0.83	Trace	Trace	Trace	0.1	Trace	0.1	Trace	Trace-0.1
SS, mg/l	111	161	87.33	119.8	19	49	16.7	25	36	158.67	8.8	44.74
TS, mg/l	680	624	788	697.3	330	616	624	476	534	556	190	475
TVS, mg/l	264	208	238	236.7	70	232	142	122	250	262	-	179.7
Total-N, mg/l	39.0180	41.1180	51.8980	44.01	4.6667	33.88	38.08	26.04	22.9267	24.64	9.1467	22.77
PO_4^{-3}-P, mg/l	1.3	1.9	2.05	1.75	0.7	2.17	1.95	1.4	1.25	1.7	0.85	1.43
Faecal Coliform, MPN/100 ml.	$11x10^6$	$2.4x10^6$	$4.6x10^6$	$6x10^6$	$0.75x10^6$	$1.5x10^6$	$1.1x10^6$	$1.1x10^6$	$4.6x10^6$	$11x10^6$	$1x10^6$	$3x10^6$

ที่มา : รายงานเรื่อง การจัดทำแผนควบคุมคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กันยายน 2524

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำใช้จากชุมชนประเภทต่าง ๆ แบ่งตามลักษณะการใช้ที่ดิน

ลักษณะการใช้ที่ดิน	ปริมาณน้ำใช้ ลิตร/คน/วัน ปี พ.ศ.		
	2507	2525	2540
ที่พักอาศัย ความหนาแน่นสูง	40	70	100
ที่พักอาศัย ความหนาแน่นปานกลาง	200	260	340
ที่พักอาศัย ความหนาแน่นต่ำ	380	450	530
ประเภทอื่น ๆ	170	220	280
เฉลี่ย	170	220	280

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำทิ้ง = 0.85 X ปริมาณน้ำใช้

ที่มา : การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชน, เสริมพล รัตสุข, ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. น้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรม

น้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรมนี้จะเป็นแหล่งที่มาของน้ำทิ้งที่สำคัญ ที่นับว่ามีส่วนทำให้เกิดมลภาวะในแหล่งน้ำมากขึ้น ทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์มากมายหลายชนิด ซึ่งมีลักษณะสมบัติ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 เพราะนอกจากจะมีปริมาณสูงแล้วยังมีสิ่งเจือปนที่สกปรกและเป็นพิษปะปนอยู่หลายชนิดแล้วแต่ประเภทของอุตสาหกรรม เช่น โรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหาร โรงงานฆ่าสัตว์ น้ำทิ้งของโรงงานประเภทนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ ซึ่งอาจทำให้เกิดการเน่าเสียได้เช่นเดียวกับน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518; Phelps และ Velz, 1933)

น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นน้ำทิ้งที่มาจากกระบวนการต่าง ๆ ในโรงงาน แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำทิ้งเหล่านี้เกิดจากการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิต เช่น จากการย้อมสีผ้า การชุบโลหะ เป็นต้น

น้ำล้าง ได้แก่ น้ำที่เกิดจากการล้างวัตถุดิบ อาคารโรงงาน และเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

น้ำหล่อเย็น ได้แก่ น้ำที่เกิดจากการระบายความร้อนของเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ น้ำทิ้งประเภทนี้จะไม่สกปรก แต่จะมีอุณหภูมิสูง ซึ่งถ้าปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ทำการลดอุณหภูมิเสียก่อน จะทำให้มีปัญหาต่อแหล่งน้ำนั้น

น้ำทิ้งจากกิจกรรมอื่น ๆ เช่น น้ำทิ้งจากหม้อน้ำ คอนเดนเซอร์ เป็นต้น

และในปัจจุบันนี้ปัญหามลภาวะทางน้ำ มักมีสาเหตุมาจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ระบายลงตามแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลองต่าง ๆ และทำให้แหล่งน้ำเหล่านี้เสื่อมคุณภาพลงจนถึงกับเน่าเสียส่งกลิ่นเน่าเหม็น อันเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ทำให้ไม่สามารถดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ได้ตามธรรมชาติ อีกทั้งก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนอีกด้วย

3. น้ำทิ้งจากแหล่งเกษตรกรรม

น้ำทิ้งจากแหล่งนี้เป็นน้ำทิ้งที่ไม่มีแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (Non-point Source) ซึ่งเกิดจากการวิวัฒนาการในด้านการเกษตร ทั้งนี้ เพราะการเกษตรกรรมนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับ

ตารางที่ 2.3 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท

ประเภทของโรงงาน	pH	Suspended Solids mg/l	BOD_5 mg/l	COD mg/l	Total N mg/l	Total PO_4 mg/l
โรงงานน้ำอัดลม	2.4	-	71,200	-	-	-
โรงแป้งมันสำปะหลัง	3.8	-	6,550	10,919	-	26.6 - 375
โรงงานสุรา	2.3 - 5.5	5,240-23,833	17,500-45,000	56,971-193,600	398.2161	-
โรงงานทอผ้า, ย้อมผ้า	7.14	356	5,700	16,569	-	-
โรงงานกระดาษ	9.40	900	752	2,267	1.5	-
โรงงานไอสครีม	7.3 - 7.6	28	2,988	4,769	0.1	13.1
โรงงานสับปะรดกระป๋อง	-	300	1,685-3,453	-	-	-
โรงงานบะหมี่สำเร็จรูป	6.75	1,188	2,775	6,425	-	4.5
โรงงานประกอบรถยนต์	7.50	463	26	337	-	15.25
โรงงานเนย	7.2 - 8.9	172 - 183	214 - 321	596 - 650	-	1.075

ที่มา : เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518

- ไม่มีข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้น้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากการชลประทาน และเกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีต่าง ๆ เพื่อเพิ่ม ผลผลิตของพืช เช่น การใช้ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เพื่อเป็นธาตุอาหาร ของพืช รวมทั้งการใช้ยาปราบศัตรูพืช ซึ่งการใช้สารประกอบเหล่านี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะ ยาปราบศัตรูพืชที่ถูกฉีดลงไปในไร่และนานั้น มีบางส่วนจะติดตามใบ บางส่วนตกลงไปบนพื้นดิน เมื่อฝนตกก็จะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ สาร ประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก็เช่นเดียวกัน เมื่อมีการถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ จะทำให้แหล่ง น้ำนั้นมีธาตุอาหารมากเกินไป ทำให้เกิดการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วของสาหร่ายสีเขียว และก่อให้ เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ เรียกว่า Eutrophication (Cooke และ Williams, 1973) และเมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายไป จะไปเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ ทำให้แหล่งน้ำนั้นสกปรก เน่าเสีย ซึ่งมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยบางชนิด เช่น ปุ๋ยไนเตรท ก็อาจจะมีผลกระทบต่อผู้บริโภคได้ น้ำที่มีไนเตรทสูงกว่า 40 ส่วนในล้านส่วนจะมี อันตรายต่อทารก (Nemerow, 1974) Williams (1971) ได้ศึกษาและชี้ให้เห็นว่าธาตุอาหาร ที่สำคัญ เช่น ไนเตรทและฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำนั้นมาจากพื้นที่เกษตรกรรม Moe (1968) ได้รายงานว่า ปัญหามลภาวะต่อแหล่งน้ำอันเนื่องจากปริมาณไนเตรทที่สูงนั้น มาจากการที่ฝน ได้ชะล้างพื้นที่เกษตรกรรมลงสู่แหล่งน้ำ และ Loehr (1974) ได้กล่าวว่าสารอินทรีย์ในรูป บีโอดีจะถูกชะล้างจากแหล่งเกษตรกรรมลงสู่แหล่งน้ำปีละ 7 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์

ดัชนีคุณภาพน้ำ

ในการศึกษาถึงผลกระทบของปริมาณสารอินทรีย์ต่อคุณภาพน้ำ การประเมินสภาวะ ของแหล่งน้ำที่ต้องการศึกษา ดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญและนำมาใช้ในการศึกษา มีดังต่อไปนี้คือ

1. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง ทั้งนี้เพราะถ้าในแหล่งน้ำมีอุณหภูมิสูงเกินไป ย่อมก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ และยังมีผลให้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงอีกด้วย Churchill (1961) ได้ทำการศึกษาถึงความ สัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำ และสรุปได้ว่า ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนจะสามารถละลายน้ำได้ลดลง เช่น ที่อุณหภูมิ 5 °C ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย

น้ำจะสูงถึง 12.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่อุณหภูมิ 30° C ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมีเพียง 7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 ที่ได้แสดงให้เห็นถึงค่าของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ

นอกจากนี้ อุณหภูมิยังมีผลต่อค่าบีโอดี (BOD) อีกด้วย จากการศึกษาของ Fair (1944) พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์เร็วขึ้นด้วย ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการดังนี้

$$\frac{k_1}{k_2} = \theta^{(T_1 - T_2)}$$

เมื่อ

k_1, k_2 = อัตราความเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ T_1 และ T_2 ตามลำดับ

T_1, T_2 = อุณหภูมิ, °C

θ = สัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.047

จากสมการทางคณิตศาสตร์ หมายความว่า อัตราความเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น 4.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 1°C ทั้งนี้ เพราะจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น อีกทั้งการสัมผัสระหว่างโมเลกุลต่าง ๆ จะดียิ่งขึ้นด้วย ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2.5

2. <u>บีโอดี</u> (Biochemical Oxygen Demand)

ค่าบีโอดี หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ในช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่กำหนดให้ โดยทั่วไปแล้วในห้องปฏิบัติการ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่กำหนดให้จะเป็น เวลา 5 วัน และ อุณหภูมิ 20° C ซึ่งอุณหภูมินี้จะใกล้เคียงกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำทั่วไปตามธรรมชาติ และจุลินทรีย์ชนิด Nitrifying bacteria สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมินี้ และระยะเวลา 5 วันจะเป็นเวลาที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์

ตารางที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ

อุณหภูมิ °C	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
30	7.44
25	8.18
20	9.02
15	10.03
10	11.27
5	12.79

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของปฏิกิริยาของ BOD_5

เวลา (วัน)	อุณหภูมิ °C			
	10	14	20	28
0.5	0.08	0.106	0.16	0.26
1	0.15	0.20	0.30	0.48
2	0.29	0.38	0.54	0.81
3	0.42	0.53	0.73	1.06
4	0.51	0.64	0.87	1.25
5	0.60	0.76	1.00	1.38
10	0.91	1.07	1.33	1.65
20	1.12	1.26	1.46	1.71

ที่มา : Scientific Stream Pollution Analysis, Nemerow, 1974

015688

ค่าบีโอดีนี้ยังใช้เป็นค่าที่ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำว่า แหล่งน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนมากน้อยเพียงใด โดยดูจากค่าบีโอดีที่หาได้ ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1-8 ppm ในแหล่งน้ำทั่วไป Streeter และ Phelps (1944) ได้ให้รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของบีโอดีไว้ดังสมการข้างล่างนี้ โดยให้ k_1 เป็นสัดส่วนของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่จากปฏิกิริยาและสามารถวัดอยู่ในรูปของ Oxidizability

$$\int_{L}^{Lt} \frac{dL}{dt} = KL \quad \text{or} \quad \frac{dL}{dt} = -KL$$

อินตริเกรตต่อไปจะได้

$$\text{Log}_e \frac{Lt}{L} = -Kt$$

เมื่อให้ $k\log_{10} = 0.434\ K\log_e$ จะได้

$$\text{Log}_{10} \frac{Lt}{L} = -0.434\ Kt = -kt$$

และ $e^{-Kt} = 10^{-kt}$

$$\frac{Lt}{L} = 10^{-kt}$$

k = เป็นค่าคงที่แปรผันตามอุณหภูมิของน้ำ, ชนิดของแบคทีเรียและสารอินทรีย์ในน้ำ

L = oxidizability ที่เวลาเท่ากับ o (ศูนย์)

Lt = เป็นค่าปริมาณ oxygen ที่เหลืออยู่เมื่อเวลา t

Lt/L = จะเป็นค่า fraction remaining

ถ้าในเวลา t วัน ที่ 20°C จะพบว่าค่าของ k จะมีค่าเท่ากับ 0.1 สำหรับน้ำทิ้งจากชุมชนโดยทั่วไปแล้ว $10^{-0.1}$ จะเท่ากับ 0.794 นอกจากนี้ Streeter และ Phelps ยังเขียนสมการของบีโอดี สามารถแสดงอยู่ในรูปความเข้มข้นของสารอินทรีย์ดังนี้

$$\frac{-dC}{dt} = K' C$$

เมื่อ

C เป็นค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์, มิลลิกรัมต่อลิตร, กิโลกรัมต่อวัน

t เป็นระยะเวลา, วัน

ถ้าให้ L เป็นความเข้มข้นของสารอินทรีย์เริ่มต้น, ค่าบีโอดีเริ่มต้น

y เป็นค่าบีโอดีที่เวลา t จะได้

$$\frac{d(L - y)}{dt} = -K'(L - y)$$

$$\frac{d(L - y)}{L - y} = -K' dt$$

อินทริเกรทต่อไปจะได้

$$\int_{y=o}^{y=y} \frac{d(L - y)}{L - y} = \int_{t=o}^{t=t} -K' dt$$

$$\ln \frac{L - y}{L} = -K' dt$$

หรือ

$$\frac{L - y}{L} = e^{-K' t}$$

หรือ

$$L - y = L e^{-K' t}$$

$$y = L - Le^{-K' t} = L(1 - e^{-Kt})$$

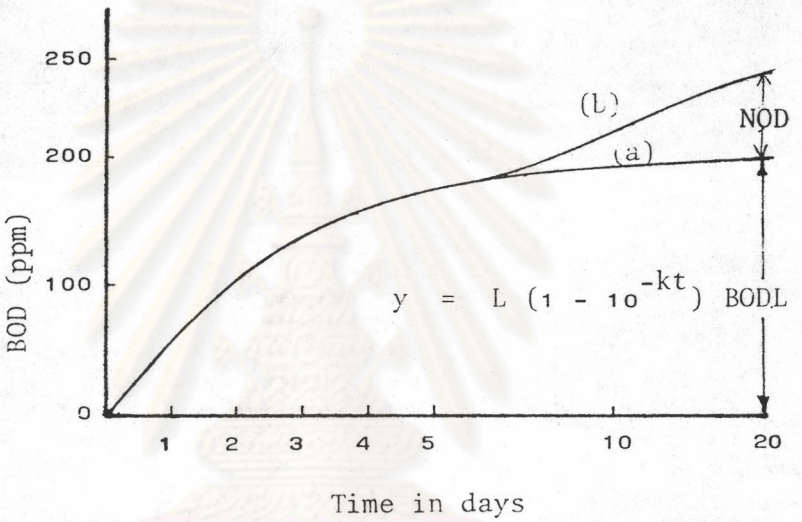
$$y = L(1 - e^{-K' t})$$

เมื่อ $e^{-K' t} = 10^{-k' t}$ แล้ว $y = L(1 - 10^{-kt})$

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง บีโอดี (BOD) และระยะเวลาของปฏิกิริยา 20 วัน ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาการเกิด BOD จากสารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน ที่สัมพันธ์กับเวลา



a = Normal curve for oxidation of organic matter (Carbonecous demand)

b = Influence of Nitrification (Carbonecous plus Nitrification)

ที่มา : Nemerow (1974), Scientific Stream Pollution Analysis.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าบีโอดี (BOD) นี้ สามารถบอกให้ทราบถึงความสกปรกของแหล่งน้ำได้ ดังนั้น บีโอดีจึงเป็นค่าที่มีความสำคัญในการประเมินสถานภาพของแหล่งน้ำนั้น ว่าได้รับความปนเปื้อนมากน้อยเพียงใด และนอกจากนี้ ค่าบีโอดียังสามารถนำมาใช้เป็นค่าพื้นฐานคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและประเมินประสิทธิภาพของระบบได้อีกด้วย

3. ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

ค่าของออกซิเจนที่ละลายน้ำนี้เป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาผลกระทบของปริมาณมลสารต่อคุณภาพน้ำ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบสภาพของแหล่งน้ำที่แท้จริงในขณะนั้นได้ อีกทั้งใช้คาดคะเนคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเมื่อมีการทิ้งความเน่าเสียหรือคาดคะเนถึงผลกระทบจากแหล่งอุตสาหกรรม เมื่อมีการตั้งโรงงานใหม่ ๆ บริเวณใกล้ ๆ กับแม่น้ำนั้น และจำเป็นจะต้องวิเคราะห์หาค่าบีโอดีควบคู่กันไปด้วย

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายในน้ำได้น้อยมาก สามารถละลายในน้ำได้มากที่สุดเพียง 14.65 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ $0^{\circ}C$ และ 7.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ $30^{\circ}C$ ที่ความดันบรรยากาศ (Churchill et al. 1961) การละลายของออกซิเจนในน้ำจะต้องขึ้นกับองค์ประกอบดังต่อไปนี้คือ

1. เป็นปฏิภาคกลับกับอุณหภูมิ ถ้าแหล่งน้ำมีอุณหภูมิสูง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมีค่าสูงขึ้น

2. เป็นปฏิภาคตรงกับความดันบรรยากาศ นั่นคือถ้าแหล่งน้ำมีความดันบรรยากาศสูง การละลายตัวของออกซิเจนในน้ำจะละลายได้มากขึ้น แต่ที่บรรยากาศต่ำ ๆ ออกซิเจนที่ละลายน้ำจะละลายได้น้อยลง

3. เป็นปฏิภาคกลับกับความเข้มข้นของเกลือแร่ต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ถ้าแหล่งน้ำมีการละลายตัวของเกลือแร่ต่าง ๆ มีปริมาณสูง จะเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนสามารถละลายลงสู่แหล่งน้ำได้น้อยลงด้วย

ประโยชน์ของการหาค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ เพราะนอกจากจะบอกให้ทราบว่าแหล่งน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำแล้ว ยังสามารถบอกให้ทราบว่าแนวทางเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำนั้นว่าจะเกิดขึ้นเป็นในรูปแบบใด จุลินทรีย์

จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ เกิดปฏิกิริยาเป็นไปในแบบที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Oxidation) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Oxidation) ทั้งนี้เพราะถ้าปฏิกิริยาเป็นแบบใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์จะออกซิไดซ์สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เกิดเป็นผลิตผลที่ไม่เป็นอันตราย แต่ถ้าปฏิกิริยาเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนแล้ว จะเกิดเป็นผลผลิตที่มีสารซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ ทำให้เกิดมีกลิ่นเหม็น ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำนี้จะเป็นตัวที่ช่วยรักษาสถานภาพของแหล่งน้ำไว้ได้ มิให้เกิดการเน่าเหม็น และสัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

นอกจากนี้ ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ยังใช้ในการเป็นพื้นฐานของค่าบีโอดี เพื่อหาความสกปรกของน้ำเสีย และอัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์ทางชีววิทยา โดยจะทำการวิเคราะห์หาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ที่เหลืออยู่ ณ เวลาต่าง ๆ กัน และยังใช้ค่าของออกซิเจนที่ละลายในน้ำนี้ ในการควบคุมการเติมปริมาณของออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย

<u>ความสมดุลย์ของปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ</u>

ในแหล่งน้ำใด ๆ การเกิดสมดุลย์ของปริมาณออกซิเจนได้นั้น มักจะเกิดจากกระบวนการ 2 ประเภท คือ กระบวนการที่ใช้ออกซิเจนจากแหล่งน้ำ และกระบวนการที่จะให้ปริมาณออกซิเจนแก่แหล่งน้ำนั้น แต่ทั้งนี้การที่แหล่งน้ำนั้นจะเกิดการสมดุลย์ขึ้นได้หรือไม่ ต้องขึ้นอยู่ว่ากระบวนการทั้งสองนี้เกิดขึ้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรายละเอียดนี้คือ

<u>กระบวนการที่ใช้ออกซิเจนจากแหล่งน้ำเกิดจาก</u>

1. สารอินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ สัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์สามารถเขียนอยู่ในรูป k_1 ตามสมการ (1) (Streeter และ Phelps, 1925)

$$k_1 = \frac{1}{\Delta t} \log \frac{La}{Lb} \qquad (1)$$

เมื่อ

k_1 = สัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์, วัน$^{-1}$

La = Ultimate BOD ที่จุดระบายน้ำทิ้ง a, มิลลิกรัมต่อลิตร

Lb = Ultimate BOD ที่จุด b, มิลลิกรัมต่อลิตร

ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์นี้ จะเท่ากับสัดส่วนของค่า log ของค่า Ultimate BOD ที่จุด a ต่อค่า Ultimate BOD ที่จุด b ที่เวลา t ขณะที่อุณหภูมิคงที่ และสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์นี้จะเริ่มลดลงตามระยะทางที่กระแสน้ำไหลจากจุดที่ได้รับสารอินทรีย์ ทั้งนี้เพราะความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์มีค่าลดลง

2. สารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ใต้ท้องน้ำ ถูกย่อยสลายอย่างช้า ๆ แบบวิธีแอนแอโรบิค โดยจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ภายใต้ท้องน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำนั้นมีค่าลดลง (Fair & Moore, 1941) นอกจากนี้ Lardieri (1954) ได้ศึกษาการย่อยสลายตะกอนสะสมของโรงงานกระดาษและพบว่า การย่อยสลายแบบนี้จะใช้ออกซิเจนน้อยกว่าแบบแอโรบิค แต่ถ้ากระแสน้ำมีการไหลวน จะทำให้การย่อยสลายเปลี่ยนเป็นแบบแอโรบิค ทำให้เพิ่มการใช้ปริมาณออกซิเจนและมีผลต่อ k_1 ของแหล่งน้ำนั้น

3. สารอินทรีย์ใต้ท้องน้ำที่เกิดจากพืชน้ำตายลง เนื่องจากขาดแสงสว่างหรืออากาศเย็น ได้แก่ แอลจี การย่อยสลายแบบนี้จะเป็นแบบแอนแอโรบิคเช่นเดียวกัน แต่ปฏิกิริยาการย่อยสลายนี้ไม่เพียงแต่จะใช้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำแล้ว ยังจะให้สารอนินทรีย์ออกมาอีกด้วย เช่น ไนเตรท (Nitrate) และฟอสเฟต (Phosphate) ซึ่งเป็นสารอาหารของพืชน้ำอีกด้วย และถ้ามีปริมาณสูงมาก จะมีผลทำให้แหล่งน้ำนั้นเกิดปัญหา Eutrophication

4. อุณหภูมิของแหล่งน้ำสูงขึ้น จนเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าลดลง ดังจะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 15°C แหล่งน้ำจะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 10.03 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ที่อุณหภูมิ 25 °C แหล่งน้ำจะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเพียง 8.18 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.4)

5. ปลาและสิ่งมีชีวิตในน้ำใช้ในการหายใจ ถึงแม้ว่าในบางกรณีที่พบว่าปลาใช้ปริมาณออกซิเจนในการหายใจไม่มากนัก ซึ่งอัตราการเกิดเมตาบอลิซึมที่วัดจากปริมาณออกซิเจนที่ใช้ต่อหน่วยน้ำหนัก จะแตกต่างกันไปในสัตว์แต่ละชนิด โดยปกติแล้ว อัตราการหายใจจะขึ้นกับพื้นผิวหน้าของสิ่งมีชีวิตมากกว่าน้ำหนัก เช่น สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการเกิดเมตาบอลิซึมมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่กว่า (Heilbrunn, 1955) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าถึงแม้ปลาจะเป็นสัตว์เลือดเย็น ที่อุณหภูมิปกติ อัตราการเกิดเมตาบอลิซึมจะไม่น้อยกว่าสัตว์

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปโดยปลา สัตว์น้ำ และสัตว์บกบางชนิด

ประเภทสัตว์น้ำ	ปริมาณการใช้ออกซิเจนต่อน้ำหนักตัวของสัตว์น้ำ (ลบ.ซม./กรัม/ชม.)	สัตว์บก	ปริมาณการใช้ออกซิเจนต่อน้ำหนักตัวของสัตว์บก (ลบ.ซม./กรัม/ชม.)
Jelly fish	.0034 - .005	Sparrow	6.7
Starfish	.03	Horse	.25
Leech	.023	Sheep	.34
Mussel	.0549	Dog	.83
Crayfish	.04		
Butterfly fish	.6		
Eel	.04		
Goldfish	.07		
Trout	.22		

ที่มา : Nemerow (1974), Scientific Stream Pollution Analysis

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลือดอุ่นเท่าใดนัก Drinker (1954) ได้รายงานว่า อัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีกิจกรรมมากขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่มนุษย์ใช้หายใจในขณะนอนหลับพักผ่อนวัดได้ 1.6-3.3 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมต่อลิตร และ Haskell, Davis และ Keckahn (1960) ได้ศึกษาพบว่า 1.7 ปอนด์ของบีโอดีที่พบในแหล่งน้ำจะมาจากของเสียที่มาจากปลาถึง 1,000 ปอนด์ต่อวัน และใช้ออกซิเจนที่ละลายน้ำวันละ 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. ความเค็ม มักจะเป็นสาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งในการลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแหล่งน้ำนั้น ดังเช่นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลให้ความเข้มข้นของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงจาก 8.18 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือเพียง 7.50 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงถึง 8 เปอร์เซนต์ของความเข้มข้นอิ่มตัว ที่อุณหภูมิ 25°C (Nemerow, 1974)

<u>กระบวนการเติมปริมาณออกซิเจนลงในแหล่งน้ำจะเกิดขึ้นจากกระบวนการดังต่อไปนี้</u>

1. รีแอเรชัน (Reaeration) สัมประสิทธิ์ของการเติมปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ไปในแหล่งน้ำนั้น การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ (k_2) สามารถคำนวณได้จากสมการ (2) (Streeter และ Phelps, 1925)

$$k_2 = k_1 \frac{\bar{L}}{\bar{D}} - \frac{\Delta D}{2.3 \Delta t \bar{D}} \qquad (2)$$

เมื่อ

k_1 = สัมประสิทธิ์การย่อยสารอินทรีย์, วัน$^{-1}$

k = สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ, วัน$^{-1}$

$\bar{L}, \bar{D}$ = ค่าเฉลี่ยของ BOD และออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างต้นน้ำและท้ายน้ำตามลำดับ, มิลลิกรัมต่อลิตร

ΔD = ผลต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำระหว่างต้นน้ำและท้ายน้ำ, มิลลิกรัมต่อลิตร

Δt = ผลต่างของเวลาระหว่างต้นน้ำและท้ายน้ำ, วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ Streeter (1925) ได้ทำการศึกษาหาค่า k_2 จากความสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ เช่น ความเร็วของกระแสน้ำ ความลึก ความชันของลำน้ำ และอื่น ๆ ดังนั้นจะได้รูปแบบของสมการทั่วไปดังนี้

$$k_2 = \frac{CV^n}{H^2}$$

เมื่อ

k_2 = สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ, วัน$^{-1}$

n = ค่าคงที่ของลำน้ำขึ้นกับความชัน

C = ค่าคงที่ของลำน้ำขึ้นกับความลาดเอียง

V = ความเร็วของกระแสน้ำตามแนวนอนของลำน้ำ, เมตรต่อวินาที

H = ความลึกของแหล่งน้ำ, เมตร

D_2 = สัมประสิทธิ์การกระจายตัวของโมเลกุลบริเวณผิวน้ำ (Coefficient of Molecular diffusion), ตารางเมตรต่อวัน

ต่อมา O' Connor และ Dobbins (1956) ได้นำรูปแบบนี้มาปรับปรุงเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น จากสมการ (3) จะเป็นดังนี้

$$k_2 = \frac{D_2 V^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{2}}} \qquad (4)$$

และ Churchill (1961) ได้นำสมการ (4) มาเขียนใหม่เพื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และนำไปใช้ศึกษาควบคุมแหล่งน้ำที่อยู่บริเวณใต้เขื่อนของ Tennessee Valley มิให้เกิดความเน่าเสียขึ้น สมการจะอยู่ในรูป

$$k_2 = 5.026 \frac{V^{0.969}}{H^{1.673}}$$

จากการศึกษาของ Hunter, Carroll และ Staves (1981) พบว่า การหาค่า k_2 โดยวิธีประเมินคุณภาพน้ำจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Velz โดยใช้ความสัมพันธ์จากลักษณะทางกายภาพ คือ ความเร็วของกระแสน้ำและความลึกของลำน้ำ Cow Creek และ East Cache Creek นั้น จะได้ค่าที่มีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2. การสังเคราะห์แสงของพืชสีเขียวในแหล่งน้ำ มีผลทำให้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มสูงขึ้น จากการศึกษาของ Nemerow (1974) พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิด Microcystis aeruginasa จะให้ออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ 62.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อชั่วโมง และกล่าวว่า Odum (1959) พบว่าอัตราการให้ออกซิเจนของแอลจีจะสูงถึง 60 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในขณะที่เกิด Algal bloom และ 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในขณะที่แอลจีต่ำสุด Oswald และ Gotaas (1956) ได้รายงานต่อไปว่า แอลจี 1 ปอนด์ จะให้ออกซิเจน 1.6 ปอนด์ในสภาพปกติ และ 96 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันในขณะเกิด Algal bloom แต่ปริมาณของออกซิเจนจะถูกใช้ไปในเวลากลางคืนโดยการหายใจ และอาจมีบางส่วนระเหยไปสู่บรรยากาศ จึงอาจเป็นสาเหตุให้แหล่งน้ำนั้นเกิดความขาดแคลนออกซิเจนในเวลากลางคืนได้

3. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิของแหล่งน้ำลดลงจะมีผลทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมักจะเกิดในเวลากลางคืน หรือในฤดูหนาวที่มีอากาศหนาวเย็น

4. การเจือจางโดยแหล่งน้ำธรรมชาติจะเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนแก่แหล่งน้ำ และยังเป็นการช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำอีกด้วย

<u>แบบจำลองทางคณิตศาสตร์</u>

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ช่วยในการประเมินและคาดการณ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้างในแต่ละจุดของลำน้ำ เมื่อมีการทิ้งความเน่าเสีย (BOD Loading) ลงไป โดยนำเอาดัชนีคุณภาพน้ำ เช่น ความเข้มข้นของบีโอดี ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำ และปริมาณของมลสารอื่น ๆ มาพิจารณาและประเมินผลในการควบคุมและจัดการคุณภาพแหล่งน้ำนั้น (Loucks, 1981) Haggard และ Krunkel (1984) ได้กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมานี้ก็ด้วยเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อแม่น้ำได้รับน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ในปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงของแม่น้ำ

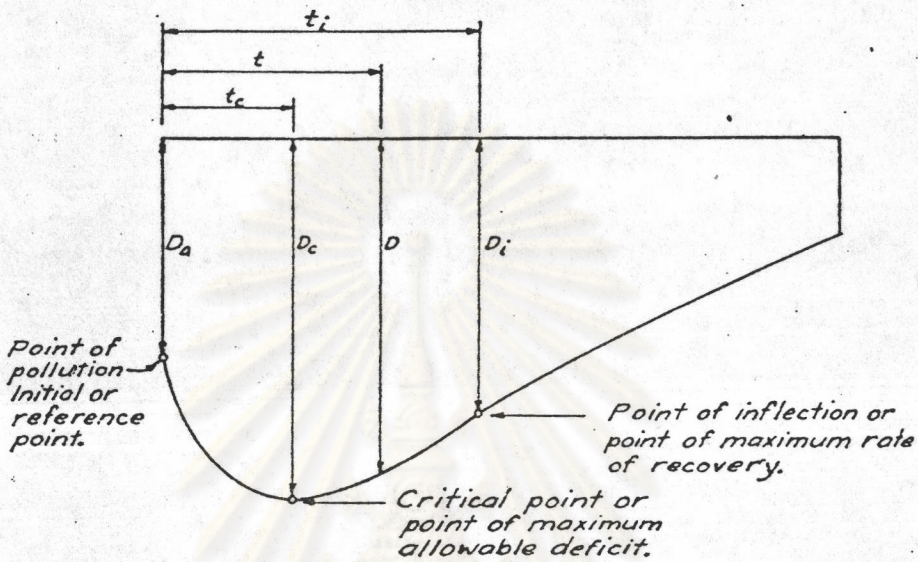
2. เพื่อใช้ในการทำนายผลของคุณภาพน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว และไม่ทำให้คุณภาพของแม่น้ำต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด เมื่อมีการทิ้งน้ำเสียลงไป

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีหลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของลำน้ำแต่ละแห่ง ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นต่อแหล่งน้ำนั้น รวมทั้งจุดมุ่งหมายของ

การศึกษาเพื่อใช้กำหนดแผนงานการจัดการควบคุมแหล่งน้ำนั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นิยมใช้กันมาก และเป็นพื้นฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้คือ BOD-DO Model ของ Streeter และ Phelps (Loucks et al. 1981) ซึ่งสามารถอธิบายในรูปของ First Order Reaction ของการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากขบวนการออกซิเดชั่นของแบคทีเรีย ต่อมาได้มีผู้สนใจศึกษาหาตัวแปรและสมการทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากสลับซับซ้อนขึ้น มีการใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดมากขึ้น เพื่อใช้ประเมินทั้งทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา รวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจพบได้ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติทั่วไป การคำนวณจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการแปลผล เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรดัชนีคุณภาพน้ำในแม่น้ำ เช่น ปริมาณของสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำ และคุณภาพแม่น้ำในขณะนั้น นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดวิธีการที่จะลดปริมาณของเสียที่จะปล่อยลงสู่แม่น้ำ หรือทำให้แม่น้ำมีความสามารถที่จะรองรับปริมาณของเสียได้เพิ่มขึ้น ในปัจจุบันนี้การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีแนวโน้มที่จะใช้ Nomograph มาช่วยในการคำนวณเพื่อให้เกิดความสะดวก ประหยัดเวลา โดยไม่ต้องนำสมการทางคณิตศาสตร์มาใช้ให้ยุ่งยาก

ดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญและนำมาใช้ในการศึกษาในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินผลกระทบจากการทิ้งความเน่าเสีย (BOD) ต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำ คือ ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยการศึกษาตลอดทั้งลำน้ำ ซึ่งอาจจะได้ค่าของ Dissolved Oxygen Profile เพียงค่าเดียวหรือหลายค่าก็ได้ ในแต่ละ Profile จะเป็นค่าของ Dissolved Oxygen Sag Curve นอกจากนี้ Fair (1939) ได้ทำการศึกษาและให้รูปแบบของ Oxygen Sag Curve เป็นรูป Spoon Shape ในขณะที่มีการทิ้งความเน่าเสียของสารอินทรีย์ในรูป BOD ลงสู่แม่น้ำ สิ่งโสโครกนี้ก็จะเริ่มสลายตัว และมีการใช้ออกซิเจนในแหล่งน้ำนั้น จนเป็นผลให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง ดังรูป 2.3

รูปที่ 2.3 รูปแบบทั่วไปของ Dissolved Oxygen Sag Curve



Sag Curve นี้ได้ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดย Streeter-Phelps และคณะใน US. Public Health Service ในปี 1925

เมื่อ

Da = ความขาดแคลนออกซิเจนที่บริเวณต้นน้ำ, มิลลิกรัมต่อลิตร

D = ความขาดแคลนออกซิเจนที่เวลา t, มิลลิกรัมต่อลิตร

Dc = ความขาดแคลนออกซิเจนที่เวลาวิกฤต tc, มิลลิกรัมต่อลิตร

Di = ความขาดแคลนออกซิเจนที่จุด inflection, มิลลิกรัมต่อลิตร

La = ปริมาณสารอินทรีย์ในรูป BOD ที่บริเวณต้นน้ำ, มิลลิกรัมต่อลิตร

Lc = ปริมาณสารอินทรีย์ในรูป BOD ที่จุดวิกฤต, มิลลิกรัมต่อลิตร

X = ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่เวลา t

L = (La - X) = ปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ ที่ถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เวลา t

$k_1 \log_{10}$ = 0.4343 $K_1 \log_e$ = สัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์, วัน$^{-1}$

tc = เวลาวิกฤต, วัน

$k_2 \log_{10}$ = $0.4343 K_2 \log e$ = สัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ, วัน$^{-1}$

$f = \frac{k_2}{k_1} = \frac{K_2}{K_1}$ = อัตราส่วนระหว่างสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์และสัมประสิทธิ์การเติมออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ

S = ความเข้มข้นอิ่มตัวของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่อุณหภูมิ t

จาก Dissolved Oxygen Sag Curve นี้ มีจุดที่ควรนำมาพิจารณา 2 จุด คือ

1. จุดที่มีความขาดแคลนออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงสุดของลำน้ำหรือจุดวิกฤติ (Maximum Dissolved Oxygen Profile or Critical Point)

2. จุดที่มีอัตราการฟื้นคืนสภาพได้สูงสุด (Point of Maximum Recovery or Point of Inflection)

รูปแบบทั่วไปของสมการทางคณิตศาสตร์ของ BOD-DO Model

สำหรับการใช้รูปแบบทั่วไป ในการศึกษาสภาพมลภาวะของแม่น้ำที่มีปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ Streeter และ Phelps (1925) ได้ทำการศึกษาและพบว่าอัตราสุทธิของการขาดแคลนออกซิเจน (D) ที่เวลาใด ๆ จะเท่ากับผลต่างระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจน และการรับออกซิเจนในแหล่งน้ำนั้น ดังสมการ

$$\frac{dD}{dt} = K_1 L - K_2 D \qquad (a)$$

อินทริเกรทสมการ (a) จะได้

$$D = \frac{K_1 La}{K_2 - K_1}(e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + Da.e^{-K_2 t} \qquad (b)$$

หรือ

$$D = \frac{k_1 La}{k_2 - k_1}(10^{-k_1 t} - 10^{-k_2 t}) + Da.10^{-k_2 t} \qquad (c)$$

หรืออาจเขียนในรูปของ factor f ดังนี้

$$D = \frac{La}{f-1}.10^{-k_1 t}\left\{1 - 10^{-(f-1)k_1 t\left[1-(f-1)\frac{Da}{La}\right]}\right\} \qquad (d)$$

ถ้าให้ $f = 1$, $k_2 = k_1$ จากสมการที่ (b) ถึง (d) ได้สมการ (1d) ดังนี้

$$D = (2.303 k_1 t . La + Da) . 10^{-k_1 t} \quad \text{เมื่อ } f = 1 \qquad (1d)$$

จุดที่มีความขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดหรือจุดวิกฤติ (Maximum Deficit or Critical Point) ที่เวลา tc และ Dc จะสามารถแสดงได้ในสมการ (a')

$$\frac{dD}{dt} = \frac{La}{f-1} (-K_1 e^{-K_1 t} + K_2 \cdot e^{-K_2 t}) - K_2 . Da . e^{-K_2 t} \qquad (a')$$

ที่เวลา tc สมการ (a) จะเท่ากับศูนย์ และหารด้วย factor $\frac{La}{f-1}(-K_1 e^{-K_1 t})$ จะได้สมการ (b') ดังนี้

$$e^{(K_2 - K_1) tc} = f \left\{ 1 - (f-1) \frac{Da}{La} \right\} = 10^{(f-1) k_1 tc} \qquad (b')$$

และ

$$k_1 tc = \frac{1}{f-1} \cdot \log \left[f \left\{ 1 - (f-1) \frac{Da}{La} \right\} \right] \qquad (c')$$

และ ถ้า $f = 1$ สมการ (c') จะสามารถเขียนได้ตามสมการ (1c')

$$k_1 tc = 0.434 \left(1 - \frac{Da}{La}\right) \quad \text{เมื่อ } f = 1 \qquad (1c')$$

ในการหาความขาดแคลนออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงสุดหรือที่จุดวิกฤติ สามารถหาได้โดยแทนที่ด้วย $\frac{1}{f} = 10^{-(f-1) k_1 tc} \left\{ 1 - (f-1) \frac{Da}{La} \right\}$ จากสมการ (b') ลงในสมการ (d) จะได้ค่า Dc ดังนี้

$$Dc = \frac{La}{f} . 10^{-k_1 tc} \qquad (d')$$

ดังนั้น

$$Dc = \frac{1}{f}(La - Xc) \qquad (e')$$

เมื่อ $La.10^{-k_1 tc}$ คือค่าของ BOD ที่เหลืออยู่ในช่วงเวลา tc และจะเท่ากับ (La - Xc) เมื่อ Xc เป็นค่าของ BOD ที่ย่อยสลายไปในช่วงเวลานั้น

ค่าของ $k_2 tc$ จากสมการ (e') สามารถเขียนในรูปของสมการ log ดังนี้

$$\log Dc = \log \frac{La}{f} - k_1 tc \qquad (f')$$

และจากสมการ (a) เมื่อ $(K_1 L - K_2 D) = 0$ แล้ว

$$K_2 Dc = K_1 La.10^{-K_1 tc} \qquad \text{เมื่อ} \quad L = La.10^{-k_1 tc}$$

หรือ

$$Dc = \frac{La}{f}.10^{-k_1 tc}$$

จุดที่แม่น้ำฟื้นคืนสภาพได้สูงสุด (The Point of Maximum Rate of Recovery or the Point of Infection)

สามารถหาได้จาก Second derivative ของสมการ (b) ดังนี้

$$\frac{d^2D}{dt^2} = \frac{La}{f-1}(K_1^2.e^{-K_1 t} - K_2^2.e^{-K_2 t}) + K_2^2 Da.e^{-K_2 t} \qquad (a'')$$

และถ้าให้สมการ (a'') = 0 แล้วหารด้วย factor $\frac{La}{f-1}.K_1^2 e^{-K_1 t}$ จะได้

$$e^{(K_2-K_1)ti} = f^2\left\{1-(f-1)\frac{Da}{La}\right\} = 10^{(f-1)k_1 ti} \qquad (b'')$$

และ

$$k_1 ti = \frac{1}{f-1}\log\left[f^2\left\{1-(f-1)\frac{Da}{La}\right\}\right] \qquad (c'')$$

ถ้าให้ค่าของ f = 1 สมการ (c'') สามารถเขียนได้ดังนี้

$$k_1 ti = 0.4343(2 - \frac{Da}{La}) \text{ เมื่อ } f = 1 \qquad (1c'')$$

แทนที่ $\frac{1}{f^2} = 10^{-(f-1)k_1 ti}\left\{1 - (f-1)\frac{Da}{La}\right\}$ ในสมการ (d) แล้ว

$$Di = \frac{f+1}{f^2} La.10^{-k_1 ti} \qquad (d'')$$

และ

$$Di = \frac{f+1}{f^2}(La - Xi) \qquad (e'')$$

ค่า $k_1 ti$ จากสมการ (c'') สามารถแทนที่ในสมการ (d'') และเขียนอยู่ในรูปของสมการ log ได้ดังนี้

$$\log Di = \log \frac{f+1}{f^2}. La - k_1 ti \qquad (f'')$$

สำหรับการศึกษาและประเมินคุณภาพแหล่งน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในประเทศไทยนั้นยังนับว่ามีน้อยและยังไม่แพร่หลายนัก การศึกษาส่วนใหญ่จะอยู่ในต่างประเทศ การนำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการศึกษา และจัดการคุณภาพแหล่งน้ำจากรายงานของ The United Nation Conference on Human Settlements กล่าวว่าใช้ได้ผลดี สามารถประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังสามารถรักษามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำที่นับวันจะเริ่มเสื่อมโทรมลงไปได้ Biswas (1976) ได้รวบรวมผลการศึกษาวิจัยการจัดการคุณภาพแหล่งน้ำทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกา ที่ได้นำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษา และได้ประชุมกันที่ประเทศแคนาดา เมื่อปี 1976 โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะรักษาให้แหล่งน้ำมีความสะอาดและสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุดจนถึงปี 1990 ซึ่งสามารถสรุปผลงานวิจัยที่สำคัญได้ดังนี้

Biswas (1976) ได้ศึกษาและประเมินผลคุณภาพแม่น้ำ Saint John ในประเทศแคนาดา ซึ่งมีปัญหามลภาวะต่อแม่น้ำ ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมโทรมลงอันเนื่องมาจากจำนวนประชากรที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น และมีการขยายตัวทางอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้

แม่น้ำ Saint John ยังเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้ง โดยเฉพาะน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์ที่มาจากชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม อีกทั้งประเทศแคนาดายังไม่มีการจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน จึงเป็นเหตุให้ปริมาณสารอินทรีย์ สารอาหาร ตะกอน แขวนลอย สารเคมีที่เป็นพิษ และเชื้อโรคต่าง ๆ มีค่าสูง และจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแม่น้ำ Saint John พบว่า ปริมาณ BOD ในแหล่งน้ำมีค่าสูง ในขณะเดียวกันปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าต่ำ Biswas จึงได้นำเอา BOD-DO Model ของ Streeter และ Phelps มาใช้ในการจัดการควบคุมแก้ไขสถานการณ์ของแม่น้ำ Saint John และสรุปได้ว่า ถ้าแม่น้ำมีอัตราการไหลต่ำ แม่น้ำจะอยู่ในสถานการณ์ขั้นวิกฤต ทั้งนี้เพราะของเสียจากแหล่งต่าง ๆ จะทิ้งลงสู่แม่น้ำในปริมาณสูง และแม่น้ำไม่สามารถฟอกให้สะอาดด้วยตัวเองได้ (Self Purification) จึงทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง พร้อมทั้งได้ทำการคาดการณ์และวางแผนคุณภาพแม่น้ำไว้ล่วงหน้า เพื่อรักษาสภาพของแม่น้ำให้อยู่ในมาตรฐาน มีปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดทั้งลำน้ำ

ประเทศอังกฤษ Newsome (1976) ได้นำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้ศึกษาเพื่อจัดการควบคุมคุณภาพแม่น้ำ Trent ซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญและยาวเป็นอันดับสามของประเทศอังกฤษ มีความยาวถึง 274 กิโลเมตร โดยใช้ BOD-DO Model เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดของลำน้ำ เมื่อได้รับของเสียจากแหล่งต่าง ๆ อีกทั้งยังได้กำหนดวิธีการควบคุมให้แม่น้ำ Trent สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดทั้งในด้านอุปโภค บริโภค การอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม โดยทำการจำกัดปริมาณของเสียที่จะลงสู่แม่น้ำ เพื่อรักษาคุณภาพของแม่น้ำให้อยู่ในมาตรฐานจนถึงปี 2001

สำหรับในประเทศเบลเยียม Edeline (1976) ก็ได้ศึกษาและคาดการณ์คุณภาพน้ำของแม่น้ำ Sambre เช่นเดียวกับ Hahn และ Cembrowicz (1976) ได้ศึกษาคุณภาพแม่น้ำ Keckar ในประเทศเยอรมัน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Streeter และ Phelps โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อรักษามาตรฐานคุณภาพแม่น้ำเอาไว้

นอกจากนี้ ในปี 1981 Ishigawa, Tamai, Nakayama และ Amano ได้ใช้ BOD-DO Model ในการคาดการณ์และเปรียบเทียบสถานการณ์แม่น้ำ Tama ในประเทศญี่ปุ่นในปัจจุบัน กับผลที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยดูดัชนีคุณภาพน้ำที่

สำคัญคือ ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำ ผลการศึกษาปรากฏว่า ปริมาณของออกซิเจนที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและผลที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกัน

Pagee (1984) ได้ทำการประเมินผลคุณภาพแม่น้ำ Rhine ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนและอุตสาหกรรม ทำให้มีสารอาหารและสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำในปริมาณสูง จนเป็นเหตุให้เกิด Algal bloom อย่างรุนแรง และจากการศึกษาโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อลดปริมาณสารอาหารที่จะลงสู่แม่น้ำ และสามารถรักษาสถานการณ์คุณภาพแม่น้ำให้อยู่ในสภาพปกติได้ในแต่ละช่วงของแม่น้ำ

สำหรับในประเทศไทย แสงจันทร์ แซ่ลิ้ม (2527) ได้ศึกษาผลกระทบของน้ำทิ้งจากอาคารสูงต่อคุณภาพแหล่งน้ำ คือแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญที่สุดของประเทศ และสรุปได้ว่า จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Streeter และ Phelps พบว่าน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและไม่ผ่าน จะมีผลทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงจากเดิมตั้งแต่ 0.001-0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะทางต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (k_1) และสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ (k_2) และถ้าอาคารสูงมีจำนวนห้องเพิ่มมากขึ้น ภายหลังที่ปล่อยน้ำทิ้งจากอาคารสูงทั้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและไม่ผ่านลงสู่แหล่งน้ำ ค่าปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ ตามปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารสูงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น การป้องกันปัญหามลภาวะที่จะอาจเกิดขึ้น อาคารสูงจึงจำเป็นต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

<u>ประโยชน์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์</u>

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายนี้ สามารถสรุปประโยชน์ของการใช้เครื่องมือชนิดนี้ คือ

1. เพื่อจะได้ทราบถึงผลกระทบของน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีต่อคุณภาพน้ำ และสามารถคาดการณ์คุณภาพน้ำ เช่น ความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ หรือมลสารอื่น ๆ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้างในแต่ละจุดของลำน้ำ

2. เพื่อใช้หาปริมาณสูงสุดที่แหล่งน้ำสามารถรองรับน้ำทิ้งที่มีมลสารอินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ไว้ได้ โดยไม่ทำให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

3. เพื่อใช้หาราคาของการบำบัดน้ำเสียรวมต่ำสุด ที่ยังคงสามารถรักษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด เพื่อเป็นประโยชน์ในการกำหนด ชนิด ขนาด ของการบำบัดน้ำเสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย