เอกสารประกอบการสอนวิชา

104611

นิเวศวิทยาน้ำจืด (Freshwater Ecology)

เรียบเรียงโดย

ดร.พงศ์เทพ สุวรรณวารี

สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเรื่องน้ำ	1
1.1 โมเลกุลของน้ำ	1
1.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำ	2
1.3 วัฏจักรของน้ำ	3
บทที่ 2 คุณภาพน้ำผิวดิน	4
2.1 มลภาวะและสารมลพิษ	5
2.2 ความเข้มข้นของสารมลพิษและการนำเข้าของสารมลพิษ	5
2.3 ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษและการนำเข้าสารมลพิษ	5
2.4 ผลของระดับของสารมลพิษต่อคุณภาพของน้ำในแม่น้ำกับปริมาณการไหล	6
2.5 แหล่งกำเนิดมลภาวะในน้ำ	6
2.6 สารมลพิษโดยทั่วไป	7
2.7 เกลืออนินทรีย์	17
2.8 แบคทีเรีย	18
2.9 ตะกอน	18
2.10 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	19
2.11 สิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีของมลพิษ	20
2.12 ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ	22
2.13 การใช้ประโยชน์จากพื้นที่บริเวณรอบๆ	25
2.14 การตายของปลา	26
บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานของระบบนิเวศน้ำจืด	29
3.1 พื้นที่ระบายน้ำ	29
3.2 พื้นที่ลุ่มน้ำ	30
3.3 ระบบนิเวศน้ำจืด	31
3.4 ผลผลิตทางชีวภาพ	32
3.5 การวัดระดับของสารอาหาร	39
3.6 การแบ่งชั้นของน้ำในทะเลสาบ	40
3.7 การเปลี่ยนแปลงแทนที่	41
3.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตในระบบนิเวศน้ำจืด	41
3.9 ห่วงโซ่อาหารในน้ำ	44
3.10 พีระมิดอาหาร	46
3.11 สายใยอาหาร	47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4 สิ่งมีชีวิตที่สำคัญในแหล่งน้ำของไทย 48
4.1 พรรณไม้น้ำในประเทศไทย 48
4.2 สัตว์เล็กน้ำจืด 58
4.3 ปลาน้ำจืดที่สำคัญในประเทศไทย 63
4.3 นกที่หากินหรือพักอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำในเมืองไทย 69

บทที่ 5 การเคลื่อนที่ของน้ำ 85
5.1 การเคลื่อนที่ของน้ำ 85
5.2 การไหลแบบ Laminar และ Turbulent 86
5.3 การเคลื่อนที่ในชั้น Epilimnion 87
5.4 กระแสบริเวณผิวน้ำ 87
5.5 คลื่นที่ผิวน้ำ 88
5.6 Langmuir Spiral 89
5.7 Random 89
5.8 Breaking Waves 90
5.9 การเคลื่อนที่ในชั้น Thermocline 90
5.10 Internal Gravity Waves 90
5.11 การเคลื่อนที่ในชั้น Hypolimnion 91
5.12 อิทธิพลของแม่น้ำ 92
5.13 ความขุ่นหรือความหนาแน่นของ Plumes 92

บทที่ 6 แสงกับน้ำ 93
6.1 แสง 93
6.2 แสงหรือพลังงาน 94
6.3 แสงใต้น้ำ 94
6.4 การสะท้อน 95

บทที่ 7 ความร้อนกับน้ำ 97
7.1 ความร้อน 97
7.2 การแบ่งชั้นของอุณหภูมิและการจำแนกทะเลสาบ 98
7.3 การสิ้นสุดของการแบ่งชั้นของน้ำ 99
7.4 วัฏจักรของความร้อน 99
7.5 การปลดปล่อยความร้อนลงสู่แหล่งน้ำ 101

บทที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีในแหล่งน้ำ 102
8.1 การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีทั่วไปในน้ำ 102
8.2 ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ 103

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

8.3 ไนโตรเจน 108
8.4 ฟอสฟอรัส 113
8.5 สารอาหารชนิดอื่น 117

บทที่ 9 ยูโทรฟิเคชัน 123
9.1 ความหมายของยูโทรฟิเคชัน 123
9.2 การเกิดยูโทรฟิเคชันจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ 124
9.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหาร ความสะอาดของน้ำ และแพลงก์ตอนพืช กับการจัดการยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบ 125
9.4 การปรับปรุงแก้ไขทะเลสาบที่เกิดยูโทรฟิเคชัน 127
9.5 การควบคุมแหล่งกำเนิดสารอาหาร 127
9.6 การบำบัดในทะเลสาบ 128
9.7 การเคลื่อนย้ายพืชขนาดใหญ่ 128
9.8 การจัดการยูโทรฟิเคชันในลำธารและพื้นที่ชุ่มน้ำ 129
9.9 ยูโทรฟิเคชันและพื้นที่ชุ่มน้ำ 130

บทที่ 10 ผลกระทบจากสารพิษและสารมลพิษอื่นๆ ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ 132
10.1 สารพิษ 132
10.2 ฝนกรด 133
10.3 โลหะและสารพิษอนินทรีย์อื่นๆ 134
10.4 สารพิษอินทรีย์ 134

บทที่ 11 พื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทย 136
11.1 ความหมายของพื้นที่ชุ่มน้ำ 136
11.2 คุณค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำ 136
11.3 คนไทยกับการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำ 136
11.4 คุณค่าตามธรรมชาติของพื้นที่ชุ่มน้ำ 138
11.5 แหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพ 138
11.6 การจัดลำดับความสำคัญพื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทย 139

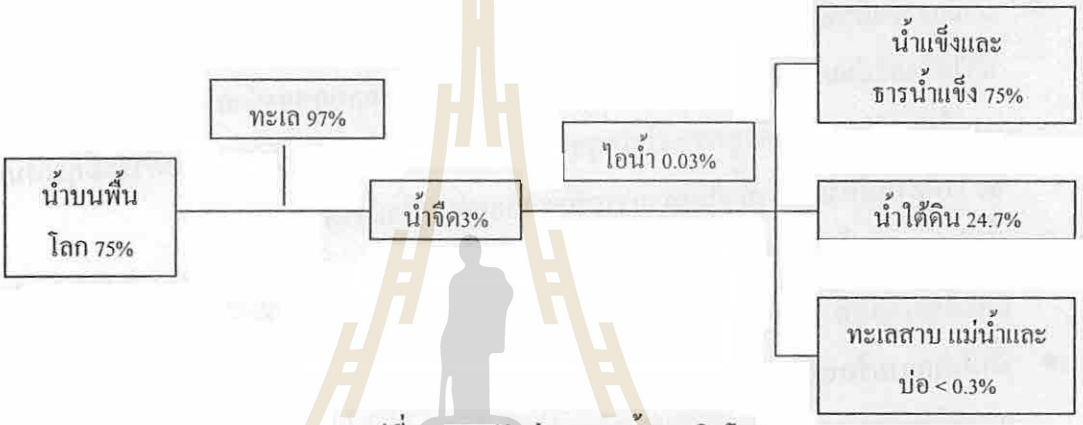
บรรณานุกรม 145

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเรื่องน้ำ

น้ำมีความสำคัญต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต หากมนุษย์ขาดน้ำหลายวันจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ กล่าวคือ ไม่มีสิ่งมีชีวิตใดบนโลกที่จะมีชีวิตอยู่ได้หากขาดน้ำ หากสภาพแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่มีน้ำน้อย สิ่งมีชีวิตจะมีความสามารถในการปรับตัวเพื่อความอยู่รอด

น้ำคิดเป็น 75% บนพื้นโลกหรือ 3 ใน 4 ส่วนของโลก โดย 97% ของน้ำเป็นน้ำเค็มซึ่งอยู่ในทะเล 3% เป็นน้ำจืด ซึ่งพบได้ในรูปธารน้ำแข็ง แผ่นน้ำแข็ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำในบรรยากาศ โดยน้ำจืดที่พบเป็นหลักอยู่ในรูปของน้ำแข็งและธารน้ำแข็ง ส่วนน้ำจืดที่เหลือส่วนมากจะอยู่น้ำใต้ดิน และมีส่วนน้อยของน้ำจืดที่อยู่บนพื้นโลก เช่น ทะเลสาบ หนอง บึง บ่อ แม่น้ำ และลำธาร ส่วนน้ำจืดที่เหลือจะอยู่ในบรรยากาศ



รูปที่ 1.1 : สัดส่วนของน้ำบนผิวโลก

1.1 โมเลกุลของน้ำ

น้ำ (H_2O) โมเลกุลของน้ำเกิดจากอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม สร้างพันธะกับออกซิเจน 1 อะตอม โดยไฮโดรเจนอะตอมจะมีประจุบวก และออกซิเจนอะตอมจะมีประจุลบ จึงเกิดแรงดึงดูดกันทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยปราศจากแรงโน้มถ่วงของโลก

รูปที่ 1.2 : พันธะไฮโดรเจน ของโมเลกุลของน้ำ

ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำ น้ำจะมีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ ดังต่อไปนี้

- น้ำเป็นตัวทำละลายสากล ประมาณครึ่งหนึ่งของธาตุในธรรมชาติบนพื้นโลกสามารถที่จะละลายในน้ำได้ สารที่ละลายในน้ำได้ส่วนมากจะมีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต พืชและสัตว์จะได้รับสารอาหารและแร่ธาตุจะอาศัยการพาโดยน้ำ น้ำเป็นตัวทำละลายที่เฉื่อย ซึ่งหมายความว่า มันจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามสารที่มันละลาย และในการเปลี่ยนแปลงกลับมาเป็นสารเดิมของสารเหล่านี้ก็จะไม่สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของน้ำได้เช่นเดียวกัน
- น้ำในธรรมชาติที่เกิดขึ้นสามารถอยู่ได้ 3 รูปด้วยกันคือ ของแข็ง (น้ำแข็ง) ของเหลว (น้ำ) และก๊าซ (ไอน้ำ)
- น้ำมีคุณสมบัติอีกอย่างคือ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และมีความสามารถในการส่องผ่าน
- น้ำบริสุทธิ์จะมีค่า pH หรือค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นกลาง (pH = 7)
- น้ำมีแรงตึงผิวที่พื้นผิวสูงมาก จึงทำให้พบว่าแมลงบางชนิดและใบไม้สามารถที่จะยืนอยู่บนผิวน้ำได้โดยไม่จม โดยที่พื้นผิวของน้ำจะมีไอน้ำ ซึ่งโมเลกุลของน้ำและโมเลกุลของไอน้ำจะมีแรงดึงดูดกัน แรงดึงดูดของโมเลกุลของน้ำจะแข็งแรงมาก โดยแรงตึงผิวจะมีคุณสมบัติคืออะไรก็ตามที่หนักกว่าน้ำก็ยังสามารถที่จะลอยอยู่บนผิวน้ำได้
- น้ำมีอุณหภูมิที่เป็นพื้นฐาน โดยน้ำจะมีจุดเยือกแข็งที่ 0 องศาเซลเซียส (32 องศาฟาเรนไฮท์) และมีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส (212 องศาฟาเรนไฮท์) ณ ที่ระดับน้ำทะเล
- น้ำมีค่าความร้อนจำเพาะที่สูงมาก ส่วนความร้อนจำเพาะของสารอื่นจะมีความสัมพันธ์กับน้ำ ความร้อนจำเพาะดูได้จากความต้องการของพลังงาน การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิหนึ่งกรัมของน้ำต่อองศาเซลเซียส
- น้ำมีความสามารถในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ แม้ว่าจะมีการเพิ่มความร้อนให้แก่น้ำมากเท่าใดก็ตาม แต่น้ำสามารถที่จะดูดซับไว้ได้ โดยมีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และหากมีการให้อุณหภูมิที่ลดลง พบว่าอุณหภูมิของน้ำก็จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ สิ่งเหล่านี้คือคุณสมบัติอย่างหนึ่งของน้ำ ที่ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิในร่างกายและภูมิอากาศบนพื้นโลก
- น้ำจะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และมีความหนาแน่นน้อยที่สุดเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส น้ำจะมีการแข็งตัวที่ 0 องศาเซลเซียส (32 องศาฟาเรนไฮท์) การที่น้ำขยายตัวจึงเป็นสาเหตุของการที่ท่อน้ำแตก ถังบรรจุที่เป็นแก้วแตก และน้ำแข็งสามารถลอยอยู่บนผิวน้ำได้ คุณสมบัตินี้เองมีความสำคัญในการช่วยป้องกันสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ จากอุณหภูมิที่หนาวเย็นในพื้นที่ซึ่งน้ำจะมีการแข็งตัวในฤดูหนาว โดยน้ำที่อยู่ในสถานะของแข็งจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำที่อยู่ในสถานะของเหลว

1.3 วัฏจักรของน้ำ (Water Cycle)

วัฏจักรของน้ำ อธิบายได้จากการเคลื่อนที่ของน้ำ ซึ่งจะมีทั้งการสะสมและการเคลื่อนย้ายระหว่างบรรยากาศ พื้นดิน และแหล่งน้ำ การเคลื่อนย้ายของน้ำสามารถเกิดขึ้นได้หลายทาง

การคายระเหยของน้ำ (Evapotranspiration) คือ การเคลื่อนย้ายน้ำ (การระเหยและการคายน้ำ) โดยผ่านพื้นดินไปยังบรรยากาศ พลังงานจากดวงอาทิตย์ทำให้เนื้อเยื่อของพืชเกิดการคายน้ำ ซึ่งเกิดจากการสูญเสียความชื้นที่ถูกดูดซับจากดินผ่านไปยังใบไม้ ส่วนการระเหย คือ การเคลื่อนย้ายของน้ำจากทะเล ทะเลสาบ แม่น้ำ และแหล่งน้ำผิวดินอื่นๆ ไปสู่บรรยากาศ

ดวงอาทิตย์ เป็นสาเหตุของการที่น้ำเปลี่ยนกลายเป็นไอ และปริมาณน้ำในบรรยากาศเพิ่มขึ้น น้ำในบรรยากาศสามารถถูกพาไปได้ไกลก่อนมีการเย็นตัว การควบแน่นเป็นเมฆ และการตกกลับมายังพื้นโลก ที่เรียกว่า **หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)** ในรูปต่างๆ เช่น ฝน หิมะ และลูกเห็บ เป็นต้น การตกของหยาดน้ำฟ้าทำให้เกิดการไหลบ่าผ่านพื้นดิน เรียกว่า การไหลบ่าของน้ำ หรือ**น้ำท่า** (Runoff) โดยมีสันปันน้ำที่ทำให้การไหล่บ่าของน้ำมีรูปแบบแตกต่างกันออกไป น้ำดังกล่าวจะไหลลงสู่ทะเลสาบ แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ นอกจากนี้น้ำบางส่วนจะไหลซึมลงสู่พื้นดินเกิดเป็นน้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดิน คือ การที่มีน้ำสะสมอยู่ในชั้น Aquifers โดยชั้น Aquifers คือ ชั้นของน้ำที่เกิดจากน้ำมีการซึมผ่านชั้นหิน ดินทราย หรือกรวด เป็นต้น น้ำใต้ดินสามารถปล่อยออกสู่น้ำผิวดินโดยการปั๊มขึ้นมาหรือการเกิดน้ำพุ

ปริมาณน้ำจืดบนพื้นโลกไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จะมีการเคลื่อนย้ายตลอดเวลาโดยผ่านวัฏจักรของน้ำ สำหรับในฤดูแล้งจะมีน้ำน้อยในบางพื้นที่ ขณะที่พื้นที่อื่นได้รับน้ำมากกว่าความจำเป็น

รูปที่ 1.3 : วัฏจักรของน้ำ

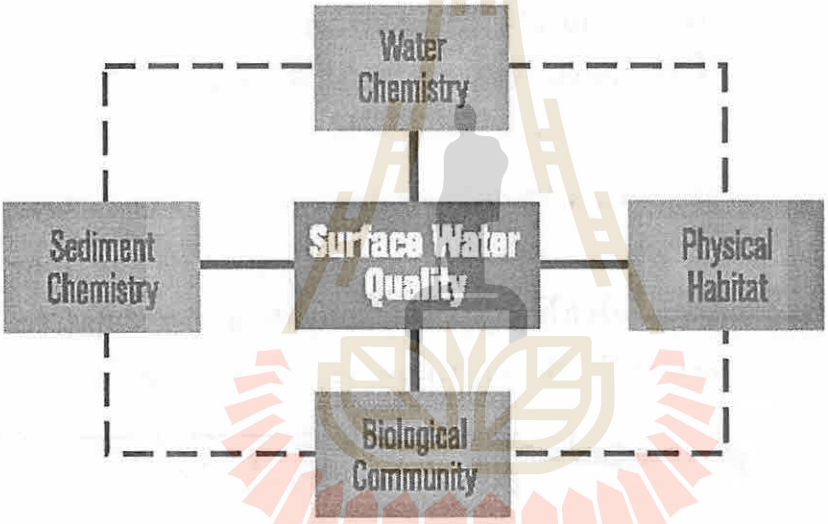
ที่มา: http://www.usgcrp.gov/usgcrp/images/ocp2003/waterCycle-optimized.jpg

บทที่ 2 คุณภาพน้ำผิวดิน

คุณภาพน้ำผิวดิน คือ ส่วนที่ใช้ในการอธิบายคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของน้ำในทะเลสาบ แม่น้ำ ลำธาร ปากแม่น้ำ และอ่าวต่างๆ

คุณภาพน้ำถูกกำหนดโดยพิจารณาจาก 4 องค์ประกอบ คือ

- คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ
- คุณสมบัติทางเคมีของตะกอน
- ลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำ
- ชุมชนของสิ่งมีชีวิต



รูปที่ 2.1 : ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำผิวดิน

ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

ปัจจุบันมีการใช้พารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมีและชุมชนของสิ่งมีชีวิต เป็นเครื่องมือในการกำหนดคุณภาพของน้ำในแม่น้ำและทะเลสาบ การเลือกใช้พารามิเตอร์พิจารณาจากแต่ละปัญหา ในอดีตมีการใช้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำในการกำหนดคุณภาพน้ำ เช่น ออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen) อุณหภูมิของน้ำ pH และค่าการนำกระแสไฟฟ้า ขณะที่ตัวชี้วัดทางเคมีโดยทั่วไปจะดู ปริมาณสารอาหาร คลอไรด์ ซัลเฟต ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และของแข็งละลายทั้งหมด ปัจจุบันมีการเน้นในส่วนของสุขภาพของชุมชนของสิ่งมีชีวิตมากขึ้น เพราะได้รับผลกระทบโดยตรงมากกว่าคุณสมบัติทางเคมีของน้ำ และสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดที่มีประสิทธิภาพในการดูการเสื่อมโทรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ของน้ำ คุณภาพของตะกอน และที่อยู่อาศัยทางกายภาพที่เสื่อมโทรมลง การติดตามคุณภาพของน้ำสามารถใช้ข้อมูลพื้นฐาน เพื่อหาแหล่งมลภาวะหรือแหล่งมลพิษ สารมลพิษทั่วไป

2.1 มลภาวะและสารมลพิษ

มลภาวะหรือมลพิษ ส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของแหล่งน้ำ และส่งผลต่อคุณภาพน้ำ ตัวอย่างของการเกิดมลภาวะ เช่น การสร้างฝายกั้นน้ำหรือเขื่อนเพื่อเพิ่มแหล่งกักเก็บน้ำ การทำให้เกิดช่องทางเดินของน้ำ และการสร้างเขื่อนเพื่อควบคุมน้ำท่วม หรือผลที่เกิดจากการพัฒนาเมือง เป็นต้น

สารมลพิษ คือ สารที่เกิดจากมลภาวะหรือมลพิษ เช่น โลหะหนัก ยาฆ่าแมลง และสารอาหาร สารมลพิษจะมีระดับรุนแรงที่สูงขึ้น โดยอาจจะอยู่ตัวเดี่ยวหรืออยู่ร่วมกับสารอื่น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในน้ำ สารมลพิษบางอย่างสามารถเกิดได้เองตามธรรมชาติ แต่ส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

2.2 ความเข้มข้นของสารมลพิษและการนำเข้าของสารมลพิษ

การเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ สามารถเก็บข้อมูลได้บนพื้นฐานของความเข้มข้นของสารมลพิษและการนำเข้าสารมลพิษ ความเข้มข้นของสารมลพิษจะถูกวัดในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร (มก./ล.) หรือส่วนในล้านส่วน ขณะที่การนำเข้าหรือการโหลดของสารมลพิษจะถูกวัดในหน่วย กิโลกรัมต่อวัน นอกจากนี้ยังมีความหมายอื่นอีก เช่น ความเข้มข้นของสารมลพิษจะวัดสารมลพิษในเวลาที่เฉพาะเจาะจง ส่วนการโหลดของสารมลพิษจะวัดในระยะเวลาหนึ่ง

การโหลดของสารมลพิษจะถูกคำนวณ โดยดูจากน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำโดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษเกิดขึ้น การโหลดของสารมลพิษจะเป็นตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการบอกคุณภาพน้ำมากกว่าการใช้ความเข้มข้นของสารมลพิษ

2.3 ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษและการนำเข้าสารมลพิษ

วิธีการคำนวณการโหลดของสารมลพิษ เช่น ถ้ามีการเพิ่มเกลือ 5 ช้อนโต๊ะในน้ำ 1 แกลลอน ความเข้มข้นก็จะเป็น 5 ช้อนโต๊ะต่อแกลลอน (A) แต่ถ้ามีการเพิ่มเกลือ 10 ช้อนโต๊ะเข้าไปในน้ำ 2 แกลลอน (B) ความเข้มข้นก็ยังเป็น 5 ช้อนโต๊ะต่อแกลลอนเท่าเดิม พบว่าความเข้มข้นของเกลือในถังบรรจุทั้งคู่เท่ากัน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าความเข้มข้นจะเท่ากันแต่จะเห็นว่า ปริมาณของเกลือทั้งหมดหรือการโหลดของ B จะมากกว่า A เป็น 2 เท่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 ผลของระดับของสารมลพิษต่อคุณภาพของน้ำในแม่น้ำกับปริมาณการไหล

นักวิทยาศาสตร์ได้วัดคุณภาพน้ำจากแม่น้ำระหว่างฤดูใบไม้ร่วงและฤดูร้อน โดยพบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียทั้งสองฤดูเหมือนกัน สามารถสรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างในระดับสารมลพิษ อย่างไรก็ตามพบว่าการไหลของน้ำในแต่ละฤดูไม่เหมือนกัน ในฤดูร้อนมีความแห้งแล้ง แต่ฤดูหนาวมีฝนตก ดังนั้นในฤดูหนาวจะมีการไหลเป็น 10 เท่าของฤดูร้อน ดังนั้นแอมโนเนียจึงถูกไหลพาเป็น 10 เท่าของฤดูร้อน

2.5 แหล่งกำเนิดมลภาวะในน้ำ แหล่งกำเนิดมลภาวะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แหล่งกำเนิดมลพิษแบบจุด (Point source)
2. แหล่งกำเนิดมลพิษแบบกระจาย (Nonpoint source)

Point source คือ มีตำแหน่งที่แน่นอนหรือมีแหล่งกำเนิดที่แน่นอนในการปล่อยสารมลพิษ เช่น โรงงานที่มีระบบบำบัดน้ำเสีย เรือ และจากท่อ เป็นต้น

Nonpoint source คือ ไม่มีจุดกำเนิดหรือแหล่งปล่อยสารมลพิษจุดเดียว (ไม่สามารถระบุจุดปล่อยที่แน่นอนได้) สารมลพิษเหล่านี้ถูกพาไปโดยการไหลบ่าของน้ำฝน แหล่งหลักที่มีการปล่อยสารมลพิษในประเภทนี้ คือ การเกษตรกรรม การทำป่าไม้ ชุมชน การทำเหมืองแร่ การก่อสร้างต่างๆ และการฝังกลบขยะ เป็นต้น

โดยแหล่งกำเนิดมลพิษที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดสารมลพิษที่แตกต่างกันไปด้วย

2.5.1 แหล่งกำเนิดที่แน่นอนของมลภาวะและความเกี่ยวพันกับสารมลพิษ

โรงงานบำบัดน้ำเสียของเทศบาล : ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical oxygen demand : BOD), สารอาหาร (nutrients), แอมโมเนีย (ammonia), แบคทีเรีย (Bacteria), คลอรีน (chorine), ของแข็งละลายทั้งหมด (total dissolved solids : TDS), คลอไรด์ (choride) และ ซัลเฟต (sulfate)

น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม : ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical oxygen demand : BOD), ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (chemical oxygen demand : COD) และสารพิษ (toxic substances)

ของเสียต่างๆ : ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical oxygen demand : BOD), สารอาหาร (nutrients), แบคทีเรีย (Bacteria), ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solids : TSS), ความขุ่น (Turbidity), ของแข็งละลายทั้งหมด (total dissolved solids : TDS) และแอมโมเนีย (ammonia)

แหล่งขุดเจาะน้ำมัน : น้ำมัน (Oil) และน้ำทะเล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5.2 แหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอนของการเกิดมลภาวะและความเกี่ยวพันกับสารมลพิษ

การไหลบ่าของน้ำทางการเกษตรผ่านพื้นที่ผลผลิต แหล่งให้อาหารและทุ่งหญ้าต่างๆ : สารอาหาร (nutrients), ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solids : TSS), ความขุ่น (Turbidity), ของแข็งละลายทั้งหมด (total dissolved solids : TDS), แอมโมเนีย (ammonia) คลอไรด์ (chloride), ซัลเฟต (sulfate), แบคทีเรีย (Bacteria) และยาฆ่าแมลง (pesticides)

การไหลบ่าผ่านเขตเมือง : สารอาหาร (nutrients), ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solids : TSS), ความขุ่น (Turbidity), ของแข็งละลายทั้งหมด (total dissolved solids : TDS), แบคทีเรีย (Bacteria), ยาฆ่าแมลง (pesticides), น้ำมันและไขมัน (Oil and grease) และของโสโครกต่างๆ (เช่น ขวดต่างๆ และของที่เหลือจากการใช้ต่างๆ)

การไหล่บ่าผ่านพื้นที่ก่อสร้าง : สารอาหาร (nutrients), ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solids : TSS) และความขุ่น (Turbidity)

ระบบบ่อเกรอะ : แบคทีเรีย (Bacteria) และ สารอาหาร (nutrients)

การฝังกลบหรือการถมที่และการทำหก : สารที่พบจะขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งที่ใช้ในการถมที่และชนิดของวัสดุที่หก

2.6 สารมลพิษโดยทั่วไป ประกอบด้วย

- สารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส)
- สารที่มีความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลาย
- อุณหภูมิ
- ความเค็ม
- ของแข็งแขวนลอย

ผลที่เกิดขึ้นจากสารมลพิษเหล่านี้ จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำแบบเรื้อรังและใช้เวลานานจึงส่งผลกระทบ แต่สารมลพิษเหล่านี้ก็สามารถทำให้เกิดผลกระทบแบบเฉียบพลันต่อชุมชนของแหล่งน้ำได้เช่นกัน (มีการทำลายอย่างรวดเร็ว) เช่น ปริมาณของเสียที่เพิ่มขึ้น หรือความเข้มข้นของปุ๋ย หรือการเพิ่มขึ้นหรือการลดลงอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิของน้ำ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการตายของชุมชนสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

2.6.1 สารอาหารของพืช

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสคือสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มันก็สามารถกลายเป็นสารมลพิษได้ด้วย อัตราการเจริญเติบโตของพืชสามารถถูกควบคุมโดย **ปริมาณสารอาหาร** (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) มีความสำคัญอย่างมากในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

เมื่อขีดจำกัดของสารอาหารลดลงพืชจะหยุดการเจริญเติบโต แต่ถ้ามีสารอาหารที่มากเกินไปก็จะทำให้เกิดปรากฏการที่พืชน้ำและสาหร่ายมีการเจริญมากกว่าปกติ เรียกว่า ยูโทรฟิค (Eutrophic) โดย Eu คือ ดี หรือเพียงพอ ส่วน Trophic คือ ความต้องการสารอาหาร การเพิ่มขึ้นของสารอาหารจะผ่านผิวน้ำ โดยมีสาเหตุเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งจะเรียกว่า Cultural Eutrophication

แหล่งกำเนิดหลักของสารอาหาร จะรวมทั้งปุ๋ยจากการสังเคราะห์และจากธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร การไหลผ่านเมือง ปุ๋ยเหล่านี้มาจากสนามหญ้า สนามกอล์ฟ จากชุมชน และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรต มีความสัมพันธ์กับกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) โดยมีการออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนเตรต เริ่มจากแอมโมเนียถูกออกซิไดส์ด้วยแบคทีเรียพิเศษที่ชื่อว่า ไนโตรโซโมแนส (Nitrosomonas) ไปเป็นไนไตรท์ และไนไตรท์จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นไนเตรต โดยแบคทีเรียพวกไนโตรแบคเตอร์ (Nitrobacter)

ไนไตรท์จะเหมือนแอมโมเนียคือ เป็นสารพิษที่รุนแรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่ไม่ถูกจัดให้เป็นสารที่เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม เพราะมีปริมาณความเข้มข้นที่ต่ำ ขณะที่ไนเตรตเป็นสารที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่เป็นสารอาหารของพืช

แอมโมเนียที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ สามารถพบในน้ำผิวดินและเป็นผลผลิตจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ส่วนที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากของเสีย การใช้ปุ๋ย หรือจากการให้อาหารสัตว์ แอมโมเนียเป็นสารที่มีความต้องการออกซิเจน เป็นสารอาหารของพืช และเป็นสารพิษเหมือนกับพวกสารมลพิษตัวอื่นๆ

ผลกระทบที่เกิดจากสารอาหารต่อคุณภาพของน้ำ

สารอาหารมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสามารถส่งผลกระทบด้านลบต่อคุณภาพของน้ำและสิ่งแวดล้อมในน้ำ สารอาหารที่มากเกินไปในแหล่งน้ำก่อให้เกิดการลดลงของออกซิเจนในแหล่งน้ำ

ในหนึ่งวัน หรือ 24 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีการการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆ การผลิตออกซิเจนตามปกติมาจากกระบวนการ **สังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)** กระบวนการดังกล่าวขึ้นอยู่กับแสง เริ่มตั้งแต่พระอาทิตย์เริ่มขึ้น พืชและสาหร่ายหรือสิ่งมีชีวิตอื่นที่สามารถสังเคราะห์แสงได้จะมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น ผลผลิตที่ได้คือ ออกซิเจน ในช่วงกลางวันจะมีการผลิตออกซิเจนมากกว่าการบริโภค แต่เมื่อพระอาทิตย์ตกดินกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะหยุดลง ส่งผลให้ระดับออกซิเจนละลายลดลง เนื่องมาจากการบริโภคและการหายใจโดยปลาและสิ่งมีชีวิตอื่นในแหล่งน้ำที่มีมากกว่าการผลิต ค่าออกซิเจนละลายที่ต่ำที่สุดจะเกิดขึ้นก่อนพระอาทิตย์จะขึ้น นอกจากการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว ยังมีเหตุการณ์อื่นที่ทำให้ออกซิเจนในธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น เช่น ลม ฝนตก และการไหลเวียนของกระแสน้ำ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การบริโภคออกซิเจนโดยทั่วไป เช่น การหายใจของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ซึ่งโดยปกติจะมีค่าที่ทั้งกลางวันและกลางคืน การเพิ่มขึ้นของสารที่มีต้องการออกซิเจน ตัวอย่างเช่น สารอินทรีย์ ที่มีการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ทำให้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในช่วงอบอุ่น แห้งแล้ง และฤดูร้อน

การลดลงของออกซิเจนละลาย จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารที่เพิ่มขึ้นและของเสียที่มีความต้องการใช้ออกซิเจน ระดับออกซิเจนละลายที่ต่ำจะเกิดเมื่อความสมดุลระหว่างการผลิตและกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพถูกทำลายลง

การเกิด Algal Blooms สารอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของพืชหรือสาหร่ายได้ โดยปุ๋ยที่ใช้ในสนามหญ้าคือสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเจริญอย่างรวดเร็วของพืช

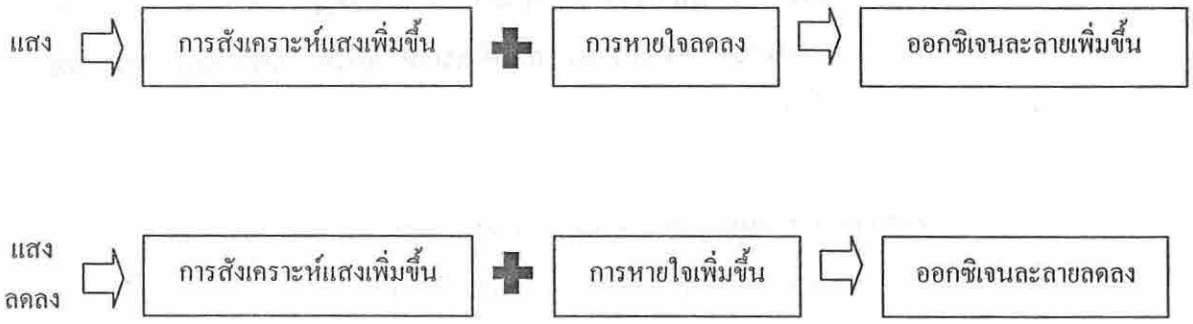
สาหร่ายเป็นพืชขนาดเล็ก พบทั่วไปในแหล่งน้ำ เป็นพวกเซลล์เดียว ไม่มีลำต้น ราก และใบที่แท้จริง การเกิด Algal Blooms ส่วนใหญ่จะพบในพวกแพลงก์ตอนพืช หรือเส้นใยของสาหร่ายที่จะมีการเกาะกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ โดยพบว่าจะลอยอยู่บนผิวน้ำหรือติดไปกับก้อนหิน ขอนไม้ หรือวัตถุอื่นในน้ำ แพลงก์ตอนพืชจะเป็นสาหร่ายขนาดเล็กมากซึ่งจะแขวนลอยอยู่บนคอลัมภ์ของผิวน้ำ

ในการเกิด Algal Blooms จะพบว่าประชากรสาหร่ายจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าขีดความสามารถในการรองรับของระบบ ผลที่เกิดจาก Algal Blooms คือทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของน้ำเนื่องจากจำนวนของเซลล์สาหร่ายที่เพิ่มมากขึ้น แหล่งน้ำที่เกิดการ Bloom จะมีสีคล้ายซุปถั่ว แต่โดยทั่วไปสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายที่มีอยู่ในขณะนั้น

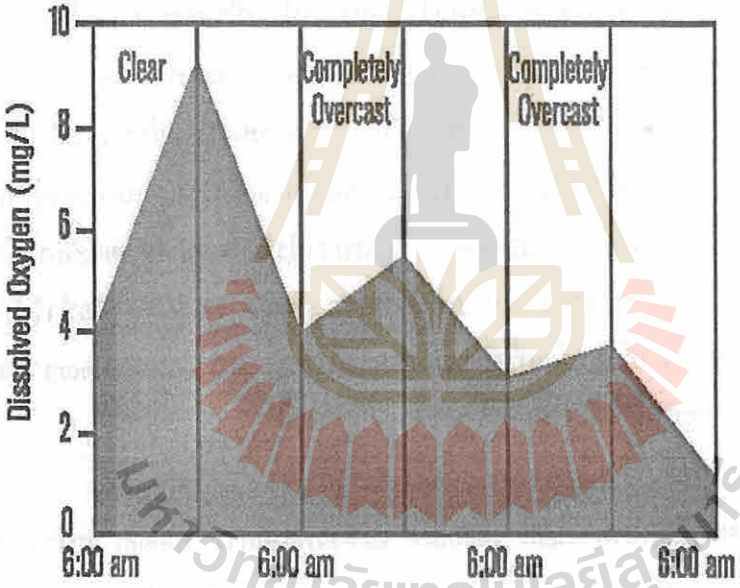
ผลกระทบที่เกิดจาก Algal Blooms ในช่วงที่เกิดการ Bloom พบว่า ระดับออกซิเจนละลายในช่วงกลางวันจะมีค่าที่สูงมาก (มากกว่า 10 mg/L) แต่อย่างไรก็ตามในช่วงกลางคืน เมื่อการผลิตออกซิเจนหยุดลงและการหายใจเริ่มขึ้น ระดับออกซิเจนละลายจะลดลงจนถึงระดับที่ทำให้สิ่งมีชีวิตอื่นตายได้

นอกจากนี้การเกิด Algal Blooms ยังสามารถเกิดได้ในวันที่ท้องฟ้าครึ้ม ซึ่งทำให้ปริมาณของแสงลดลง ซึ่งทำให้มีการผลิตออกซิเจนที่ลดลง และในฤดูร้อนยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้เกิดการ Bloom ได้

ความหนาแน่นของการจับกันเป็นก้อนของเส้นใยสาหร่าย หรือการลอยของพืชน้ำ ทำให้ป้องกันการส่องผ่านของแสงไปยังพืชที่จมอยู่ใต้น้ำ และยังรบกวนการผลิตออกซิเจนอีกด้วย พืชและสาหร่ายที่มีการ Blooms เมื่อตายลงจะจมลงสู่ก้นของแหล่งน้ำ และมีการย่อยสลายเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดการลดลงของออกซิเจน



รูปที่ 2.2 : การเปลี่ยนแปลง Dissolved Oxygen ในธรรมชาติ



รูปที่ 2.3 : ผลกระทบของ Algal Bloom ต่อปริมาณออกซิเจนละลาย
ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

อันตรายที่เกิดจาก Algal blooms

อันตรายที่เกิดจากการเกิด Algal blooms จะขึ้นกับชนิดของการ bloom ว่ามีการผลิตสารพิษชนิดใด ขณะที่เกิด Algal blooms นั้น สามารถทำให้ปลาตายได้ โดยมีสาเหตุมาจากการแย่งออกซิเจน นอกจากนี้สารพิษที่ผลิตออกมายังสามารถฆ่าสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่างเช่น การตายของปลาที่มาจากสาหร่ายสีทอง *Prymnesium parvum* ซึ่งพบได้ในแหล่งน้ำจืดใน Texas ตั้งแต่ปี 1985 หรือในแม่น้ำ Pecos River ที่พบว่ามีการเจริญของสาหร่ายอย่างมาก *Prymnesium parvum* พบได้ทั่วโลกในบริเวณปากแม่น้ำ (แหล่งรวมระหว่างน้ำจืดจากแม่น้ำกับน้ำเค็ม) และยังพบในแหล่งน้ำจืดที่มีเกลืออยู่ในปริมาณที่สูง

2.6.2 สารที่มีความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลาย

สารที่มีความต้องการออกซิเจนรวมทั้งพวกสารอินทรีย์ พบว่าเป็นสาเหตุทางอ้อมในการลดลงของระดับออกซิเจนละลายบนน้ำผิวดิน สิ่งมีชีวิตจะมีการย่อยสลายพวกสารอินทรีย์ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวทำให้เกิดการลดลงของระดับออกซิเจน

ตัวอย่างของสารที่มีความต้องการออกซิเจน เช่น ของโสโครก ของเสียของพืชจากกระบวนการผลิตอาหาร และจากสัตว์ ผลที่เกิดจากของเสียอินทรีย์เหล่านี้จะเกิดเรื้อรัง โดยทำให้ระบบนิเวศในแหล่งน้ำค่อยๆ เสื่อมโทรมลง ปริมาณของความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เรียกว่า ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical oxygen demand : BOD)

แหล่งน้ำที่ได้รับของเสียที่มีความต้องการออกซิเจนสามารถที่จะฟื้นตัวได้หรือไม่

โดยปกติแม่น้ำและลำธารจะมีความสามารถในการฟื้นตัวได้เอง โดยผ่านกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ กระบวนการพื้นฐานเหล่านี้เกิดขึ้นในทะเลสาบ แต่รูปแบบที่แน่ชัดหาได้น้อยมาก เนื่องจากความแปรปรวนของความสามารถในการเคลื่อนย้ายของน้ำในแม่น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับในทะเลสาบ

ตัวอย่างเช่น แม่น้ำที่ปกติได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานบำบัดน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจะถูกควบคุมโดยกระบวนการในแม่น้ำ แม่น้ำที่สะอาดจะมีความสมดุลของสิ่งมีชีวิต โดยสิ่งมีชีวิตในพื้นที่จะมีการปรับตัวทั้งลักษณะทางกายภาพและเคมี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายมีความสมดุล และมีปริมาณค่าความต้องการออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ต่ำ

ความเสื่อมโทรม (Degradation) เกิดขึ้นเมื่อมีการนำของโสโครกเข้าไปในแม่น้ำ สารอินทรีย์ในของโสโครกคือแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่นอย่างรวดเร็ว พืชและสัตว์ในน้ำจะได้รับผลกระทบเนื่องมาจากความขุ่นที่เพิ่มมากขึ้น ผู้ล่าที่ไม่ทนต่อการเกิดมลพิษจะถูกแทนที่โดยพวกกินซากพืชและซากสัตว์ (Scavengers) ประชากรของราและแบคทีเรียจะมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างมาก จำนวนของสปีชีส์ที่มีอยู่ในปัจจุบันจะมีจำนวนที่ลดลง ขึ้นอยู่กับความทนต่อสารมลพิษ โดยช่วงแรกของการแทนที่จะถูกแทนที่โดยพวกที่สามารถทนต่อการเกิดมลพิษได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

หลังจากเกิดความเสื่อมโทรมในช่วงแรก การย่อยสลายจะเริ่มเกิดขึ้น โดยเกิดในพื้นที่ที่ไม่มีออกซิเจนที่ละลาย (Anoxic) ความร้อนและแสงแดดเร่งให้ความต้องการออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ การตายของปลาจะเกิดขึ้นในฤดูร้อนมากกว่าช่วงอื่น โดยมีสาเหตุมาจากการขาดออกซิเจนละลาย

การลดลงของระดับออกซิเจนในพื้นที่ Anoxic สามารถฆ่าสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์ สิ่งมีชีวิตที่สามารถมีชีวิตได้ในสภาพที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic) หรือเป็นพวกที่มีความสามารถในการรับออกซิเจนจากทางอื่น (ตัวอย่างเช่น rat tail maggots ที่ใช้ออกซิเจนจากท่อทางเดินหายใจ) เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต จำนวนชนิดที่พบปัจจุบันจะต่ำ แต่จำนวนของแต่ละตัวจะมีสูงขึ้น เพราะมีการแข่งขันที่น้อยลง

การย่อยสลายที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ก็นำไปสู่การฟื้นตัวคือ เมื่อปริมาณของสารอินทรีย์ที่ลดลง ความต้องการออกซิเจนจากราและแบคทีเรียก็จะลดลง ระดับของออกซิเจนละลายจะค่อยๆสูงขึ้น และจะเริ่มปรากฏสิ่งมีชีวิตที่ต้องการออกซิเจน สารแขวนลอยจะลดลงการเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น และหากมีสาหร่ายที่เพิ่มอย่างมากจะทำให้เกิดการเพิ่มของออกซิเจนละลายในช่วงกลางวัน แต่ลดลงในช่วงกลางคืน

การฟื้นตัวแหล่งน้ำบางแหล่งสามารถที่จะฟื้นตัวให้มีลักษณะที่เหมือนเดิมได้ แต่มีแหล่งน้ำบางพื้นที่ไม่สามารถฟื้นตัวได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากได้รับสารมลพิษอย่างต่อเนื่อง

2.6.3 อุณหภูมิของน้ำ

การวัดคุณภาพน้ำอย่างง่ายสามารถทำได้โดยการวัดอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิของน้ำสามารถเป็นสาเหตุของการเกิดมลพิษทางน้ำ

อุณหภูมิของน้ำ สามารถส่งผลต่อสารประกอบของชุมชนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำจะเป็นพวกสัตว์เลือดเย็น และอุณหภูมิร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิของน้ำ

ผลที่เกิดจากการที่อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะลดการละลายของออกซิเจนละลายการลดลง ทำให้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง ตัวอย่างเช่น ที่ 0 องศาเซลเซียส แหล่งน้ำจะมีออกซิเจนอิ่มตัวอยู่ที่ 14.6 mg/L ในขณะที่ 30 องศาเซลเซียสจะมีออกซิเจนเท่ากับ 7.5 mg/L อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้กระบวนการเมทาบอลิซึม การหายใจ และความต้องการออกซิเจนโดยปลาและสิ่งมีชีวิตอื่นมากขึ้น โดยทั่วไปอัตราเมทาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 10 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาพแวดล้อมปกติอุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นในฤดูร้อน

อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อคุณภาพน้ำอย่างไร

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลต่อของเสียที่ต้องการออกซิเจนและสารอาหารในแหล่งน้ำซึ่งทำให้มีความรุนแรงมากขึ้น แหล่งกำเนิดหลักๆของความร้อนในน้ำมาจาการปล่อยน้ำเสีย

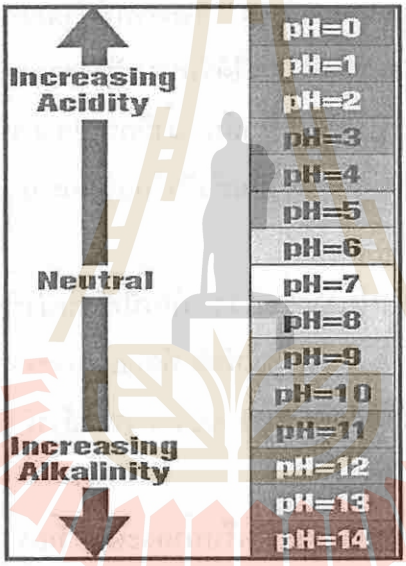
จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน และอุตสาหกรรมบางประเภท การพัฒนาลุ่มน้ำจะส่งผลต่ออุณหภูมิในแหล่งน้ำ ตัวอย่างเช่น การจัดการกับพืชน้ำบนผิวน้ำ ทำให้แหล่งน้ำอุ่นขึ้นจากแสงอาทิตย์

โดยทั่วไปอุณหภูมิไม่ใช่สาเหตุของการตายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำเพียงอย่างเดียว โดยส่วนใหญ่แล้วการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำจะลดปริมาณของออกซิเจนละลาย และสิ่งมีชีวิตที่สามารถทนอยู่ได้เท่านั้นที่จะมีชีวิตอยู่ได้

2.6.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่า pH ไม่ใช่สารมลพิษ แต่เป็นค่าบ่งบอกถึงสุขภาพของระบบนิเวศในน้ำ ค่า pH คือ สเกลที่มีค่าระหว่าง 0-14 ใช้ในการวัดค่าการเป็นกรดของสารละลาย น้ำบริสุทธิ์จะมีค่า pH เท่ากับ 7 จะเป็นกลาง ส่วนค่า pH ที่น้อยกว่า 7 จะเป็นกรด ส่วนค่า pH ที่มากกว่า 7 จะเป็นเบสหรือด่าง

โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตจะอยู่ในแหล่งน้ำได้ที่ค่า pH อยู่ในช่วง 5-9



รูปที่ 2.4 : pH Scale
ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความหมาย pH คือ ลบ logarithm ของความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนไม่ได้เพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยวิธีเส้นตรง การแปรผลของ pH สามารถแปรได้ดังนี้ เช่น pH เท่ากับ 3 ไม่ได้หมายความว่ามีค่าของกรดเป็น 2 เท่าของ pH เท่ากับ 6 แต่การเพิ่มขึ้นจะเพิ่มเป็นกำลัง 10 เท่า ตัวอย่างเช่น pH เท่ากับ 6 จะมีความเป็นกรดเป็น 10 เท่าของ pH เท่ากับ 7 และเป็น 100 เท่าของ pH เท่ากับ 8 ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่า pH เพียงหนึ่งค่าส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การที่น้ำเป็นกรดหรือเบสจะถูกวัดโดยดูจากไฮโดรเจนไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออน น้ำที่บริสุทธิ์จะมีไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนเท่ากัน น้ำที่เป็นกรดจะมีค่า ไฮโดรเจนไอออนมากกว่าไฮดรอกไซด์ไอออน ส่วนน้ำที่เป็นด่างจะมีค่าไฮโดรเจนไอออนน้อยกว่าไฮดรอกไซด์ไอออน

ตารางที่ 2.1 : ความหมายของค่า pH

ชนิดของน้ำ	ความจุของบัฟเฟอร์		pH
กรด	$H+ > OH^-$	ต่ำ	< 7.0
กลาง	$H+ = OH^-$	กลาง	7.0
เบส	$H+ < OH^-$	สูง	> 7.0

ปัจจัยที่มีผลต่อ pH ของน้ำผิวดิน

น้ำมีความสามารถในการละลายแร่ธาตุ กิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อค่า pH ของน้ำ เช่น การสัมผัสกับแอโรซอลและฝุ่นจากอากาศ การได้รับของเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ และจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต เป็นต้น น้ำมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต การเป็นด่างหรือเบสจะเป็นตัววัดในความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำ หรือความสามารถในการทำให้กรดเป็นกลาง

ลักษณะทางธรณีวิทยา หินและดินในลุ่มน้ำต่างๆ เป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดค่า pH ในแหล่งน้ำ โดยหินปูนทำให้มีค่าความเป็นด่าง ในธรรมชาติฝนที่ตกลงมาจะมีความเป็นกรดเพียงเล็กน้อย เนื่องจาก soft rock ซึ่งมันสามารถถูกชะได้ดีกว่า hard rock การชะล้างหินปูนจะมีการปลดปล่อยแร่ธาตุ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของค่า pH

น้ำที่มีแร่ธาตุที่มากจะเรียกว่า hard water หรือน้ำกระด้าง มีค่า pH ที่มากกว่า 7 (มีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ที่สูง) ส่วนน้ำที่มีปริมาณแร่ธาตุที่น้อยและมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ที่จำกัด เรียกว่า soft water หรือ**น้ำอ่อน** มีค่า pH ที่น้อยกว่า 7

การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) เกิดจากการที่พืชน้ำมีการเคลื่อนย้ายคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำ ทำให้มีค่า pH เพิ่มขึ้น ดังนั้นแหล่งน้ำใดที่มีพืชน้ำมาก สามารถคาดการณ์ได้ว่าในช่วงบ่ายที่มีแสงส่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากแหล่งน้ำนั้นมีการไหลต่ำ พบว่าค่า pH ของน้ำจะเพิ่มมากขึ้น และหากมีการ bloom ของแพลงก์ตอน ค่า pH จะอยู่ในช่วง 8-9

กิจกรรมของมนุษย์ กิจกรรมของมนุษย์จะส่งผลต่อ pH ของน้ำ โดยน้ำที่มีการไหลผ่านหางแร่จะมีความเป็นกรด เพราะแร่เหล่านี้มีซัลไฟด์เป็นองค์ประกอบ โดยซัลไฟด์สามารถเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟิวริก เกิดจากโรงไฟฟ้า และจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งมีไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อทำปฏิกิริยากับความชื้นในบรรยากาศจะกลายเป็นกรดไนตริกและกรดซัลฟิวริก หรือที่

เรียกว่า **ฝนกรด** (acid rain) ฝนกรดจะมี pH ที่น้อยกว่า 5.6 ขณะที่น้ำฝนทั่วๆไปจะมี pH ที่มากกว่า 5.6 การเกิดอุบัติเหตุ การไหล่ผ่านเมืองหรือชุมชน การไหลผ่านพื้นที่ทางการเกษตร หรือจากของโสโครกต่างๆ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH

ผลกระทบของค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยเฉพาะความเป็นพิษจากโลหะหนัก สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อ pH เปลี่ยนแปลงไป (หากเป็นกรดมาก ความสามารถในการเป็นพิษยิ่งสูงขึ้น)

2.6.5 ความเค็ม (Salinity)

ระดับความเค็มที่มากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ ความเค็มที่เพิ่มขึ้นส่วนมากพบตามพื้นที่ที่แห้งแล้ง ความเค็มสามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ ชนิดของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจะไม่เสถียรเมื่อมีความเค็มเพิ่มขึ้น โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะไม่ทนทานต่อน้ำกร่อย นอกจากนี้ความเค็มยังมีผลต่อการเกษตรกรรม (ปศุสัตว์และผลิตผลของพืช) และการใช้น้ำสำหรับดื่ม

โดยทั่วไปน้ำฝนจะมีค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำมาก แต่อย่างไรก็ตามน้ำที่ไหลผ่านพื้นดินและหินจะมีการปลดปล่อยไอออนออกมาทำให้มีค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นไอออนโดยทั่วไปจะถูกเรียกว่า **เกลืออนินทรีย์ (Inorganic Salt)**

เกลืออนินทรีย์โดยทั่วไป คือ ไบคาร์บอเนต แคลเซียม คาร์บอเนต คลอไรด์ แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และซัลเฟต

ค่าความเค็มจะขึ้นอยู่กับชนิดของหิน พื้นที่ที่แห้งแล้งจะมีการสร้างเกลือมากขึ้น เนื่องจากมีอัตราการระเหยของไอน้ำที่สูงขึ้น ดังนั้นน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่เหล่านี้จะมีการนำเกลือไหลลงสู่แม่น้ำหรือแหล่งน้ำต่างๆ

กิจกรรมที่ทำให้ค่าความเค็มสูงขึ้น เช่น การนำน้ำขึ้นมาใช้มากขึ้น การปล่อยน้ำเสียจากชุมชน หรือการที่น้ำไหลผ่านพื้นที่ที่มีการผลิตน้ำมัน เพราะว่าน้ำเค็มจะมีความเกี่ยวพันกับการสกัดน้ำมัน แม่น้ำที่มีอัตราการไหลที่ลดลงและมีการระเหยที่สูงขึ้นจะมีความแห้งแล้งเกิดขึ้น ผลที่เกิดขึ้น คือ มีระดับของเกลือที่เพิ่มสูงขึ้น

จากการบันทึกของ The U.S. Geological Survey (USGS) พบว่า สามารถแบ่งน้ำออกเป็น 4 ประเภท โดยดูปริมาณของแข็งที่ละลาย ได้ดังนี้

- น้ำจืด (Freshwater) : มีค่าของแข็งละลายน้อยกว่า 1,000 ppm
- ค่อนข้างเค็ม (Slightly saline water) : มีค่าของแข็งละลายระหว่าง 1,000-3,000 ppm
- เค็มปานกลาง (Moderately saline water) : มีค่าของแข็งละลายระหว่าง 3,000-10,000 ppm
- เค็มมาก (Highly saline water) : มีค่าของแข็งละลาย 10,000-35,000 ppm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวัดค่าความเค็ม

วิธีวัดค่าความเข้มข้นของเกลือจะใช้วิธีการวัดทางอ้อม โดยวัดค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ วิธีการวัดจะดูความสามารถของน้ำในการพากระแสไฟฟ้า และค่าของแข็งละลายในน้ำ พบว่าหากค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแสดงว่าความเค็มก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น น้ำกลั่นจะมีค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะที่ต่ำมาก ส่วนน้ำเค็มจะมีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงมาก

ความเค็มจะวัดโดยดูคลอไรด์ ซัลเฟต และของแข็งละลายทั้งหมด

2.6.6 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)

ของแข็งแขวนลอย ใช้กล่าวถึงแร่ธาตุและอนุภาคอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นอนุภาคดินเหนียว (clay) และทรายแป้ง(silt)

แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่ของของแข็งแขวนลอยมาจากกิจกรรมการก่อสร้าง (การก่อสร้างถนนหรือสร้างสะพาน เป็นต้น) การชะล้างของพื้นที่ทางการเกษตร และจากการทำเหมืองซึ่งจะพบพวกทรายและกรวด น้ำที่มีการนำเข้าของตะกอนหนักจะสามารถมองเห็นได้ชัดเจน เพราะมีการเกิดโคลนขึ้น

ทำไมของแข็งแขวนลอยจึงน่าเป็นห่วง ของแข็งแขวนลอยสามารถลดการส่องผ่านของแสงลงสู่น้ำ จึงทำให้น้ำมีความสะอาดน้อยลง ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เช่น

- ความสามารถในการผลิตออกซิเจนของผู้ผลิตเบื้องต้น(แพลงก์ตอนพืช สาหร่าย และพืชอื่นๆ) ลดลง
- ประสิทธิภาพของในการหาอาหารของปลาและผู้ล่าลดลง
- ปริมาณของปลาและผู้ล่าลดลง เพราะอาหาร (สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง) ลดลง เนื่องจากการตกตะกอนของสารแขวนลอยไปยังก้นและปกคลุมที่อยู่อาศัย
- ตะกอนอุดตันเหงือกปลา เนื่องจากการโหลดของตะกอนมากเกินไป
- ของแข็งแขวนลอยมีความสามารถในการพาสารอาหารของพืชออกสู่ภายนอก และยังสามารถยึดจับกับสารมลพิษ โดยเฉพาะโลหะหนักและแบคทีเรีย
- มีผลต่อการใสและความสะอาดของน้ำ โดยพบว่าแหล่งน้ำที่มีการใสลดลง แหล่งน้ำนั้นจะสกปรกหรือมีสารมลพิษเพิ่มมากขึ้น

การผันแปรหรือความแปรปรวนของธรรมชาติ ฝนที่ตกอย่างหนักจะชะล้างดินและเคลื่อนย้ายตะกอนเหล่านี้ลงสู่แม่น้ำ ลำธารอย่างรวดเร็ว ลักษณะทางธรณีวิทยาของลุ่มน้ำจะถูกกำหนดได้โดยดูจากปริมาณการชะล้างที่เกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นอกจากความแปรปรวนจากธรรมชาติแล้ว กิจกรรมของมนุษย์เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อลุ่มน้ำ เช่น การสร้างถนนและการก่อสร้าง การเกษตร และการตัดไม้ กิจกรรมเหล่านี้ก็ส่งผลให้เกิดการชะล้างในธรรมชาติได้เช่นกัน โดยเป็นการเพิ่มความสามารถของความขุ่นในแม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ และอ่าวเป็นต้น ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของสาหร่าย (แพลงก์ตอนพืช)

สาหร่ายเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของความขุ่น โดยความขุ่นเกิดจากปริมาณของแสงไม่สามารถส่องผ่านไปได้เนื่องจากของแข็งแขวนลอย ทำให้มีความขุ่นเพิ่มมากขึ้น ในฤดูร้อนแหล่งน้ำจะอุ่นและมีการไหลที่น้อยลง ซึ่งทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายอย่างมาก (เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารที่มากขึ้น) สาหร่ายที่แขวนลอยจะเปลี่ยนแปลงสีของน้ำ สีของน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย เช่น pea green, bright green, yellow, brown, brown-green, brown-yellow หรือ blue-green เป็นต้น

2.7 เกลืออนินทรีย์ (Inorganic Salts)

เกลืออนินทรีย์ที่ส่งผลต่อความเค็มและคุณภาพของน้ำมีหลายตัว เช่น

คลอไรด์และซัลเฟต คลอไรด์คือสารที่พบในน้ำ สารประกอบคลอไรด์ถูกใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมและการเกษตร (โพแทสในปุ๋ย ซึ่งก็คือโพแทสเซียมคลอไรด์) คลอไรด์สามารถพบได้ในของเสียมนุษย์และสัตว์ โดยแหล่งของคลอไรด์โดยทั่วไป คือ น้ำเสีย บ่อเกรอะ การให้อาหารสัตว์และการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ จากการศึกษาพบว่าคลอไรด์ไม่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ แต่สามารถทำลายชุมชนของแหล่งน้ำ เนื่องจากค่าความเค็มที่ผิดปกติ

ซัลเฟต มีแหล่งกำเนิดจากหินและดิน เช่น ยิปซัม เหล็กซัลไฟด์และสารประกอบซัลเฟอร์อื่นๆ ซัลเฟอร์มีความสามารถในการเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น โดยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียจะมีการเปลี่ยนรูปซัลเฟตไปเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือที่เรียกว่า **แก๊สไข่เน่า** (rotten-egg smell) และถ้าความเข้มข้นสูงก็จะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ซัลเฟตมีการกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติและสิ่งมีชีวิต ประโยชน์คือใช้สำหรับการสร้างโปรตีน ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและการเกษตร

โซเดียมและโพแทสเซียม โซเดียมเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อสัตว์ทั้งหมด ในน้ำจะมีโซเดียมเป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปโซเดียมจะมีความเกี่ยวพันกับคลอไรด์ พื้นที่ที่มีระดับโซเดียมที่สูงส่วนใหญ่จะมีสภาพภูมิอากาศที่แห้งแล้ง แหล่งโซเดียมอื่นๆ เช่น จากการใช้ปุ๋ยในการเกษตร ของเสียจากมนุษย์และจากสัตว์

โพแทสเซียม เป็นธาตุที่มีความสำคัญและเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช พบได้ 2 % บนเปลือกโลก ดังนั้นจะเห็นว่าโพแทสเซียมสามารถเข้าไปสู่น้ำผิวดินจากธรรมชาติอยู่แล้ว ส่วนจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเกษตรกรรม และการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

แหล่งน้ำในธรรมชาติจะมีระดับของโซเดียมและโพแทสเซียมที่ต่ำมาก ดังนั้นหากพบในปัจจุบันก็สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดได้ ส่วนใหญ่แล้วจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของมนุษย์ การเพิ่มขึ้นของระดับโพแทสเซียมและโซเดียมสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดผลกระทบในระยะยาวของมลพิษได้

แคลเซียมและแมกนีเซียม แคลเซียมคือหนึ่งในธาตุที่มีมากที่สุดในน้ำผิวดิน เพราะเป็นธาตุที่สามารถละลายได้ง่าย แหล่งกำเนิดแคลเซียมหลักๆในน้ำผิวดินคือ การชะล้างหินปูน ซึ่งมีสารประกอบแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้กิจกรรมบางชนิด เช่น การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ก็สามารถเพิ่มปริมาณของแคลเซียมได้

แมกนีเซียม คือธาตุที่มีมากที่สุดเป็นอันดับแปดในโลก พบได้ทั่วไปในน้ำผิวดิน แหล่งกำเนิดแมกนีเซียมส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมทางธรรมชาติมากกว่าจากกิจกรรมของมนุษย์

แคลเซียมและแมกนีเซียมคือสาเหตุของการเกิดน้ำกระด้าง แหล่งกำเนิดมาจากการเกษตรชุมชน และอุตสาหกรรม

2.8 แบคทีเรีย

แบคทีเรียสามารถใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในน้ำดื่ม และใช้ดูการฟื้นคืนของคุณภาพน้ำ ในอดีตฟีคัลโคลิฟอร์ม ซึ่งสามารถพบได้ในลำไส้ของมนุษย์และในสัตว์เลือดเย็นและเลือดอุ่น ส่วนในปัจจุบันใช้ *E. coli* ซึ่งพบในของเสียของมนุษย์

ปัจจุบันจะพบฟีคัลโคลิฟอร์มและ *E. coli* ในหลายแหล่ง เช่น ของเสียที่มีกระบวนการบำบัดไม่เพียงพอ การจัดการของเสียจากสัตว์(ปศุสัตว์) ระบบบ่อเกรอะที่ไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพ สัตว์เลี้ยงในตัวเมือง นกที่อาศัยอยู่ในป่า และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำหรือดำรงชีวิตอยู่ใกล้แหล่งน้ำ (เช่น รังของนกที่อยู่ใต้สะพาน) เป็นต้น

2.9 ตะกอน (Sediment)

ตะกอน คือ การรวมกันระหว่างอนุภาคอนินทรีย์อย่างหลวมๆ (ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว) และสารอินทรีย์ (การย่อยสลายพืชและสัตว์) เมื่อมีการรวมตัวกันเสร็จแล้ว จะมีการตกตะกอนลงไปที่ก้นบ่อ โดยปริมาณและคุณภาพของตะกอนจะมีผลต่อชุมชนของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

การตกตะกอนเกิดขึ้นได้อย่างไร? การลดลงของการไหลและความเร็วของน้ำ ทำให้วัสดุที่แขวนลอยจมลงสู่ก้นบ่อ กระบวนการนี้เรียกว่า **การตกตะกอน (Sedimentation)** การเพิ่มขึ้นของตะกอนส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากการสร้างอ่าง หรือแหล่งกักเก็บน้ำอื่นๆ

ปัญหาจากการที่มีจำนวนตะกอนเพิ่มขึ้นในแม่น้ำจะส่งผลกระทบต่อแหล่งที่อยู่อาศัยและทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแม่น้ำที่มีการไหลช้าๆ การลดลงของแหล่งที่อยู่อาศัยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของพืชและสัตว์น้ำ หากมีปริมาณของแข็งแขวนลอยที่มากจะส่งผลต่อปลา (เกิดการอุดตันเหงือกของปลา) นอกจากนี้ตะกอนยังมีผลต่อการกระจายและการวางไข่

คุณสมบัติทางเคมีของตะกอน ปริมาณของตะกอน คุณภาพของตะกอนก็มีความสำคัญเช่นกัน โดยหากตะกอนที่จมหรือถูกสะสมมีการปนเปื้อนโลหะหนัก ยาฆ่าแมลง และโพลีอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polyaromatic hydrocarbons : PAHs) ซึ่งเป็นกลุ่มที่พบในการผลิตปิโตรเลียมและเป็นผลผลิตพลอยได้ ก็จะส่งผลกระทบต่อชุมชนของสิ่งมีชีวิต

การปล่อยน้ำเสียจากอุตสาหกรรมและเทศบาล การไหลบ่าของพายุที่ไหลผ่านเมือง ชุมชน อุตสาหกรรม โรงงานไฟฟ้า กระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (เช่น จากโรงงานน้ำตาล) ยาฆ่าแมลง (DDT) และสารเคมีในอุตสาหกรรม (เช่น Polychlorinated biphenyl : PCB) และพื้นที่การเกษตร ทำให้ตะกอนมีการปนเปื้อน บางครั้งการปนเปื้อนสามารถเกิดผ่านทางอากาศและอาจพบในน้ำหลายไมล์ห่างจากแหล่งกำเนิด ตะกอนที่มีการปนเปื้อนอยู่ เรียกว่า **Legacy pollutants**

2.10 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแหล่งน้ำ บ่อยครั้งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในชุมชนสิ่งมีชีวิต การประเมินชุมชนเหล่านี้และแหล่งที่อยู่อาศัยจะมีความสำคัญในการกำหนดคุณภาพของแม่น้ำ

การสร้างคลอง (Channelization)

Channelization คือ หนึ่งในสาเหตุหลักของการลดลงของสิ่งมีชีวิต กล่าวคือกระบวนการของช่องทางเดินน้ำ ทำให้แม่น้ำเกิดการคดเคี้ยวหรือใช้ในการควบคุมน้ำท่วม อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจจะทำให้สิ่งมีชีวิตเหลือน้อยลง มีการเคลื่อนย้ายต้นไม้ขนาดใหญ่ และพืชที่อยู่ตามขอบได้

ผลที่เกิดจาก Channelization มีดังนี้

อุณหภูมิของน้ำ การเคลื่อนย้ายของพืชที่อยู่ขอบแม่น้ำจะลดการเกิดเงา เมื่อไม่มีเงาจึงเป็นการเพิ่มการส่องผ่านของแสง ทำให้อุณหภูมิในน้ำเพิ่มสูงขึ้น

การเพิ่มขึ้นของความขุ่น การชะล้างพังทลายของชายฝั่งเมื่อมีพายุ หรือการไหลที่สูงขึ้น ทำให้เกิดความขุ่นมากขึ้น ความขุ่นจะมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำโดยการดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์

การเปลี่ยนแปลงการไหล การเคลื่อนย้ายของลักษณะช่องทางเดินน้ำในธรรมชาติ และการไหลโดยตรง ทำให้มีการเกิดน้ำท่วมเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความเร็วของน้ำและการเพิ่มขึ้นของศักย์ของน้ำท่วมที่ตอนท้ายของลำน้ำ การมีขอบหรือชายฝั่งของ Channelization ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความเร็วของน้ำที่จะท่วมลดลง

ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ปกติ การไหลของน้ำจะไหลผ่านช่องของแม่น้ำ และเคลื่อนย้ายลงไปพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง ซึ่งมีพืชปกคลุมหลายชนิด ข้อจำกัดการไหลภายในช่องถูกจำกัดโดยความสามารถของแม่น้ำ ซึ่งจะมีการทับถมกันจึงทำให้มีการโหลดของตะกอนเข้าไปใน floodplain

เขื่อนจะมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงการไหลของแม่น้ำ แม่น้ำสายสั้นๆ จะส่งเสริมการตกตะกอนที่เพิ่มขึ้น การโหลดของตะกอนเริ่มต้นถูกพาโดยน้ำเข้าไปในอ่าง เกิดการทับถมกันของตะกอนและยังลดปริมาณของน้ำในอ่าง

ชั้นล่างของก้น ก้นของแม่น้ำจะไม่เสถียร จะพบโคลน และไม่เหมาะสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต

2.11 สิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีของมลพิษ

ชุมชนทางชีวภาพหรือชุมชนของสิ่งมีชีวิต สามารถใช้เป็นดัชนีของคุณภาพน้ำทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ และสามารถกำหนดคุณภาพของระบบนิเวศแหล่งน้ำ ในระยะสั้นจะแสดงถึงสภาพของน้ำที่มีอยู่ว่าสะอาดหรือมีมลพิษ ส่วนระยะยาวจะแสดงสภาพที่ดีกว่าหรือเลวกว่าตลอดช่วงเวลานั้นๆ

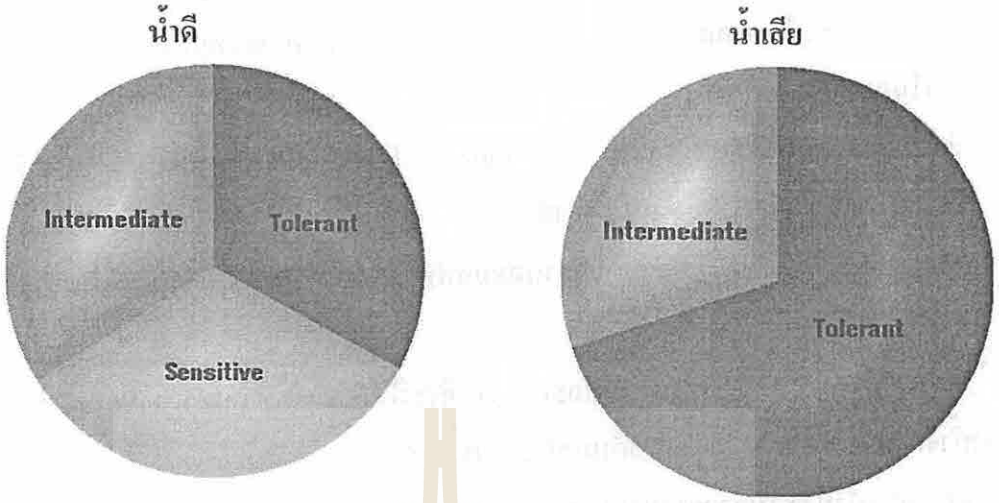
ปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ที่อยู่ท้องน้ำ ถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่มีความทนต่อการเกิดมลพิษ และสามารถใช้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้เป็นดัชนีในการบอกสุขภาพของน้ำ ความคงทนต่อมลพิษสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ

- ไม่ทนทาน (Intolerant) : ไวต่อสภาพแวดล้อมของแม่น้ำที่เปลี่ยนแปลงไป
- ทนทานปานกลาง (Intermediate) : มีความทนปานกลางต่อที่อยู่อาศัยและคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมลง
- ทนทานมาก (Tolerant) : ทนทานมากต่อที่อยู่อาศัยและคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมลง

คุณภาพน้ำไม่ใช่ปัจจัยจำกัดในการจะพบหรือไม่พบของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่ที่อยู่อาศัยทางกายภาพจะมีบทบาทมากกว่า ซึ่งหากไม่มีที่อยู่อาศัยทางกายภาพก็สามารถบอกได้ว่าคุณภาพน้ำแย่

ชนิดและจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถใช้บอกถึงคุณภาพของน้ำได้ ถ้าพบชนิดที่ไม่ทนทานและทนทานปานกลาง หมายความว่าแหล่งน้ำนั้นมีสารมลพิษอยู่อย่างไม่มีนัยสำคัญ การดูคุณภาพน้ำที่แย่ดูได้จากจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่ทนทาน ซึ่งจะพบในจำนวนที่มากกว่าชนิดที่ทนปานกลางและชนิดที่ไม่ทน จำนวนของแต่ละชนิดก็เป็นดัชนีของคุณภาพน้ำได้ โดยแม่น้ำที่มีคุณภาพน้ำดีจะมีความหลากหลายของชนิดมากกว่าจำนวนของชนิดในแต่ละชนิด ซึ่งจะเห็นว่ามีความ

หลากหลายที่เพิ่มขึ้นและระบบมีความสมดุลย์ ส่วนชุมชนที่มีสุขภาพที่ไม่ดีก็จะมีความหลากหลายที่น้อย ไม่มีความสมดุลย์ของระบบ เห็นได้จากในแต่ละตัวหรือแต่ละชนิด



รูปที่ 2.5 : การเปรียบเทียบสัดส่วนสิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำ

ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

2.11.1 การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในน้ำจืดเป็นดัชนีของมลพิษทางน้ำ

เหตุผลที่เลือกใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเป็นตัวชี้วัด มีดังนี้

- เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบนิเวศแหล่งน้ำ
- มีที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำ
- ง่ายต่อการเก็บรวบรวม
- มีระดับความแตกต่างของความทนทานต่อการถูกทำลายในสิ่งแวดล้อม
- ส่วนมากไม่เคลื่อนย้าย หรือมีการเคลื่อนย้ายน้อยมาก
- ชนิดของสิ่งมีชีวิตและจำนวนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำจะมีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่ผ่านมาและสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน
- วงจรชีวิตและลำดับอนุกรมวิธานส่วนใหญ่อยู่เป็นกลุ่ม และมีเอกสารประกอบ

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในน้ำจืดสามารถใช้ชี้วัดหรือติดตาม ดังนี้

- ใช้ชี้วัดคุณภาพน้ำในช่วงเวลายาวนาน
- ดูผลกระทบของสารมลพิษในน้ำ
- ดูผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัย
- ใช้ดูการปรับปรุงหรือการลดลงของคุณภาพน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.11.2 การใช้ปลาน้ำจืดเป็นดัชนีของมลพิษทางน้ำ

เหตุผลที่เลือกใช้ปลา เนื่องจาก

- อาศัยอยู่ในน้ำตลอดชีวิตและมีช่วงอายุที่ยาวนาน (2-10 ปี)
- ง่ายในการระบุในภาคสนาม เพราะว่าปลาแต่ละชนิดจะมีลักษณะที่แน่นอน
- ง่ายในการเก็บรวบรวม
- มีช่วงที่กว้างของระดับความทนทาน จากช่วงที่ไวมาก (มีความทนทานน้อย)ไปถึงช่วงที่ทนอย่างมากเมื่อสภาพแวดล้อมถูกทำลาย
- การกระจาย ช่วงชีวิต และการทนทานต่อมลพิษ ของปลาในอเมริกาเหนือมีเอกสารที่รวบรวมไว้อย่างดี
- ชุมชนของปลาจะมีความทนทานและสามารถที่จะฟื้นตัวจากการถูกทำลายของธรรมชาติได้

ปลาน้ำจืดสามารถใช้เป็นดัชนีเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำ คือ

- ดูคุณภาพน้ำทั้งช่วงเวลายาวนานและช่วงเวลาสั้นๆ
- ดูผลกระทบของสารมลพิษ
- ดูผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ
- ใช้ดูการปรับปรุงและการลดลงของคุณภาพน้ำ

การประเมินสิ่งมีชีวิตอย่างรวดเร็ว (Rapid Bioassessment)

Rapid Bioassessment เป็นเครื่องมือราคาไม่แพงที่ใช้บ่งบอกคุณภาพของน้ำ โดยใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดขนาดใหญ่ ปลา และแหล่งที่อยู่อาศัย โดยดูจากลักษณะที่เป็นอยู่และมลพิษ เพื่อใช้ระบุสาเหตุหรือแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นและยังสามารถใช้ในการบอกผลกระทบที่น้อยที่สุดที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำ

2.12 ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ

สีและกลิ่นของน้ำ คือ ดัชนีตัวหนึ่งที่ใช้ในการบอกถึงคุณภาพของน้ำ ปัญหาคุณภาพน้ำส่วนมากจะมีลักษณะที่คล้ายกัน

ตัวอย่างเช่น ระยะห่างจากชายฝั่งของแม่น้ำไป 2 ไมล์ พบว่าน้ำมีสี bright green ซึ่งเกิดในช่วงเวลาสั้นๆ จากข้อมูลที่มีอยู่สามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า

1. ค่า pH มีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติเล็กน้อย
2. จะมีระดับของออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้นในช่วงบ่าย
3. ปลาจะไม่มีการส่งสัญญาณของความเครียดหรือไม่มีพฤติกรรมที่แปลกไป
4. มีการไหลเล็กน้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ คือ พื้นที่ท้ายลำน้ำ ซึ่งเป็นสาขาเล็กๆ

ตัวชี้วัดข้อมูลที่รุนแรง มีดังนี้

1. ค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นกว่าปกติเมื่อมีการ bloom ของแพลงก์ตอน
2. การ bloom ของแพลงก์ตอน เป็นสาเหตุของการผลิตออกซิเจนที่เพิ่มสูงขึ้น
3. จะมีผลกระทบต่อปลา กรณีที่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายมีค่าต่ำลงอย่างต่อเนื่อง
4. หากมีการไหลช้า พบว่าสภาพนี้จะเอื้อต่อการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอน

ดัชนีที่ใช้เป็นตัวชี้วัดทางกายภาพของคุณภาพน้ำ

2.12.1 สี (Color)

สีโคลน (Muddy-Tan to Light-Brown)

- ตะกอนของสารแขวนลอยสามารถเกิดได้หลังจากฝนตก
- การไหลบ่าพื้นที่ก่อสร้าง ถนน พื้นที่เกษตรกรรม หรือทุ่งหญ้าสำหรับเลี้ยงสัตว์
- การชะล้างพังลายของดิน มีสาเหตุจากพืชมีการเคลื่อนย้ายออกจากแนวชายฝั่ง การกินหญ้าที่มากเกินไป การเกษตรกรรม และการตัดไม้

สีเขียว (Pea-Green, Bright-Green, Yellow, Brown, Brown-Green, Brown-Yellow, Blue-Green)

- สีที่เกิดขึ้นมาจากการ bloom ของแพลงก์ตอน
- สีของน้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนที่มีอยู่ในปัจจุบัน

สีกาแฟ (Tea or Coffee)

- สารอินทรีย์มีการละลายลดลงเมื่อเทียบกับสัดส่วนของดิน
- โดยทั่วไปจะเกี่ยวกับพื้นที่ที่ทำไม้ หรือพื้นที่ที่เป็นบึง

สีขาว (Milky-White)

- สีที่ใช้ทา (การก่อสร้าง) นม (กระบวนการผลิตอาหาร)

สีแดง ม่วง น้ำเงิน หรือดำ (Dark-Red, Purple, Blue, or Black)

- สี Fabric หมึกจากกระดาษและนวัตกรรมการประดิษฐ์กระดาษแข็ง

สีเทา หรือ ดำ (Milky-Gray or Black)

- การปล่อยพวกของโสโครก หรือของเสียที่มีความต้องการออกซิเจน ทำให้เกิดก๊าซไข่เน่า หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์

สีดำใส (Clear Black)

- การผสมกันของออกซิเจน-น้ำข้างล่าง หรือการทำกรดซัลฟูริกหก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สีแดง ส้ม (Orange-Red)

- การทับถมที่ก้นแม่น้ำ ซึ่งจะมีความเกี่ยวพันกับพื้นที่ผลิตน้ำมัน โดยสามารถตรวจสอบได้จากกลิ่นของปิโตรเลียม
- เหล็ก โดยจะพบน้ำมันหรือคราบที่เหลืออยู่ในปัจจุบัน กลิ่นที่เกิดขึ้นจะไม่ใช่กลิ่นปิโตรเลียม

ตะกอนขาว (White Crusty Deposits)

- พบในพื้นที่แห่งแล้งหรือทะเลทราย ซึ่งมีการระเหยของน้ำออกไปจึงเหลือคราบของเกลือที่ทับถมกันอยู่ เช่น คลอไรด์ หรือ ซัลเฟต
- เกี่ยวพันกับการปล่อยน้ำเค็ม (จากพื้นที่ที่มีการผลิตน้ำมัน) กลิ่นปิโตรเลียม และคราบน้ำมันที่เกิดขึ้นในเวลานาน

2.12.2 กลิ่น (Odors)

ไข่เน่า (Rotten Eggs or Hydrogen Sulfide)

- ของโสโครก (บ่อเกรอะ)
- ตะกอนที่ไม่มีออกซิเจน (anoxic)

คลอรีน (Chlorine)

- การปล่อยจากโรงงานบำบัดน้ำเสีย สระว่ายน้ำ และจากอุตสาหกรรม

กลิ่นฉุน (Sharp, Pungent Odor)

- กระบวนการเคมีและยาฆ่าแมลง

กลิ่นเหม็น (Musty Odor)

- -ของโสโครกทั้งที่มีการบำบัดแล้วและยังไม่ได้บำบัด ของเสียจากปศุสัตว์ หรือสาหร่าย

กลิ่นน้ำมัน (Petroleum Odor)

- เกิดจากการทำหก พื้นที่ที่มีการผลิตน้ำมันหรือแก๊ส หรือจากการไหลผ่านถนน

2.12.3 ฝ้าที่ลอยอยู่เหนือน้ำ (Surface Scum)

ฟองสีน้ำตาล (Tan Foam)

- กิจกรรมที่ทำให้เกิดคลื่นและการไหลสูงขึ้น เช่น กิจกรรมจากลม ซึ่งทำให้น้ำเป็นฟอง (การเพิ่มขึ้นจากฝนที่ตก) เป็นต้น

ฟองสีขาว (White Foam)

- บางครั้งพบเป็นหย่อมๆหรือพบในพื้นที่ที่กว้าง โดยจะพบอยู่รอบๆน้ำเสียที่ปล่อยลงมา โดยปกติจะกระจายหรือมีคลื่นและส่วนใหญ่มาจากสบู่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ฟิล์มสีเหลือง น้ำตาล ดำ (Yellow, Brown, Black Film)

- เกสรของ Pine, cedar และ oak โดยส่วนมากจะพบในบ่อ หรือน้ำที่มีการเคลื่อนที่ช้าๆ

ฟิล์มสีรุ้ง (Rainbow Film)

- น้ำมันหรือเชื้อเพลิงอื่นๆ เกิดจากเมื่อฝนตกน้ำมันและแก๊สที่เหลือจะถูกล้างจากถนน ไหลลงสู่แม่น้ำ ส่วนแหล่งอื่นๆ เช่น การทำหก ท่อส่งแก๊ส และพื้นที่ที่มีการผลิตน้ำมันและแก๊ส

2.13 การใช้ประโยชน์จากพื้นที่บริเวณรอบๆ

ลักษณะและกิจกรรมที่อยู่ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำของแม่น้ำ ลำธาร หรือทะเลสาบ จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งพบว่ามีความสำคัญต่อการประเมินคุณภาพน้ำ การใช้ที่ดินที่แตกต่างกันทำให้คุณภาพน้ำมีลักษณะที่แตกต่างกันไปด้วย

พื้นที่ป่าไม้ การกัดเซาะที่เกิดจากการตัดไม้ การสร้างถนน กิจกรรมต่างๆเหล่านี้ทำให้เกินโคลนขึ้นในแหล่งน้ำ

พื้นที่การเกษตร การใช้ปุ๋ยในการเพิ่มผลผลิต ใช้ในสนามหญ้า หรือการให้อาหาร กิจกรรมต่างๆ เหล่านี้สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่แม่น้ำ ทำให้สาหร่ายและพืชน้ำมีการเจริญเติบโตที่มากเกินไป นอกจากนี้แม่น้ำบางแหล่งยังมีพวกยาฆ่าแมลงหรือยากำจัดวัชพืช ซึ่งเกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน

พื้นที่ที่เป็นเมือง น้ำที่ไหลผ่านเมืองหรือชุมชน ส่วนใหญ่พบว่ามีการปนเปื้อนเกิดขึ้น เช่น น้ำมัน ยาฆ่าแมลง โลหะหนัก และสารเคมี น้ำในแต่ละพื้นที่จะมีการปนเปื้อนที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของแต่ละพื้นที่ว่าทำกิจกรรมอะไรเป็นหลัก

อุตสาหกรรม จำนวนชนิดของสารเคมีและผลผลิตจะขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรม อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น การเจริญเติบโตของสาหร่ายที่มากเกินไป ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำไม่สามารถอยู่ได้ (เช่น การตายของปลา) เนื่องจากค่าความต้องการออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น

โรงงานบำบัดน้ำเสีย มลพิษที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นพวกสารอินทรีย์ ส่งผลกระทบต่างๆ เช่น การเจริญเติบโตของสาหร่ายที่มากเกินไป การเกิดฟองสีขาว การทับถมกันของตะกอน ปลาและแมลงไม่สามารถอยู่ได้ ขณะที่สิ่งมีชีวิตที่มีความทนทานจะมีจำนวนมากขึ้น (เช่น ยุง) มีความผันแปรของออกซิเจนที่ละลาย มีกลิ่นคลอรีน ค่าความต้องการออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น และเกิดราบนของโสโครก (เช่น ราสีขาว และน้ำตาลเทา) น้ำที่ไม่มีการเติมคลอรีจะมีปริมาณแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม หรือ *E. coli* เพิ่มสูงขึ้น แต่หากน้ำดังกล่าวมีคลอรีนที่มากเกินไปก็จะเกิดปรากฏการณ์การฟอกสีของพืชน้ำ

การก่อสร้าง น้ำฝนที่ไหลผ่านพื้นที่ก่อสร้างจะมีโคลนและความขุ่นเพิ่มสูงขึ้น

ที่อยู่อาศัย การใช้ปุ๋ยในสนาม น้ำมันจากรถยนต์ บ่อเกรอะ สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการล้างรถ หรือของเหลือใช้ต่างๆ (เช่น กระป๋อง ขวด และกระดาษ เป็นต้น)

2.14 การตายของปลา

การระบุสาเหตุการตายของปลานั้นทำได้ยาก เพราะเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์ สาเหตุจากธรรมชาติ เช่น ค่าออกซิเจนละลายลดลง การติดเชื้อโรค อุณหภูมิในน้ำเพิ่มสูงขึ้น การ bloom ของสาหร่าย พาราสิต แบคทีเรีย หรือเชื้อจากไวรัส

คุณสมบัติของน้ำ และสาเหตุที่ทำให้ปลาตาย ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2 และ 2.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.2 : คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ และสาเหตุที่เป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับการตายของปลา

การสังเกต และ คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ	สาเหตุที่เป็นไปได้
• พบปลาขนาดใหญ่อยู่ผิวน้ำ แต่ปลาขนาดเล็กสามารถมีชีวิตได้ปกติ • ลำบากในการกลืนอากาศ • ออกซิเจนละลายมีค่าต่ำ	• ออกซิเจนที่ลดลงมีสาเหตุมาจาก สารอินทรีย์ที่มากเกินไป โรงงานบำบัดของเสีย ปศุสัตว์ การใช้น้ำชลประทาน การย่อยสลายวัสดุของพืช หรือการตายของ algal bloom การไม่มีลม และสภาพอากาศมืดครึ้ม
• พบปลาขนาดใหญ่อยู่ผิวน้ำ • ลำบากในการกลืนอากาศ	• อาจจะมีสาเหตุเหมือนกับข้อข้างบน แต่สภาพแวดล้อมในปัจจุบันมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ เนื่องจากมีการเติมออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำ • แอมโมเนียเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการตาย โดยมีแหล่งกำเนิดคือ อาหาร และโรงงานบำบัดน้ำเสีย
• เส้นทางการว่ายน้ำของปลาเปลี่ยนไป เพื่อหลีกเลี่ยงสารมลพิษ	• โลหะหนัก หรือการปล่อยของเสียเคมีจากโรงงานผลิตสารประกอบเคมี และโรงงานบำบัดน้ำเสีย
• การตายของปลาหลังจากเกิดฝนตกหนัก	• ยาฆ่าแมลง หรือยาฆ่าวัชพืชที่มาจากพื้นที่ทางการเกษตร หรือจากการไหลบ่าของสารเคมีจากกิจกรรมการสเปรย์ในอากาศ
• คราบน้ำมันบนผิวน้ำ	• รอยแตกของท่อ • การปล่อยน้ำที่ใช้ในการล้างเรือบรรทุกน้ำมัน • การรั่วของเรือบรรทุกน้ำมัน หรือจากสถานีก๊าซ
• การสะสมสารอินทรีย์ในแม่น้ำและก้นแม่น้ำ • ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงขึ้นในน้ำตัวอย่าง	• การปล่อยน้ำเค็มเข้าสู่แม่น้ำ
• pH มีค่าต่ำ • น้ำมีการฟอกสีหรือเปลี่ยนสีเป็นสีส้ม แต่ยังเป็นน้ำสะอาด	• น้ำมีความเป็นกรด เกิดจากการทำเหมืองแร่ถ่านหิน
• ปลามีการตื่นตัวมากกว่าปกติ มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนี้จะมีการตายเกิดขึ้น โดยปลาจะพยายามว่ายเข้าไปใกล้ชายฝั่ง	• มีระดับแอมโมเนียที่สูงขึ้น เนื่องจากของโสโครกและอาหารที่ให้แก่สัตว์ นอกจากนี้ยังทำให้ ค่า pH มีค่าต่ำ
• มีเลือดออกที่เหงือก • พฤติกรรมเฉื่อยชา • มีการฟอกสี	• มีระดับคลอรีนที่สูงขึ้น แหล่งกำเนิดคือ โรงงานบำบัดน้ำเสีย หรือจากสระว่ายน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.3 : สัญญาณทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุการตายของปลา (Physical Signs Associated with Common Causes of Fish Kills)

สัญญาณทางกายภาพ	การลดลงของออกซิเจน	การเกิด algal bloom	ความเป็นพิษจากยาฆ่าแมลง
พฤติกรรมของปลา	การอ้าปากและการว่ายน้ำที่ผิวน้ำ	มีการสั่นไปทั้งตัว ว่ายน้ำไม่ปกติ เซื่องซึม	มีการสั่นไปทั้งตัว ว่ายน้ำไม่ปกติ เซื่องซึม (ครีบที่หน้าอกแผ่ออก)
การคัดเลือกชนิดการตายของปลา	ทุกชนิดได้รับผลกระทบ บางชนิดสามารถทนในสภาพที่มีออกซิเจนละลายต่ำ	ทุกชนิดได้รับผลกระทบ	ส่วนมากมีหนึ่งชนิดที่มีการตายก่อนชนิดอื่น ขึ้นอยู่กับความไวและระดับของยาฆ่าแมลงที่ได้รับ
ขนาดของปลา	ปลาที่มีขนาดใหญ่จะตายก่อน และผลสุดท้ายคือปลาทุกชนิดและทุกขนาดจะตายทั้งหมด	ปลาขนาดเล็กจะตายเป็นอันดับแรก และท้ายที่สุดคือ ทุกขนาดจะตายทั้งหมด	ปลาขนาดเล็กจะตายเป็นอันดับแรก และท้ายที่สุดคือ ทุกขนาดจะตายทั้งหมด
เวลาของการตายของปลา	กลางคืนและช่วงเช้า	ประมาณ 21.00-5.00 น.	ทุกชั่วโมง
ความมากมายของแพลงก์ตอน	มีการตายของสาหร่ายและแพลงก์ตอนสัตว์ในปัจจุบันเพียงเล็กน้อย	มีความมากมายของสาหร่ายแค่ชนิดเดียว และแพลงก์ตอนสัตว์ในปัจจุบันเพียงเล็กน้อย	ถ้าเป็นยาฆ่าแมลง จะไม่พบแพลงก์ตอนสัตว์ แต่จะพบสาหร่ายตามปกติ แต่ถ้าเป็นยากำจัดวัชพืชจะไม่พบสาหร่าย
ออกซิเจนละลาย	น้อยกว่า 2 ppm	มีค่าสูงมาก (เกิดออกซิเจนอิ่มตัวหรือออกซิเจนอิ่มตัวยิ่งยวดบ่อยๆ)	ช่วงปกติ
pH ของน้ำ	6.0-7.5	9.5 หรือมากกว่า	7.5-9.0
สีของน้ำ	น้ำตาล เทา หรือดำ	เขียวอมดำ น้ำตาล หรือทอง บางครั้งมีกลิ่นเหม็น	ส่วนใหญ่มีสีปกติ แต่บางครั้งก็มีสีที่ไม่ปกติ
การเกิด algal bloom	มีการตายจำนวนมาก	สาหร่ายมีจำนวนมาก แต่มีแค่ชนิดเดียวเท่านั้น	มีการ bloom ของแพลงก์ตอนปกติ ยกเว้นหากมียากำจัดวัชพืชจะไม่พบสาหร่าย

มหาวิทยาลัยบูรพา

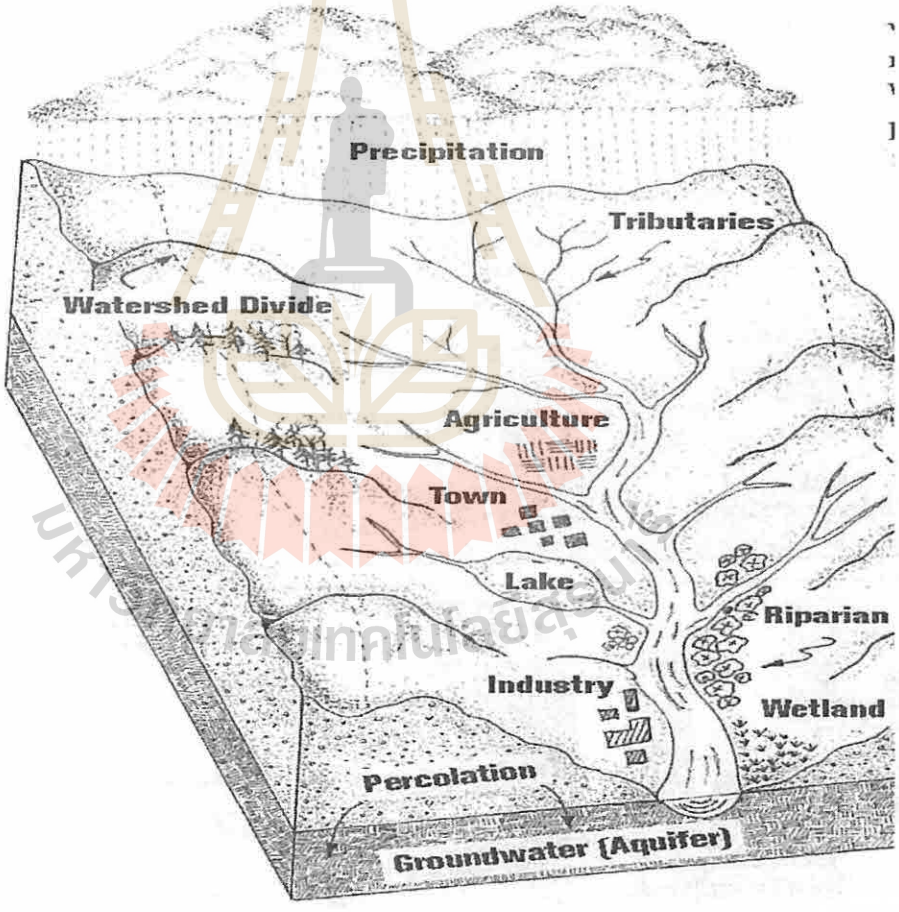
บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานของระบบนิเวศน้ำจืด

ระบบนิเวศน้ำจืด หรือระบบนิเวศแหล่งน้ำ คือ สิ่งแวดล้อมที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิต (biotic) และสิ่งที่ไม่มีชีวิต (abiotic) ที่อยู่ในแหล่งน้ำจืด

3.1 พื้นที่ระบาย (Drainage Basins)

ระบบนิเวศน้ำจืด ประกอบด้วย บ่อ ทะเลสาบ แม่น้ำ และลำธาร เป็นต้น นิยามหรือความหมายคือ แม่น้ำลำธารทั้งหมด หรือทางระบายน้ำ หรือพื้นที่รองรับน้ำฝน ขณะที่ USEPA ได้ให้นิยาม Drainage Basins คือ พื้นที่ทางธรณีวิทยาซึ่งประกอบไปด้วย น้ำ ตะกอน และวัตถุที่ละลายได้

การแบ่งแส้นของทางระบายน้ำสองทางจะใช้จุดที่สูงที่สุดระหว่างพื้นที่ทั้งสอง ผลที่เกิดจากการแบ่งทางระบายน้ำคือ ทำให้ระบบแม่น้ำ ลำธารมีความแตกต่างกัน



รูปที่ 3.1 : พื้นที่ระบายน้ำ (Drainage Basin)

ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

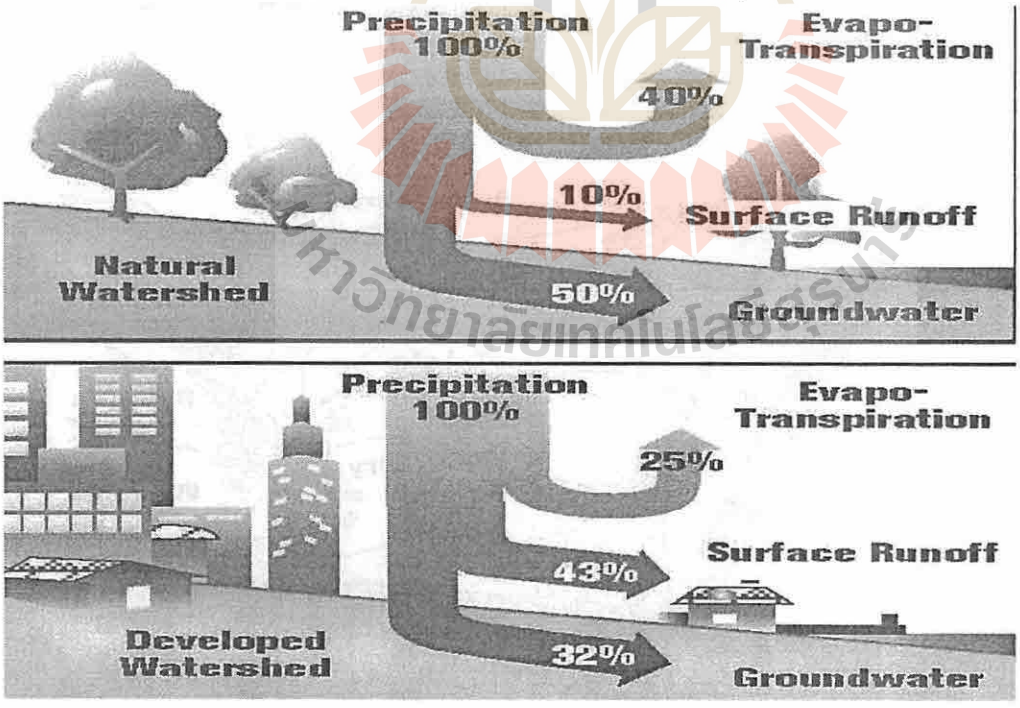
3.2 พื้นที่ลุ่มน้ำ (Watersheds)

ลุ่มน้ำ Watersheds มีขนาดกว้างกว่าพื้นที่ระบายน้ำ drainage basin โดย drainage basin คือ การเคลื่อนย้ายทางกายภาพของน้ำ ตะกอน และแร่ธาตุที่ละลายเข้าไปสู่พื้นที่อื่น ส่วนลุ่มน้ำ คือ ระบบที่ซับซ้อนของสารประกอบที่ส่งผลกระทบต่อน้ำ

แต่ละลุ่มน้ำ ประกอบด้วยหลายปัจจัยที่มีปฏิสัมพันธ์กันของน้ำในระบบ รวมทั้งภูมิอากาศ ปริมาณฝนที่ตก ธรณีวิทยา และภูมิประเทศของพื้นที่ (หิน ดิน หุบเขา พื้นที่ต่ำ และป่าไม้) และกิจกรรมของมนุษย์ (เมือง การพัฒนาอุตสาหกรรม และการเกษตร)

เมื่อเกิดฝนตกน้ำฝนบางส่วนจะไหลผ่านพื้นดิน ขณะที่บางส่วนจะซึมผ่านดิน เข้าไปเป็นน้ำใต้ดิน และมีการระบายออกสู่แม่น้ำ สรุปคือทุกอย่างที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ จะระบายลงสู่แม่น้ำ น้ำที่ไม่บริสุทธิ์ที่มีน้ำมันและไขมัน (จากการไหลผ่านถนน) หรือแบคทีเรีย (จากน้ำเสียที่ไม่ได้บำบัด จากบ่อเกรอะ และจากแหล่งอื่นๆ) จะมีลักษณะที่ดีขึ้นเมื่ออยู่ในน้ำที่ไหล และเมื่อไหลไปรวมกันก็จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำต่อไป

ในพื้นที่ธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ พืชจะช่วยชะลอการไหลของน้ำ นอกจากนี้ยังเป็นตัวกรองความไม่บริสุทธิ์และลดการพังทลายของดิน ในพื้นที่ป่าไม้ ครึ่งหนึ่งของปริมาณฝนที่ตกทั้งหมดจะถูกดูดซับเข้าไปใต้ดินกลายเป็นน้ำใต้ดิน ส่วนในพื้นที่เมืองพบว่าพืชเหล่านี้ถูกทำลายและแทนที่ด้วยคอนกรีต ซึ่งทำให้น้ำไม่สามารถซึมผ่านลงไปได้ ส่งผลคือน้ำมีการไหลอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้เกิดน้ำท่วม การชะล้างพังทลายของดิน และสารมลพิษต่างๆ สามารถลงไปสู่น้ำผิวดินได้มากขึ้น



รูปที่ 3.2 : ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของหยาดน้ำฟ้าในพื้นที่ธรรมชาติและเขตเมือง

ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 ระบบนิเวศน้ำจืด

ระบบนิเวศน้ำจืด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ **น้ำไหล (running water or lotic)** เช่น แม่น้ำ ลำธาร และ**น้ำนิ่ง (standing water or lentic)** เช่น บ่อ บึง ทะเลสาบ เป็นต้น

ความแตกต่างระหว่างแม่น้ำและทะเลสาบ

ความแตกต่างระหว่างแม่น้ำและทะเลสาบที่ชัดเจน สามารถดูได้จากลักษณะทางกายภาพ (การเคลื่อนที่หรือการอยู่นิ่ง) (ตารางที่ 3.1) ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ และความสามารถของน้ำในการรับสารมลพิษ

ตารางที่ 3.1 : ความแตกต่างโดยทั่วไประหว่างน้ำไหลและน้ำนิ่ง (General Differences Between Streams and Lakes)

น้ำไหล (Lotic)	น้ำนิ่ง (Lentic)
มีการไหลทางเดียวจากน้ำข้างบนข้างล่าง	มีการไหลหลายทาง ไม่มีทางเฉพาะเจาะจา
มีออกซิเจนจำนวนมาก	ที่ก้นของน้ำมีปริมาณออกซิเจนลดลง
ตื้นกว่า	ลึกกว่า
แคบและยาวกว่า	กว้างและสั้นกว่า
มีความหลากหลายของสิ่งแวดล้อมบนบก จึงส่งผลต่อคุณภาพน้ำ เพราะส่วนของน้ำที่อยู่ใกล้ชายฝั่งมีมากกว่า	สิ่งแวดล้อมบนบกเหมือนกับรอบๆ ชายฝั่งของทะเลสาบ ส่วนของน้ำที่อยู่ใกล้ชายฝั่งมีน้อยกว่า
แม่น้ำและลำธาร มีการไหลต่อเนื่อง เข้าไปในช่องทางเดินน้ำ ซึ่งมีลักษณะที่ยาว กว้างและลึกมากกว่า	ทะเลสาบจะตื้นกว่า เนื่องจากการตกตะกอน
แม่น้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงจาก แม่น้ำที่มีอายุน้อย แคบ และตื้น ไปเป็นแม่น้ำที่กว้าง และลึกมากกว่า	ทะเลสาบหรือบ่อจะมีการเปลี่ยนแปลงจาก lake ไปเป็น marsh หรือ swamp และในที่สุดจะเปลี่ยนไปเป็นพื้นดิน
ช่วงเวลาในการกักเก็บของน้ำสั้นกว่า	ช่วงเวลาในการกักเก็บน้ำยาวกว่า
ผิวน้ำและข้างล่างของน้ำจะมีอุณหภูมิที่เหมือนกัน	อาจจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิจากผิวน้ำลงสู่ข้างล่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.1 ระบบน้ำไหล (Lotic System)

น้ำไหล ประกอบด้วยแม่น้ำและลำธาร การไหลของน้ำมีหลายรูปแบบ ทำให้ลักษณะของแม่น้ำและลำธารจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ตามการใช้ประโยชน์ของพื้นที่บริเวณรอบๆ ตามขนาดของลุ่มน้ำ ลำดับของสาขาลำน้ำ ธรณีวิทยา ดิน ภูมิประเทศ การไหล และพืชพรรณ

ลำดับของลำธาร (Stream Order)

การไหลของลำธารช่วงแรกเรียกว่า first-order streams หรือ ต้นน้ำ (headwater streams) มีจุดเริ่มต้นจากน้ำพุ แล้วจะมีการไหลออกสู่ทะเลสาบ บึง หรือพื้นที่ชุ่มน้ำต่อไป

เมื่อ first-order streams ไหลมาเจอกับ first-order streams อื่นกลายเป็น second-order streams เมื่อ second-order streams มารวมกันจึงเกิดเป็น third-order streams นอกจากนี้ถ้า second-order streams ไหลเข้าไปใน third-order streams ก็เกิด third-order streams เช่นกัน และเมื่อ third-order streams สองสายไหลมารวมกันก็เกิดเป็น fourth-order streams พบว่าจะมีการไหลรวมกันอย่างนี้ไปจนถึงแม่น้ำขนาดใหญ่ ท้ายที่สุดแล้วคือมีการไหลลงสู่ทะเลสาบหรือทะเล เช่น แม่น้ำ Mississippi เป็นแม่น้ำที่อยู่ใกล้กับภูเขามีลำดับการไหล 12 ลำดับ

ชนิดของแม่น้ำ

แม่น้ำและลำธารจะมีลักษณะอย่างแรกคือ มีการไหล โดยลำธารสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ

1. Perennial Stream : แม่น้ำและลำธารประเภทนี้จะมีน้ำไหลตลอดปี
2. Interittent Stream : แม่น้ำ ลำธารประเภทนี้จะเหือดแห้งเป็นช่วง เช่น หนึ่งสัปดาห์ หรืออาจยาวนานกว่านี้ ซึ่งส่วนใหญ่พบในเขตทะเลทราย หรือกึ่งทะเลทราย และในบางปีพบว่าหากมีความแห้งแล้งที่รุนแรงมาก ลำธารประเภท perennial จะกลายเป็น intermittent
3. Ephemeral Stream : แม่น้ำ ลำธารประเภทนี้จะมีน้ำอยู่ในช่วงเวลาที่สั้นมาก เช่นมีน้ำเพียงหนึ่งวันเท่านั้น

การเพิ่มหรือลดของระดับน้ำในลำธาร (Gaining and Losing Stream)

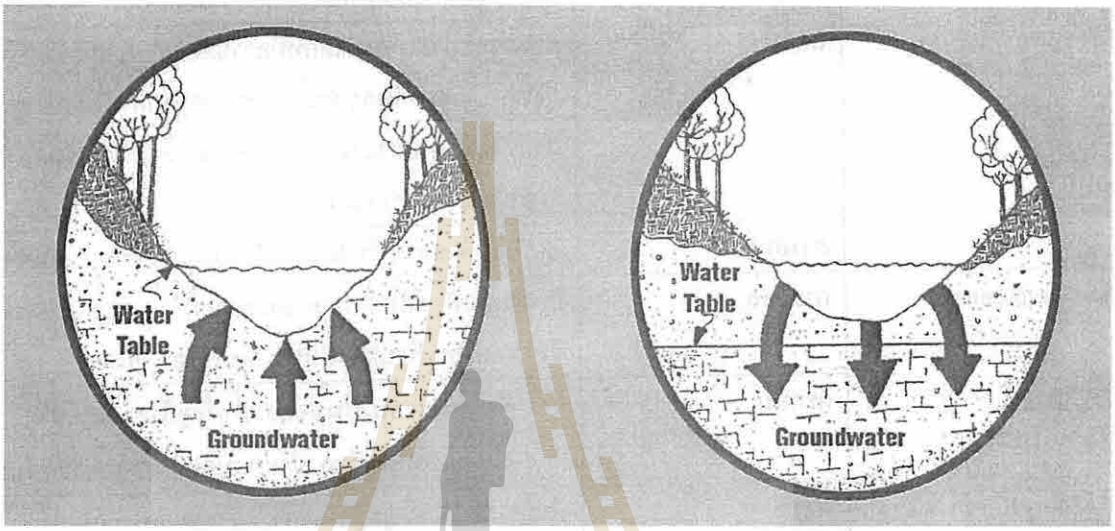
ปัจจัยที่มีความสำคัญที่ช่วยรักษาการไหลของน้ำในฤดูแล้งคือ ระดับน้ำใต้ดิน (water table) ซึ่งเกิดจากการตกของฝนและหิมะละลาย ทำให้น้ำมีการซึมผ่านดินลงไปจนถึงโซนการอิ่มตัวที่อยู่ใต้ดิน ที่เรียกว่า **Aquifer**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Aquifer จะสะสมเป็นน้ำใต้ดิน พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับระดับผิวของ Aquifer จะเรียกว่า ระดับน้ำใต้ดิน เมื่อระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้กับพื้นผิวโลก น้ำใต้ดินเหล่านี้สามารถที่จะซึมเข้าไปในแม่น้ำ ลำธารได้ เช่นการเกิดน้ำพุ โดยการไหลประเภทนี้เรียกว่า **Gaining Stream**

แต่เมื่อระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าช่องระบายน้ำ บางครั้งจึงเกิดการเคลื่อนย้ายจากน้ำผิวดินไปที่ Aquifer การไหลประเภทนี้เรียกว่า **Losing Stream**

Gaining Stream **Losing Stream**



รูปที่ 11 : การเพิ่มและลดของระดับน้ำในลำธาร (Gaining and Losing Stream)
ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

ประเภทของลำธาร (Stream habitat Types)

ลักษณะกายภาพของน้ำไหลจะมี 2 ลักษณะ คือ

1. Lotic erosional : พบในน้ำที่มีการไหลเร็วมาก
2. Lotic depositional : พบในน้ำที่มีการไหลช้ามาก

โดยประเภทของแหล่งที่อยู่อาศัย ตะกอน และสารต่างๆ จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับพื้นที่ในแต่ละเขต(ตารางที่ 3.2)

การไหลของแม่น้ำและลำธารในหุบเขาที่ต่ำจะถูกขัดขวางน้อยมาก การเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศส่งผลให้เส้นทางการไหลของแม่น้ำเปลี่ยนแปลงไป โดยหากการเปลี่ยนแปลงเป็นการเพิ่มความโค้งจะเรียกว่า meanders ซึ่งเกิดจากกระบวนการชะล้างพังทลายและการทับถมของตะกอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 : ลักษณะของแม่น้ำลำธาร (Aquatic Stream Habitats)

ลักษณะ แหล่งน้ำ	ลักษณะ	อธิบาย
Lotic-erosional	การไหล	มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ตื้นของแม่น้ำ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 พื้นที่คือ • Riffle มีการไหลเร็วมาก และน้ำไหลเชี่ยว • Run มีการไหลเร็วมาก แต่น้ำไม่ไหลเชี่ยว • Glide น้ำมีการไหลช้า
	ตะกอน	ตะกอนหยาบ ประกอบด้วย ก้อนหิน ก้อนกรวด และกรวด
	พืชน้ำ	พืชเจริญบนตะกอนหยาบ
	สัตว์น้ำ	แมลงน้ำ ปลาขนาดเล็กที่มีความต้องการออกซิเจนปริมาณสูง การไหลของน้ำสามารถเติมอากาศให้แก่แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตมีความสามารถในการปรับตัวโดยการว่ายน้ำ หรือเกาะอยู่กับหิน ในเขต riffle
	สารอินทรีย์	ประกอบด้วยซาก ใบไม้ กิ่งไม้ หรืออนุภาคหยาบอื่นๆ
Lotic-depositional	การไหล	มีความสัมพันธ์กับความลึกและความกว้าง โดยน้ำมีการไหลช้าหากเปรียบเทียบกับ riffles, runs และ glides
	ตะกอน	• ช่วงแรกพบในบ่อและน้ำที่อยู่ท้ายของแม่น้ำ • ตะกอนละเอียด ประกอบด้วย ทรายและทรายแป้ง
	พืชน้ำ	พืชที่จมน้ำ ที่เจริญอยู่บนตะกอนละเอียด
	สัตว์น้ำ	• เป็นสิ่งมีชีวิตที่คล้ายกับที่พบในทะเลสาบหรือบ่อ • การที่น้ำไหลช้า ทำให้ปลาสามารถหาอาหารได้ง่ายขึ้น
	สารอินทรีย์	ประกอบด้วยซากของใบไม้ และวัสดุอื่น ซึ่งสามารถพบได้ที่ก้นของบ่อและพื้นที่ท้ายลำน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Erosional Zone

คือโซนที่มีการชะล้างพังทลาย เช่น บริเวณชายฝั่ง ส่วน Riffles คือ ส่วนที่ตื้นของลำธารที่มีลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน

พบว่าน้ำที่ไหลเร็วหรือไหลเชี่ยว วัตถุที่อยู่ก้นจะเป็นพวก กรวด ก้อนหิน และหินที่นอนอยู่ก้น

Glides และ runs คือ พื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำ โดยมีการไหลผ่านระหว่าง riffles และ pools

Glide คือ พื้นที่ที่มีลักษณะการไหลที่ช้ามาก ไม่มีการไหลเชี่ยว เหมือนกับคลองที่ตื้น หาก glide อยู่ตื้นเกินไปจะกลายเป็น pool ส่วน run คือ ส่วนที่ตื้นของลำธาร มีการไหลที่เร็วแต่ไม่ไหลเชี่ยว โดยหาก run อยู่ลึกเกินไปจะกลายเป็น riffle และหากอยู่ตื้นเกินไปจะกลายเป็น pool

พื้นที่ที่เป็น riffle ของลำธารจะมีความสำคัญในการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงในน้ำ และปลาขนาดเล็ก ข้อดีของน้ำไหลคือเป็นการให้อาหารและเติมออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำ ในน้ำที่ไหลเร็วมากจะมีพืชเจริญเติบโตได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ในลำธารที่มีขนาดเล็กอาจมีการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต พื้นที่ที่เป็น riffle จะช่วยสนับสนุนการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในน้ำที่มีการไหลเร็ว ตัวอย่างเช่น พวกสาหร่าย พืช และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะยึดติดกับหิน ขอนไม้ และซากปรักหักพังอื่นๆ แต่พบว่าปลาบางชนิดก็ชอบอยู่ในน้ำที่ไหลเร็ว

Depositional Zone

คือโซนฝั่งด้านในของแม่น้ำที่มีความเร็วน้อยที่สุด โดยความเร็วที่ต่ำทำให้มีการตกตะกอนของสารแขวนลอยและแร่ธาตุลงสู่ก้น ซึ่งช่วยให้พืชน้ำพ้นขึ้นมาเหนือน้ำ

Pool คือ บริเวณที่มีการไหลช้า ความลึกกับความกว้างของน้ำจะมีความสัมพันธ์กันเปรียบเทียบกับพื้นที่ของ riffle, run หรือ glide ส่วน Eddies คือการเคลื่อนย้ายของกระแสน้ำโดยตรงเข้าไปยังท้ายน้ำ โดยปกติจะมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลม บริเวณ Pool จะช่วยในการสนับสนุนพวก ปลา สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในน้ำ และพืชน้ำ

ตะกอนในพื้นที่ Pool ส่วนมากจะประกอบด้วย ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และสารอินทรีย์ ส่วนพื้นที่ riffle, run หรือ glide ตะกอนที่พบจะมีลักษณะหยาบ การลดลงของความเร็วทำให้วัตถุแขวนลอยตกลงสู่ก้น น้ำที่มีการไหลช้าจะช่วยสนับสนุนการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตเหมือนกับน้ำที่อยู่ในทะเลสาบ และบ่อต่างๆ

Riparian Zone

Riparian Zone คือ โซนที่มีพืชขึ้นปกคลุม อยู่ระหว่างใกล้พื้นดินและแม่น้ำ ลำธาร พื้นที่เหล่านี้มีความสำคัญในการควบคุมตะกอน และสารอาหารเข้าไปสู่แม่น้ำ ลำธาร Riparian Zone ประกอบด้วยพื้นที่บริเวณฝั่งของลำธารและพื้นที่ลุ่มน้ำที่น้ำสามารถท่วมถึง

ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง Riparian Zone และลำธารจะมีผลต่อสุขภาพของแหล่งน้ำ ตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่น้ำท่วม ซึ่งลำธารเหล่านี้จะมีช่องที่ช่วยในการควบคุมน้ำท่วมโดยพืชต่างๆ ยกเว้นหญ้าซึ่งจะถูกเคลื่อนย้ายออกจากชายฝั่ง จะเห็นว่า Riparian Zone จะช่วยในการรักษาพืชท้องถิ่นได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ความสำคัญของถิ่นที่อยู่อาศัยในน้ำ (Importance of In-Stream Habitats)

แหล่งที่อยู่อาศัยที่อยู่ในแหล่งน้ำ ประกอบด้วย pool, riffles, root mats, undercut banks, พืชน้ำ, หินและขอนไม้ที่จม, พืชที่แขวนลอยอยู่, และใบไม้ที่ถูกย่อยสลาย สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่กำหนดชนิดของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

แหล่งที่อยู่อาศัยในสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ จะมีความหลากหลายมากกว่าของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่ต่ำบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำที่แย่ ในอดีตการบอกคุณภาพน้ำจะใช้ลักษณะทางเคมีและทางกายภาพ (ออกซิเจนละลาย ค่า pH และอุณหภูมิ) ปัจจุบันใช้การประเมินชุมชนของสิ่งมีชีวิตและแหล่งที่อยู่อาศัยด้วย

สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไหล

- **เขตน้ำไหลเชี่ยว** สิ่งมีชีวิตในบริเวณนี้สามารถคืบคลานไปมาได้สะดวกและทนทานต่อกระสน้ำได้ดี เช่น ปลา ตัวอ่อนของริ้นดำ ตัวอ่อนของด้วงและตัวอ่อนแมลงชีปะขาว เป็นต้น
- **เขตน้ำไหลเอื่อย** บริเวณนี้มีตะกอนทับถมจึงมักไม่มีสัตว์เกาะตามท้องน้ำ (Benthos) เขตนี้เหมาะกับพวกที่ขุดรู เช่น หอยสองฝา ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาว แพลงก์ตอน และพวกที่ว่ายน้ำได้

สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไหลโดยเฉพาะน้ำเชี่ยว มีการปรับตัวพิเศษเพื่อการอยู่รอดหลายวิธี เช่น

- มีโครงสร้างพิเศษสำหรับเกาะหรือดูดพื้นผิว เพื่อให้ติดแน่นกับพื้นผิว สัตว์ที่มีอวัยวะพิเศษเช่นนี้ ได้แก่ แมลงหนอนปลอกน้ำ
- สร้างเมือกเหนียวเพื่อยึดเกาะ เช่นพลานาเรีย หอยฝาเดียว
- มีรูปร่างเพรียวเพื่อลดความต้านทานของกระแสน้ำ เช่นปลา
- ปรับตัวให้แนบเพื่อยึกติดกับท้องน้ำให้แนบสนิท หรือเพื่อให้สามารถแทรกตัวอยู่ในซอกแคบๆ เพื่อหลีกเลี่ยงกระแสน้ำแรงๆ

3.3.2 น้ำนิ่ง (Lentic Zone)

น้ำนิ่ง ประกอบด้วย ทะเลสาบ บ่อ และพื้นที่ชุ่มน้ำ ทะเลสาบและบ่อน้ำมีรูปร่างที่หลากหลาย ในทางเหนือของสหรัฐอเมริกาพบว่ามีบ่อและทะเลสาบอยู่มากมาย ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของธารน้ำแข็ง

ทะเลสาบเป็นแหล่งน้ำที่มีรูปร่างคดเคี้ยว วกไปเวียนมา การคดเคี้ยวของทะเลสาบมีลักษณะเหมือนกับงู ทะเลสาบแต่ละแห่งมีชื่อที่แตกต่างกันออกไป

พื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นโซนที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างน้ำและพื้นดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- Marshes : พื้นที่ที่น้ำมีการตื้นตามฤดูกาลหรือตื้นถาวร เกิดจากการไหลผ่านของน้ำผิวดินและน้ำท่วม พืชที่พบจะเป็นพวกไม้เนื้ออ่อน
- Swamps : พื้นที่ที่มีดินเปียกมาก ในแต่ละฤดูของทุกปีจะมีปริมาณน้ำคงที่และแน่นอน พืชที่ขึ้นจะเป็นไม้ยืนต้นและไม้พุ่ม Swamps สามารถเกิดได้ทั้งในพื้นที่น้ำจืดและน้ำเค็มที่น้ำท่วมถึง
- Bogs : ลักษณะคือจะมีทั้งการลอยและการทับถมกันของฟองน้ำ ซึ่งเป็นพวก sphagnum moss ไม้ยืนต้นที่เขียวตลอดปี และไม้พุ่ม ระบบนิเวศแบบ Bog เอื้อประโยชน์ต่อพืชที่กินสัตว์เป็นอาหาร โดย Bog จะมีความเป็นกรดมากกว่า fens
- Fens : พบในน้ำใต้ดินและพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีการถับถมหรือปกคลุมโดยหญ้า sedges, reeds กับ willow และ birch trees โดย Fens จะมีความเป็นด่างมากกว่า bogs

แหล่งที่อยู่อาศัย (Habitats)

แหล่งที่อยู่อาศัยของระบบนิเวศน้ำนิ่งมีขอบเขตที่แน่นอน โดยจะมีชายฝั่ง ผิวของน้ำ และตะกอนที่นอนก้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 โซน คือ

- Littoral zone : มีลักษณะตื้น พบพืชและตะกอนที่หยาบ (ก้อนหิน ก้อนกรวด และกรวดเป็นต้น) อยู่บริเวณชายฝั่ง โซนนี้จะมีพืชเจริญเติบโตมาก เนื่องจากแสงสามารถส่องลงไปถึงก้นได้ โดยโซนนี้จะเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และปลาขนาดเล็ก
- Limnetic zone : พื้นที่น้ำเปิด มีความลึกมากพอที่ช่วยสนับสนุนรากของพืชน้ำ และแสงสามารถส่องผ่านเข้าไปในน้ำในแนวตั้งได้ โซนนี้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแพลงก์ตอนและปลา
- Profundal zone : พื้นที่ที่ลึกมาก แสงไม่สามารถส่องถึงก้น ไม่มีรากของพืชน้ำและไม่มีการสังเคราะห์แสง ตะกอนที่ก้นประกอบด้วย ทรายละเอียด ทรายแป้ง และดินเหนียวรวมกับอินทรีย์วัตถุ ระดับของออกซิเจนในโซนนี้จะมีค่าที่ต่ำมาก สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่จะมีการขุดโพรงอยู่ที่ก้น และเป็นพวกที่ทนกับการมีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีออกซิเจน

ประเภทของพืชน้ำ

Littoral zone มีพืชน้ำ 3 ประเภท คือ

- พืชที่โผล่พ้นน้ำ (Emergent) : พืชที่มีรากเจริญอยู่ใกล้ชายฝั่ง ส่วนที่จมน้ำน้อยมาก ส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่อยู่เหนือผิวน้ำ (เช่น cattails, bulrush, และ sedges)
- พืชลอยน้ำ (Floating) : พืชที่มีราก และใบที่ลอยอยู่ที่ผิวของน้ำ (บางชนิดเป็นพวกที่ลอยอยู่ได้อย่างอิสระ) (เช่น water lilies, water hyacinth และ duckweed)

- พืชจมน้ำ (Submerged) : พืชที่มีรากและใบอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ (เช่น eel grass, elodea และ hydrilla)

บริเวณเขตชายฝั่ง เป็นเขตที่มีผู้ผลิตและผู้บริโภคมากกว่าเขตผิวน้ำและก้นสระ ผู้ผลิตบริเวณชายฝั่งได้แก่ พืชที่มีรากยึดอยู่ในพื้นดินใต้ท้องน้ำ บางส่วนของลำต้นฝังอยู่ในดิน และบางส่วนโผล่ขึ้นเหนือน้ำเพื่อรับแสง ส่วนใหญ่เป็นพืชมีเมล็ด เช่น กก บัว แห้วทรงกระเทียม กระจูด เป็นต้น พืชอีกชนิดในเขตชายฝั่งเป็นพวกที่มีโครงสร้างอยู่ใต้น้ำทั้งหมด โผล่เฉพาะส่วนของดอกขึ้นมาเหนือน้ำ เช่น สาหร่ายข้าวเหนียว สาหร่ายหางกระรอก ดีปลีน้ำ นอกจากนี้ผู้ผลิตในเขตชายฝั่งยังประกอบด้วยแพลงก์ตอนพืชและพืชลอยน้ำ พวกแพลงก์ตอนพืชได้แก่ สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และไดอะตอม ส่วนพวกพืชลอยน้ำ ได้แก่ จอก แหน ไข่น้ำ จอกหูหนู และแหนแดง เป็นต้น

รูปที่ 3.4 : แหล่งที่อยู่อาศัยในระบบน้ำนิ่ง
ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัตว์ในน้ำ

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบ่อและทะเลสาบใน littoral zone สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภท บนพื้นฐานของการปรับตัวทางกายภาพ

- Neuston : สิ่งมีชีวิตที่พบจะมีการอาศัยอยู่ใกล้กับผิวน้ำ (เช่น mosquito larvae, water striders, และ whirligig beetles)
- Nekton : เป็นพวกที่ว่ายน้ำอย่างอิสระ (เช่น fish, predaceous diving beetles)
- Periphyton : เป็นพวกที่เกาะอยู่กับหิน ขอนไม้ และซากปรักหักพังอื่นๆ (รวมทั้งสาหร่าย)
- Benthos : สิ่งมีชีวิตที่พบจะอาศัยอยู่กับตะกอนที่ก้น (เช่น worms, snails และ clams)

- Plankton : เป็นพวกพืชขนาดเล็ก (phytoplankton) และสัตว์ขนาดเล็ก (zooplankton) ซึ่งจะแขวนลอยอยู่ในน้ำ

สัตว์น้ำ (ผู้บริโภค) จะมีจำนวนมากในเขตชายฝั่งเช่นเดียวกับพืชน้ำ เพราะมีผู้ผลิต (พืช) อุดมสมบูรณ์ ทั้งยังมีแหล่งที่อยู่อาศัยและที่หลบซ่อนศัตรู โดยผู้บริโภคประเภทที่เกาะกับวัตถุในน้ำ ได้แก่ หอยขม หอยโข่ง ตัวอ่อนแมลงปอเข็ม ไฮดรา พลานาเรีย โรติเฟอร์ พวกที่เกาะหรือพักตัวตามพื้นท้องน้ำ ได้แก่ แมลงปอยักษ์ ชีปะขาว กุ้งก้ามกราม หอยกาบเดียว หอยสองกาบ หนอนตัวกลมชนิดต่างๆ ยุง ฯลฯ พวกที่ว่ายน้ำอย่างอิสระได้แก่ ตัวอ่อนแมลงต่างๆ เต่า ปลา ส่วนแพลงก์ตอนที่พบได้แก่ โรติเฟอร์ ไรน้ำ ส่วนพวกที่ลอยตามผิวน้ำ ได้แก่ ด้วงตะพาบ ด้วงสี่ขา และจิงโจ้น้ำ เป็นต้น

3.4 ผลผลิตทางชีวภาพ (Biological Productivity)

Biological Productivity หรือ trophic state คือ ปริมาณของแพลงก์ตอน สาหร่าย พืชน้ำ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ และปลา ซึ่งแหล่งน้ำสามารถให้ผลผลิตอย่างยั่งยืนได้ ผลผลิตทางชีวภาพจากน้ำนิ่ง ของบ่อ และทะเลสาบจะมีข้อจำกัดในเรื่องของความลึก (เกี่ยวกับการส่องผ่านของแสง) ความลึกในการส่องผ่านของแสงถูกจำกัดโดยสีของน้ำและปริมาณของของแข็งแขวนลอย

เราสามารถแบ่งผลผลิตทางชีวภาพออกได้เป็น 4 ประเภท จากค่าน้อยที่สุดถึงค่าที่มากที่สุด ดังตาราง 3.3

3.5 การวัดระดับของสารอาหาร (Determining the Trophic State)

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดคุณภาพน้ำ ของ trophic state คือ ฟอสฟอรัสทั้งหมด (สารอาหารของพืช) คลอโรฟิลล์เอ (วัดปริมาณประชากรของสาหร่าย) และวัดการส่องผ่านของแสงโดยใช้ Secchi disk (วัดความสะอาดของน้ำ) สาเหตุที่ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัวนี้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระดับสารอาหารเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสะอาดของน้ำ

สารอาหารของพืชมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการมีชีวิตอยู่ของพืช การจำกัดปริมาณหรือระดับของสารอาหารเป็นสิ่งที่สำคัญ ระดับสารอาหารที่สูงขึ้นก่อให้เกิด algae blooms ซึ่ง algae blooms ทำให้น้ำมีความขุ่นเพิ่มขึ้น ระดับออกซิเจนละลายลดลง และความสะอาดของน้ำลดลง

คลอโรฟิลล์เอ เป็นสารสีเขียวที่พบในสาหร่ายและพืช พืชจะเปลี่ยนพลังงานจากดวงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานทางเคมี โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พลังงานเคมีใช้ในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีความจำเป็นในการเจริญเติบโตและการมีชีวิตอยู่ โดยคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นตัวที่ชี้วัดถึงปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 สรุปลักษณะผลผลิตทางชีวภาพของแหล่งน้ำ

ระดับของสารอาหารของทะเลสาบ	ผลผลิตทางชีวภาพ	ความเข้มข้นของสารอาหาร	ลักษณะประเภท
Oligotrophic	ต่ำ	ต่ำ	• น้ำสะอาด • ประชากรพืชน้ำและแพลงก์ตอนต่ำ • สารอาหารต่ำ • ก้นบ่อเป็นทรายกับซากวัสดุอินทรีย์
Mesotrophic	ปานกลาง	ปานกลาง	• มีปริมาณสารอาหารและพืชน้ำปานกลาง • น้ำสะอาด • อยู่ระหว่าง Oligotrophic และ Eutrophic
Eutrophic	สูง	สูง	• ทะเลสาบ หรือบ่อ (แม่น้ำ ลำธารที่มีการไหลช้า) • ขนาดประชากรของสาหร่าย แพลงก์ตอนพืช ปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มีมาก • พบตะกอนที่เกิดจากสารอินทรีย์ ทำให้น้ำมีการเปลี่ยนสีและขุ่น
Hypereutrophic	สูงมาก	สูงมาก	• น้ำมีผลผลิตที่สูงมาก • ความสะอาดต่ำ • ประชากรของสาหร่ายและสัตว์น้ำมีจำนวนมาก • พบตะกอนที่เกิดจากสารอินทรีย์

ความสะอาดของน้ำ พบว่าหากมีการส่องผ่านของแสงน้อย จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ปริมาณของสาหร่ายที่มากจะลดความสะอาดของน้ำ

3.6 การแบ่งชั้นของน้ำในทะเลสาบ (Water Stratification in Lakes)

ในระบบน้ำนิ่ง บ่อ และทะเลสาบ จะมีลักษณะทางกายภาพที่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนละลายจากผิวน้ำลงสู่ข้างล่าง แหล่งน้ำโดยทั่วไปจะมีลมที่ช่วยให้น้ำในแหล่งน้ำผสมกัน นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะทางกายภาพจะขึ้นอยู่กับความลึก โดยหากแสงสามารถส่องผ่านไปถึงก้น พืชก็สามารถสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโตได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทะเลสาบที่มีขนาดใหญ่และลึกจะมีการแบ่งชั้นของน้ำในฤดูร้อน การแบ่งชั้นนี้เรียกว่า Stratification ในช่วงฤดูร้อนแสงจะมีมากขึ้น ผิวน้ำก็จะอุ่นขึ้น ขณะที่ก้นจะมีความเย็นกว่า ความแตกต่างระหว่างน้ำที่อุ่นกับน้ำที่เย็นจะถูกผสมกันโดยลม

ในฤดูใบไม้ร่วง อุณหภูมิของอากาศจะเย็น ทำให้อุณหภูมิของน้ำที่ผิวลดลงด้วย ความหนาแน่นของข้างบนและข้างล่างจะมีการผสมกัน จากการกระทำของลม เรียกว่า fall turnover ซึ่งการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นการเติมออกซิเจนให้แก่น้ำที่ลึก ซึ่งการผสมกันของน้ำในฤดูใบไม้ร่วงส่วนใหญ่เกิดปีละครั้งเท่านั้น (Monomictic)

ในภูมิอากาศทางเหนือ ทะเลสาบจะมีการแบ่งชั้นสองครั้ง คือ ในฤดูร้อนและฤดูหนาว จึงทำให้เกิดการ turnover เกิดขึ้นสองครั้ง (dimictic)

ส่วนในทะเลสาบและบ่อที่ตื้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 โซน ดังนี้

Epilimnion : คือเป็นโซนที่อุ่นที่สุดอยู่ใกล้กับผิวของน้ำ น้ำสามารถผสมกันได้โดยลมกระแสน้ำ และจากความร้อนและความเย็น ส่วนมากโซนนี้จะมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่มาก เป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตมากที่สุด และมีการส่องผ่านของแสง จึงทำให้โซนนี้มีความเข้มข้นของออกซิเจนมากที่สุด

Metalimnion : คือชั้นกลางที่มีการลดลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว การเกิด Thermocline พบในชั้นนี้ โดยจะพบว่าในแต่ละความลึกหนึ่งเมตร อุณหภูมิจะลดลง 1 องศาเซลเซียส

Hypolimnion : คือชั้นที่สาม ที่ลึกและเย็นมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย และมีปริมาณออกซิเจนที่ต่ำ เนื่องจากไม่มีพืชที่ผลิตออกซิเจน น้ำในชั้นนี้จะไม่สัมผัสกับอากาศ และไม่มีการรวมกับชั้นอื่น ปริมาณของออกซิเจนจะลดลงตามระดับความลึก

3.7 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ (The Aging Process)

เมื่อเวลาผ่านไปทะเลสาบและแม่น้ำ จะมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติ เรียกว่า การแทนที่ (Succession) โดย Marshes, swamps และ bogs เมื่ออยู่ในช่วงที่โตเต็มที่จะมีการแทนที่สำหรับทะเลสาบ และบ่อต่างๆ เมื่อเวลานานขึ้นตะกอนในบ่อและทะเลสาบก็มากขึ้นด้วย ทำให้ความลึกลดลง ปริมาณของพืชน้ำเพิ่มขึ้น จึงเกิดพืชที่เหนือน้ำ เช่น cattails, sedges และ rushes เริ่มเข้ามาในพื้นที่ชายฝั่ง และเมื่อเวลาผ่านไปก็จะเริ่มมีพวกไม้พุ่ม หญ้า และพืชอื่นๆ เพิ่มขึ้น ในที่สุดอาจจะกลายเป็นไม้ขนาดใหญ่และป่าไม้ได้

3.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตในระบบนิเวศน้ำจืด

ลักษณะทางกายภาพที่เป็นปัจจัยจำกัด หรือมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และการสืบพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน้ำจืดมีดังนี้

อุณหภูมิ

อุณหภูมิของระบบนิเวศน้ำจืดในเขตร้อนค่อนข้างคงที่ จึงพบสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ แทบทุกระดับความลึกของน้ำ และด้วยเหตุที่อุณหภูมิค่อนข้างคงที่ สิ่งมีชีวิตในน้ำจึงอดทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้น้อย ดังนั้นอุณหภูมิจึงจัดเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญ โดยเฉพาะระบบนิเวศน้ำจืดในเขตอบอุ่น ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามฤดูกาล

กระแสน้ำ

กระแสน้ำมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านต่างๆ ของแหล่งน้ำ เช่น เป็นตัวการพัดพาตะกอนมาทับถมรวมกัน ทำให้เกิดความขุ่นของน้ำ และยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการแพร่กระจายสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

ความขุ่นใสของน้ำ

ความขุ่นใสของน้ำมีผลต่อปริมาณแสงที่ส่องลงสู่แหล่งน้ำ โดยอนุภาคดินเหนียว และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ล่องลอยในน้ำเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความขุ่น

3.8.4 ก๊าซที่ละลายในน้ำ

ก๊าซออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำมีปริมาณแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดออกซิเจนในน้ำ เช่น ปริมาณแสงที่ส่องลงสู่แหลงน้ำ แสงมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ผลจากการสังเคราะห์ด้วยแสงทำให้ได้ก๊าซออกซิเจน ดังนั้นปริมาณก๊าซออกซิเจนในเวลากลางวันจึงสูงกว่าในเวลากลางคืน นอกจากแสงแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ ได้แก่ กระแสน้ำ อุณหภูมิ ความขุ่นใสของน้ำ โดยแหล่งน้ำที่ไหลเชี่ยวจะได้รับออกซิเจนมากกว่าแหล่งน้ำนิ่งที่ความดัน 1 บรรยากาศเท่ากัน อัตราการรับออกซิเจนของแหล่งน้ำจะแตกต่างกันถ้าอุณหภูมิต่างกัน คือที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส น้ำ 1 ลิตร รับออกซิเจนได้ 9 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตร ในขณะที่ถ้าอุณหภูมิเพิ่มเป็น 22 องศาเซลเซียส จะรับได้เพียง 6 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตร เท่านั้น

แร่ธาตุที่ละลายในน้ำ

แร่ธาตุในแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยแร่ธาตุสองชนิดแรกจะมีปริมาณมากที่สุด การปรากฏของแคลเซียมขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรดคาร์บอนิก กรดนี้จะทำปฏิกิริยากับหินปูนได้เป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนต ซึ่งถ้ามีปริมาณของแคลเซียมไบคาร์บอเนตในแหล่งน้ำมาก น้ำนั้นจะมีสภาพเป็นน้ำกระด้าง คือมีความเป็นด่างสูง (pH 7-9) เป็นประโยชน์ต่อการสร้างเปลือกหรือแกนของหอย ฟองน้ำ และครัสตาเซียนส่วน

ใหญ่ ในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นไม่มีแคลเซียม เนื่องจากไม่ได้ไหลผ่านชั้นของหินที่มีแคลเซียม น้ำนั้นจะเป็นน้ำอ่อน มีความเป็นกรดสูง เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จึงพบสิ่งมีชีวิตได้น้อย

ปัญหาที่สำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ คือ การควบคุมกระบวนการออสโมซิส (Osmoregulation) กระบวนการนี้เกิดเนื่องจากความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในและภายนอกร่างกาย ความเข้มข้นของของเหลวภายในสิ่งมีชีวิตสูงกว่าความเข้มข้นของน้ำภายนอก ดังนั้นน้ำจากภายนอกจึงแพร่สู่ร่างกายโดยวิธีออสโมซิส สัตว์น้ำจืดจึงต้องมีโครงสร้างพิเศษเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออกนอกลำตัว เช่น ปลามีไตเพื่อขับถ่ายน้ำส่วนเกินออก โปรโตซัวมีช่องขจัดน้ำออกนอกตัว ส่วนการออสโมซิสของสัตว์น้ำเค็มจะตรงกันข้าม คือ น้ำภายในเซลล์ร่างกายจะแพร่ออกสู่ภายนอก จึงต้องมีไตที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเกลือแร่ออกนอกร่างกาย เพื่อรักษาน้ำเอาไว้

ตารางที่ 3.4 : การปรับตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในสิ่งแวดล้อม (General Environmental Adaptations of Freshwater Macroinvertebrates)

ประเภท	คำอธิบาย
Skaters (sk)	• เคลื่อนไหวอยู่บนผิวน้ำ • ดักจับสิ่งมีชีวิตบนผิวน้ำ
Planktonic (pl)	• อาศัยอยู่ตามน่านน้ำเปิดของทะเลสาบ หนอง บึง • อาจว่ายน้ำ หรือ ลอยตัวอยู่ในน้ำ ขึ้นสู่ผิวน้ำเพื่อรับออกซิเจนและดำลงเมื่อมีอันตราย
Divers (dv)	• ว่ายน้ำด้วยขาหลังทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหล • บางชนิดขึ้นสู่ผิวน้ำเพื่อหายใจและดำลึกลงไปเมื่อมีอันตราย • บางชนิดจับหรือปีนป่ายอยู่บนวัตถุที่จมน้ำ
Swimmwers (sw)	• ว่ายน้ำได้ดังปลา ทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหล • เกาะอยู่ตามวัตถุที่จมน้ำเช่นก้อนหิน หรือพืช ตามด้วยการว่ายน้ำระยะสั้นๆ
Clingers (cn)	• สร้างที่กำบังมีครีบและท้องแบนเพื่อเกาะตามผิวของก้อนหินในแหล่งน้ำเชี่ยว
Sprawlers (sp)	• อาศัยอยู่บนผิวของพืชหรือตะกอนลอยน้ำ • สามารถเกาะอยู่ด้านบนของเศษวัสดุและมีอวัยวะหายใจโผล่พ้นน้ำ
Climbers (cb)	• อาศัยอยู่ตามพุ่มไม้ขอนไม้ ราก และพืชน้ำขนาดใหญ่
Burrowers (bu)	• อาศัยอยู่ในตะกอนละเอียดของลำธารและทะเลสาบ

ที่มา : Kolbe and Luedke (2005)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 : การจำแนกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ตามอาหารที่ชอบและวิธีกินอาหาร

(Functional Feeding Group Classification of Freshwater Macroinvertebrates)

กลุ่ม	อาหารที่ชอบ	การกินอาหาร
Shredders (SHR)	ใบและลำต้นของพืชน้ำทั้งที่ตายและมีชีวิต ที่มีรา แบคทีเรีย และสาหร่ายเกาะอยู่ตามผิว	กัด เจาะ แทะ ชิ้นส่วนของพืช
Collector-gatherers (CC)	Fine particulate organic matter (FPOM) ชิ้นส่วนเล็กของอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลาย	รวบรวมชิ้นส่วนจากแหล่งน้ำ
Collector-filterers (CF)	ชิ้นส่วนเล็กของอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลาย	กรองออกจากน้ำ
Scrapers (SCR)	Coarse particulate organic matter (CPOM) และ periphyton กับสาหร่ายไดอะตอม แบคทีเรีย และสาหร่ายที่เกาะอยู่ตามก้อนหินและพืช	สะกิด อาหารจากหิน พืช และพื้นผิวแข็งอื่นๆ
Piercers (PI)	พืชน้ำที่มีชีวิต	เจาะแล้วดูดน้ำเลี้ยงจากพืช
Predators (P)	สัตว์ที่มีชีวิต	กินทั้งตัวหรือเจาะดูดของเหลวจากเหยื่อ

ที่มา : Kolbe and Luedke (2005)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.9 ห่วงโซ่อาหารในน้ำ (Aquatic Food Chain)

ห่วงโซ่อาหาร โดยทั่วไปจะดูการไหลของพลังงานและอาหารผ่านสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน ที่มีความสัมพันธ์กันในระบบนิเวศ ห่วงโซ่อาหารในน้ำมี ผู้ผลิต (primary production) หรือ autrotroph คือ พืชน้ำ สาหร่าย และแพลงก์ตอนพืช

พลังงานจากดวงอาทิตย์จะถูกขับเคลื่อนเข้าไปในระบบนิเวศ พลังงานแสงช่วยในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำไปเป็นพลังงานเคมี (คาร์โบไฮเดรต) โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังสมการข้างล่าง

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน} \Longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

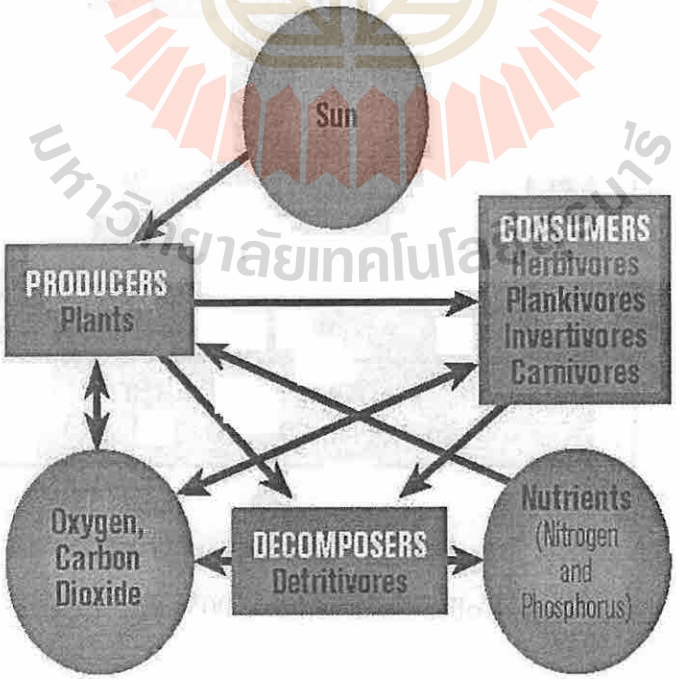
พืชจะมีการใช้พลังงานเคมีที่สังเคราะห์ได้ ในการเจริญเติบโตและการผสมพันธุ์ ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า การหายใจ **respiration** ดังสมการข้างล่าง

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \Longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน}$$

สัตว์ไม่สามารถที่จะสร้างอาหารเองได้ ดังนั้นจึงต้องกินพืชเป็นอาหาร หรือ กินสัตว์อื่น หรือกินอินทรีย์วัตถุที่ตายจึงได้พลังงานและสารอาหารที่ต้องการ ดังนั้น การเคลื่อนย้ายสารอาหารและพลังงานจากพืชไปยังสัตว์ เรียกว่า **food chains**

ผู้บริโภคจะเรียกว่า Heterotrophs หรือสิ่งมีชีวิตที่ใช้อินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งอาหารเรียกว่า Primary Consumers ส่วนพวกที่กินพืชเรียกว่า Herbivores ขณะที่ ผู้บริโภคขั้นที่สอง (secondary consumers) จะได้อาหารจากผู้บริโภคขั้นที่หนึ่ง (Primary Consumers) ในแหล่งน้ำตัวอย่างผู้บริโภคขั้นที่สอง เช่น สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง planktivores (ได้อาหารจากแพลงก์ตอนสัตว์) carnivores ขนาดเล็ก (flesh eaters) และ omnivores (ได้อาหารจากสิ่งมีชีวิตหลายชนิด)

กลุ่มของ ผู้บริโภคขั้นที่สองจะมีมากกว่า carnivores ส่วน Top carnivores (bass, turtles, snakes, alligators) จะอยู่ในกลุ่มผู้บริโภคขั้นที่สาม (tertiary consumers)



รูปที่ 3.5 : องค์ประกอบของระบบนิเวศ ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

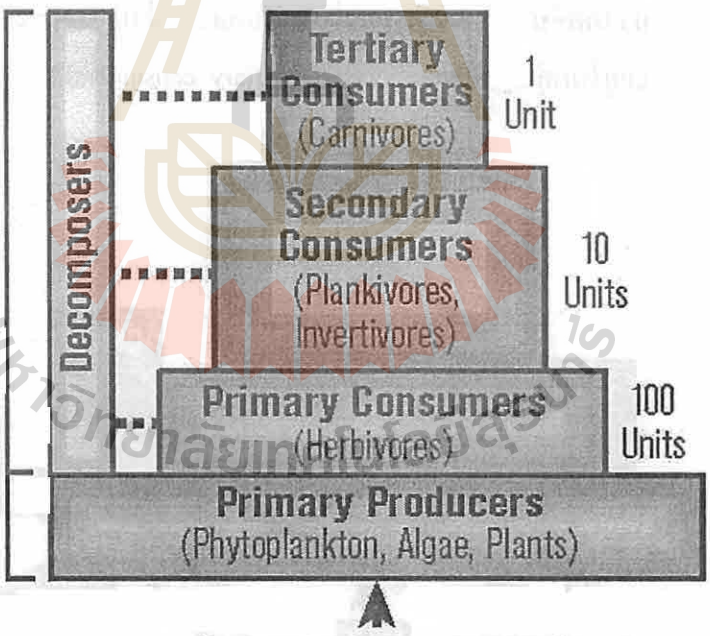
ผู้ย่อยสลาย (Detritivores) หรือพวกกินซาก (Scavengers) เป็นส่วนที่มีความสำคัญในห่วงโซ่อาหาร ตัวอย่างเช่น รา สาหร่าย และแบคทีเรีย ซึ่งเมื่ออยู่ในห่วงโซ่อาหารจะเรียกรวมกันว่า ผู้ย่อยสลาย (Decomposers) โดยจะทำการย่อยเนื้อเยื่อหรือเซลล์ที่ตาย หลังจากนั้นก็จะปล่อยสารอาหารให้แก่ผู้ผลิต

ระดับของห่วงโซ่อาหารจะเรียกว่า **ระดับการกิน (Trophic levels)** เริ่มต้นจากมีการส่งผ่านพลังงานไปตามห่วงโซ่อาหาร ในระบบนิเวศหนึ่งๆจะมีระดับการกินที่จำกัด และหากผู้บริโภคได้รับพลังงานไม่เพียงพอความสมดุลในระบบนิเวศก็จะเสียไป ส่วนใหญ่แล้วในระบบนิเวศจะมีระดับการกินประมาณ 4-5 ระดับเท่านั้น

3.10 พีระมิดอาหาร (Food pyramid)

พีระมิดอาหารที่ง่ายๆ ส่วนใหญ่จะแสดงเป็น ชีวมวล (biomass) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนของสิ่งมีชีวิตและปริมาณพลังงานในแต่ละระดับการกิน

พีระมิดอาหารในระบบนิเวศน้ำ ในแต่ละระดับการกินขนาดของกล่องจะแสดงถึงความสัมพันธ์จำนวนของสิ่งมีชีวิตหรือชีวมวล ปริมาณชีวมวลจะลดลงจากก้นไปยังข้างบน ผู้ผลิตจะมีจำนวนชีวมวลมากที่สุด (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 : ปีระมิดอาหารในแหล่งน้ำ

ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

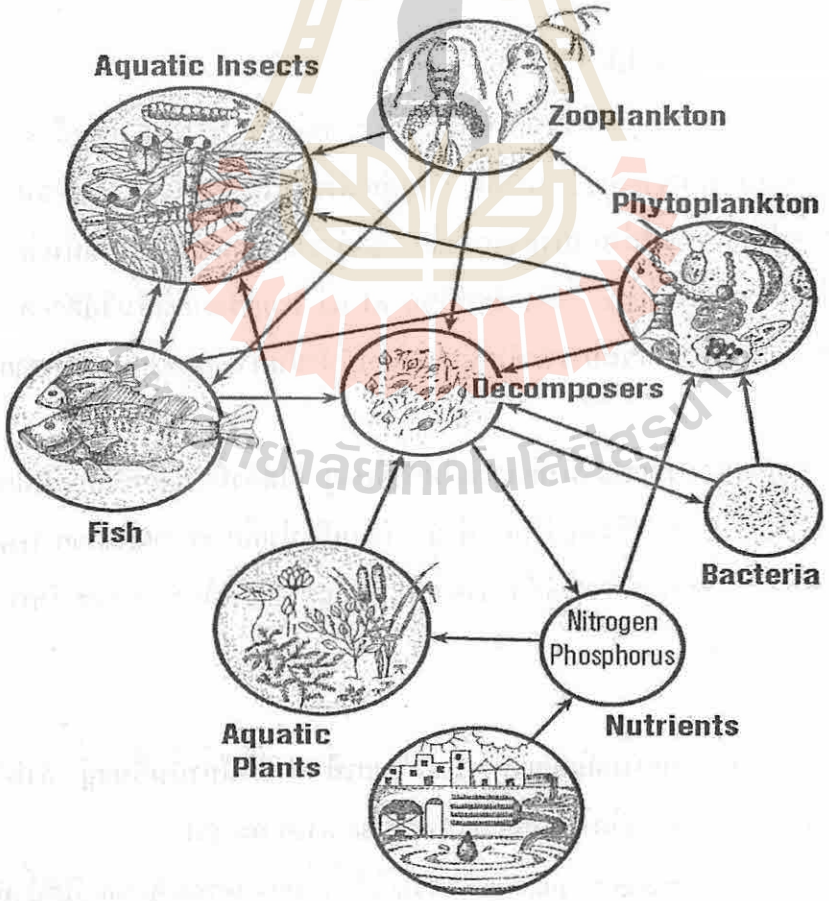
การเพิ่มขึ้นของแต่ละระดับการกินจะมีการสูญเสียพลังงาน แสดงให้เห็นว่ายิ่งมีระดับการกินมากพลังงานที่เหลือยิ่งน้อย โดยหากแหล่งพลังงานเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารมีค่า 100,000 หน่วย

(พลังงานจากดวงอาทิตย์) พืชสามารถจับเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ประมาณ 1% (1,000 หน่วย) ผู้บริโภคขั้นต้นสามารถใช้ได้ 10% (100 หน่วย) ผู้บริโภคขั้นที่ 2 สามารถจับและใช้ได้ 10% เช่นกัน (10 หน่วย) และผู้บริโภคขั้นที่ 3 ก็สามารถจับและใช้ได้ 10% (1 หน่วย) ดังนั้นจะเห็นว่าในกินต่อกันเป็นทอดๆ จะมีพลังงานสูญเสียในแต่ระดับขั้นการกินไปประมาณ 90% โดยหากสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวมีขนาดเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้ความต้องการพลังงานสำหรับการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การผสมพันธุ์ และใช้ในการเคลื่อนที่มากขึ้นตามไปด้วย

3.11 สายใยอาหาร (Food Web)

ในระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตส่วนมากไม่ได้มีแหล่งอาหารเพียงหนึ่งแหล่งเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ปลาขนาดใหญ่มีแหล่งอาหารคือ ปลาขนาดเล็ก crayfish และแมลง กระบวนการเหล่านี้เอง ทำให้เกิดความซับซ้อนในห่วงโซ่อาหารขึ้น (มีการซ้อนทับระหว่างห่วงโซ่อาหาร) เกิดเป็น **สายใยอาหาร (Food Web)**

Food chains, Food web, และ Food pyramids เป็นสิ่งที่ควรตระหนักอย่างมากในระบบนิเวศ เพราะเป็นระบบที่มีความซับซ้อน



รูปที่ 3.7 : สายใยอาหารในแหล่งน้ำ ที่มา: Kolbe and Luedke (2005)

บทที่ 4 สิ่งมีชีวิตที่สำคัญในแหล่งน้ำของไทย

4.1 พรรณไม้น้ำในประเทศไทย

พรรณไม้น้ำมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำมาก นอกจากสัตว์น้ำแล้ว พรรณไม้น้ำยังเป็นองค์ประกอบที่มีชีวิตที่มีความสำคัญในแหล่งน้ำนั้น เพราะพรรณไม้น้ำสามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้กลายเป็นอาหารสะสมในพืช ซึ่งสัตว์ต่างๆ สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ นอกจากจะเป็นอาหารทั้งในทางตรงและทางอ้อมแล้ว ปริมาณพรรณไม้น้ำที่มีพอเหมาะจะทำให้แหล่งน้ำนั้นอยู่ในสภาพที่สมดุล มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้นได้อย่างเต็มที่

พรรณไม้น้ำ หรือพืชน้ำ ตรงกับภาษาอังกฤษว่า aquatic plant, water plant หรือ hydrophyte หมายถึงพืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำ โดยที่พืชนั้นอาจจะลอยที่ผิวน้ำ ใต้ผิวน้ำ โผล่ขึ้นเหนือน้ำ หรือตามชายฝั่ง ริมตลิ่ง หรือริมคูคลอง และรวมถึงพืชที่ชอบเจริญอยู่ตามที่น้ำขังแฉะ นอกจากนี้ยังมีนักพฤกษศาสตร์บางคนกล่าวว่า นอกจากความหมายดังกล่าวข้างต้นแล้ว พรรณไม้น้ำยังหมายรวมถึงพืชที่ต้องขึ้นอยู่ในน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่งในช่วงชีวิต หรือพืชที่มีเมล็ดงอกในน้ำ หรืองอกในพื้นดินใต้น้ำแล้วเจริญอยู่ในน้ำช่วงระยะเวลาหนึ่ง

4.1.1 การจัดจำแนกพรรณไม้น้ำ

ในอาณาจักรพืชนั้น พืชชั้นต่ำที่สุดคือสาหร่ายต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นพวกที่อยู่ในน้ำแทบทั้งสิ้น ถัดไปเป็นพืชพวกไบรโอไฟต์ พืชกลุ่มเฟิร์น และพืชที่มีเมล็ด พบว่าพืชทุกกลุ่มจะมีพืชที่อยู่ในน้ำรวมอยู่ด้วย พืชเหล่านี้มีทั้งที่ขนาดเล็ก เซลล์เดียว ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งจัดว่าเป็นพืชประเภท microphyte ไปจนพืชที่มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งจัดว่าเป็นพืชประเภท macrophyte ส่วนการจัดจำแนกพรรณไม้น้ำนั้นสามารถจำแนกได้หลายแบบ คือ

การจัดจำแนกตามแหล่งน้ำที่พรรณไม้น้ำขึ้นอยู่ ได้ดังนี้ พวกที่ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำจืด จัดว่าเป็นพวก Limnophyte พวกที่ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม จัดว่าเป็นพวก Halophyte

ในบางครั้งอาจพบพรรณไม้น้ำบางอย่างสามารถขึ้นได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย เช่น ปรงทอง ปรงไข่ หรือปรงทะเล

การจัดจำแนกออกตามลักษณะทางนิเวศวิทยาที่พรรณไม้น้ำนั้นขึ้นอยู่ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าพรรณไม้น้ำสามารถเจริญเติบโตในแหล่งน้ำในลักษณะต่างๆ กัน คือ

พืชใต้น้ำ (Submerged plants) พรรณไม้น้ำที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำทั้งหมด อาจจะมีรากยึดกับพื้นดินใต้น้ำ หรือไม่ยึดก็ได้ บางชนิดทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำ มีลำต้น

บางส่วนและใบเจริญอยู่ในระดับน้ำ พืชใต้น้ำบางชนิดจะมีดอกเจริญที่ผิวน้ำ หรือเหนือน้ำ และเมื่อดอกได้รับการผสมจนเป็นผลแล้ว บางชนิดผลเจริญที่เหนือน้ำ บางชนิดผลจะกลับไปเจริญที่ผิวน้ำหรือใต้น้ำ พืชใต้น้ำมีประโยชน์มาก เพราะจะคายก๊าซออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำโดยตรง ขณะเดียวกันก็จะดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้แหล่งน้ำอยู่ในสภาพสมดุล เช่น สาหร่ายหางกระรอก

พืชโผล่เหนือน้ำ (Emerged plants) เป็นพรรณไม้น้ำประเภทที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำบางส่วนและเหนือน้ำบางส่วน โดยมีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำ ส่วนของใบและดอกเจริญเหนือน้ำ พืชพวกนี้บางชนิดพบว่าที่โคนต้นมีเนื้อเยื่อโปร่งๆ สีขาว เรียกว่า aerenchymatous tissue ทำหน้าที่เก็บสะสมอากาศ เพื่อช่วยในการหายใจ เช่น ต้นเทียนนา บางชนิดพบว่ามีทั้งใบใต้น้ำและใบเหนือน้ำ เช่น พวกบัวสายบางชนิด

พืชลอยน้ำ (Floating plants) พรรณไม้น้ำประเภทนี้เป็นพวกที่ลอยอยู่ที่ระดับน้ำ มีรากห้อยลอยอยู่ในน้ำ ส่วนต้น ใบ และดอก เจริญปริ่มน้ำหรือเหนือน้ำ บางชนิดถ้าน้ำตื้นเขิน รากอาจจะหยั่งยึดติดพื้นดินใต้น้ำก็ได้ พรรณไม้น้ำที่มีขนาดเล็กมักลอยตัวได้อย่างอิสระ เช่น พวกแหนต่างๆ พวกที่มีขนาดใหญ่มักจะมีส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชเปลี่ยนเป็นทุ่น เพื่อพยุงให้ต้นพืชลอยน้ำได้ เช่น ผักตบชวา ที่มีส่วนของก้านใบพองตัวเป็นทุ่น (buoyancy leaf) ผักบุ้งที่มีลำต้นที่ภายในกลวงเป็นช่องอากาศใหญ่ ช่วยพยุงให้ต้นพืชลอยน้ำได้

พืชชายน้ำ (marginal plants) พรรณไม้น้ำประเภทนี้มักขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่ง ชายคลอง หนองน้ำ สระน้ำ หรือทะเลสาบ ลักษณะโดยทั่วไปคือ มีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ใต้ดิน ส่วนใบและดอกเจริญเหนือน้ำ พรรณไม้น้ำประเภทนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับพวกพืชโผล่เหนือน้ำมาก หรือพืชบางชนิดเป็นทั้งพืชโผล่เหนือน้ำ และพืชชายน้ำ เช่น ต้นกกบางชนิด เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีพืชบางชนิดที่พบว่า สามารถเจริญได้ทั้งบนบกและในน้ำ เช่น ต้นผักแว่น เป็นต้น

การจัดจำแนกออกตามหลักของการจำแนกอาณาจักรพืช ซึ่งการแบ่งแบบนี้อาศัยลักษณะต่างๆ ของพืชมาแยกพืชออกเป็นกลุ่มต่างๆ ดังนี้

พืชกลุ่มสาหร่าย ประกอบด้วย

1) กลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม คือ

- Subdivision Chlorophyceae ชนิดที่มีขนาดใหญ่และเห็นได้ด้วยตาเปล่า และมีรูปร่างต่างไปจากพวกที่พบได้ทั่วไป เช่น สาหร่ายวงศ์อาซีตาบูลาเรีย (Family Dasycladaceae) ซึ่งเป็นสาหร่ายที่อยู่ในทะเล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- Subdivision Charophyceae เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง เช่น สาหร่ายวงศ์สาหร่ายไฟ (Family Characeae) พบได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย ในประเทศไทยพบ 4 สกุล จำนวนประมาณ 25 ชนิด ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 : ตัวอย่างของวงศ์สาหร่ายไฟในประเทศไทย

สกุล	ชื่อวิทยาศาสตร์ (ชนิด)
Chara spp.	*C. baueri, C. braunii, C. canescens, C. coralline, C. ecklonii, C. fibrasa, C. globularis, C. hornemanii, C. zeylanica*
Nitella spp.	*N. allenii, N. dualis, N. duthieae, N. flexilis, N. furoata, N. heteroteles, N. hookeri, N. lhotzkyi, N. mirabilis, N. penicillata, N. stuartii, N. translucens*
Nitellopsis spp.	*N. bulbilifera, N. sarcularis*
Tolypella spp.	*Tolypella instricata*

2) **กลุ่มสาหร่ายสีน้ำตาล** ส่วนใหญ่พบในทะเล (250 สกุล) ตั้งแต่ชายฝั่งถึงในทะเลลึก 120 ฟุต เช่น สาหร่ายพัด (*Padina* spp.) และสาหร่ายทุ่น (*Sargassum* spp.) ขณะที่ในน้ำจืดมีเพียง 5 สกุลเท่านั้น

3) **กลุ่มสาหร่ายสีแดง** ส่วนมากพบในทะเล ตั้งแต่ชายฝั่งทะเลลงไปจนถึงในทะเลลึก 200 เมตร เช่น จีไฉ่ (*Porphyra vietnamensis*) และสาหร่ายวุ้น (*Gracilaria* spp.) เป็นต้น แต่ในน้ำจืดก็พบบ้าง

พืชกลุ่มไบรโอไฟต์ จัดเป็นพืชชั้นต่ำ ประกอบด้วยส่วนที่คล้ายราก ลำต้น และใบ แต่ไม่จัดว่าเป็นส่วนที่แท้จริง ประกอบด้วย 2 กลุ่มคือ

1) กลุ่มมอส พืชในวงศ์นี้มี 30 สกุล จำนวนประมาณ 450 ชนิด ดังตารางที่ 4.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 : ตัวอย่างพืชกลุ่มมอส

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์ (ชนิด)
วงศ์มอสน้ำ (Family Hypnacaea)	*Vescicularia dubyana*
วงศ์ข้าวตอกฤาษี (Family Sphaginaceae)	*Sphagnum caspidatum, S. cuspidatulum, S. erythrocalyx, S. junghuhnianum, S. khasianum S. luzonense, S. palustre, S. pseudocymbifolium S. subrecurvum, S. subsecundum, S. thailandense*

2) กลุ่มลิเวอร์เวิร์ต ประกอบด้วย วงศ์ริคเซีย (Family Ricciaceae) พืชในวงศ์นี้มี 3 สกุล 140 ชนิด เช่น แหนริคเซีย (*Riccia fluitans*)

พืชกลุ่มเฟิร์น ประกอบด้วยเฟิร์นชนิดต่างๆ ทั้งพวกลอยน้ำ ขึ้นอยู่ตามริมฝั่งหรือใต้น้ำ พืชกลุ่มนี้มีทั้งหมดประมาณ 10,000 ชนิด ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 : ตัวอย่างพืชกลุ่มเฟิร์น

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์ (ชนิด)
วงศ์ผักกูด (Family Athyriaceae)	*Diplazium esculentum* (กูดกิน)
วงศ์แหนแดง (Family Azollaceae)	*Azolla pinnata* (แหนแดง)
วงศ์ผักแว่น (Family Marsileaceae)	*Marsilea crenata* (ผักแว่น)
วงศ์ผักกูดเขากวาง (Family Parkeriaceae)	*Ceratopteris thalictroides* (ผักกูดเขากวาง)
วงศ์เฟิร์นทั่วไป (Family Polypodiaceae)	*Acrostichum aureum* (ปรงทอง ปรงไข่)
วงศ์จอกหูหนู (Family Salviniaceae)	*Salvinia cucullata* (จอกหูหนู)

พืชมีเมล็ด มีเฉพาะพืชที่มีดอก ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีมากที่สุด เป็นกลุ่มที่มีขนาดใหญ่ มีทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ โดยพืชมีดอกมีมากถึง 20,000 สกุล ประมาณ 300,000 ชนิดกระจายอยู่ทั่วโลก

1) พืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledonae) ลักษณะคือ เมื่อเป็นต้นอ่อนจะมีใบเลี้ยงเพียง 1 ใบ และเมื่อเมล็ดงอกใบเลี้ยงนี้จะจมอยู่ใต้ระดับดิน รากเป็นระบบรากฝอย ตัวอย่างดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์ (ชนิด)
วงศ์นางกวัก (Family Alismataceae)	*Echinodorus cordifolius* (อเมซอน) *Sagittalia guayanensis* (ตับเต่า) *Saqittalia sagittifolia* (ขาเขียด)
วงศ์พลับพลึง (Family Amaryllidaceae)	*Crinum thaianum* (พลับพลึงธาร)
วงศ์สันตะวา (Family Aponogetonaceae)	*Aponogeton elongatus* (อโพโนจีตอน)
วงศ์บอน (Family Araceae)	*Acorus calamus* (ว่านน้ำ) *Colocasia antiquorum* (บอน) *Cryptocoryne balansae* (ใบพาย) *Cryptocoryne ciliata* (วาน้ำ) *Lasia spinosa* (ผักหนาม) *Pistia stratiotes* (จอก)
วงศ์หญ้าข้าวก่ำ (Family Burmanniaceae)	*Burmannia coelestis* (สรัสจันทร) *Burmannia disticha* (หญ้าข้าวก่ำ)
วงศ์ตาลปัตรฤาษี (Family Butomaceae)	*Hydrocleis nymphoides* (ฝิ่นน้ำ) *Limnocharis flava*
วงศ์พุทธรักษา (Family Cannaceae)	*Canna qlauca* (พุทธรักษาไทย) *Canna indica* (พุทธรักษาอินเดีย)
วงศ์ผักปราบ (Family Commelinaceae)	*Commelina benghalensis* (ผักปราบ) *Commelina diffusa* *Cyanotis axillaris* (ผักปราบนา)
วงศ์กก (Family Cyperaceae)	*Cyperus alternifolius* (กกรังกา) *Cyperus compactus* (หญ้าใบคม) *Cyperus corymbosus* (กกจันทบุรี) *Cyperus difformis* (กกขนาก) *Cyperus imbricatus* (กกสามเหลี่ยมเล็ก) *Cyperus iria* (กกทราย) *Cyperus papyrus* (กกอียิปต์) *Cyperus procerus* (หญ้าตะกรับ) *Cyperus pulcherrimus* (กกเล็ก) *Eleocharis dulcis* (กกทรงกระเทียม) *Eleocharis spiralis* (จูดสามเหลี่ยม) *Eleocharis tuberose* (แห้วจีน) *Fimbristylis dichotoma* (หญ้าหนวดปลาดุก)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

	Fimbristylis miliacea (หญ้าหนวดแมว) *Fuirena ciliaris* (หญ้าคมบางกลม) *Lepironia articulata* (กระจูด) *Scirpus articulatus* (ทรงกระเทียมหัวแหวน), *Scirpus grossus* (กกสามเหลี่ยมแห้วกระดาน) *Scirpus juncoides* (พรงกลมใหญ่)
วงศ์หญ้าหัวไม้ขีด (Family Eriocaulaceae)	*Eriocaulon henryanum* (มณีเทวา) *Eriocaulon setaceum* (หญ้าหัวไม้ขีด)
วงศ์หวายลิง (Family Flagellariaceae)	*Flagellaria indica* (หวายลิง)
วงศ์ต้นกง (Family Hanguanaceae)	*Hanguana malayana* (ต้นกง)
วงศ์สันตะวา (Family Hydrocharitaceae)	*Blyxa echinosperma* (สันตะวาใบข้าว) *Blyxa japonica* (สันตะวาหางไก่) *Halophila ovalis* (หญ้าทะเล) *Hydrilla verticillata* (สาหร่ายหางกระรอก) *Hydrocharis morsus-ranae* (ผักตับเต่า) *Ottelia alismoides* (สันตะวาใบพาย) *Ottelia ovalifolia* (สันตะวาใบลอยน้ำ) *Vallisneria spiralis* (สันตะวาใบเกลียว) *Enhalus acoroides* (ต้นใบงอ)
วงศ์แหน (Family Lemnaceae)	*Lemna perpusilla* (แหนเป็ดเล็ก) *Spirodela oligorrhiza* (แหนเป็ด) *Spirodela polyrrhiza* (แหนเป็ดใหญ่) *Wolffia arrhiza* (ไข่น้ำ)
วงศ์คล้า (Family Marantaceae)	*Thalia geniculata* (คล้าน้ำช่อห้อย) *Thalia dealbata* (คล้าน้ำ)
วงศ์สาหร่ายเส้นด้าย (Family Najadaceae)	*Najas graminea* (สาหร่ายเส้นด้าย)
วงศ์เตย (Family Pandanaceae)	*Pandanus amarylifolius* (เตยหอม)
วงศ์หญ้า (Family Poaceae)	*Arundo donax* (อ้อ), *Brachiaria mutica* (หญ้าขน) *Coix aquatica* (ลำเอียก), *Echinochloa colonum* (หญ้าข้าวนก) *Hygroryza aristata* (หญ้าพองลม), *Hymenachne pseudointerrupta* (หญ้าปล้อง), *Ischaemum rugosum* (หญ้าแดง), *Leersia hexandra* (หญ้าไซ), *Leptochloa chinensis* (หญ้ายอนหู), *Oryza sativa* (ข้าว), *Paspalum scrobiculatum* (หญ้าปล้องหิน), *Zizania latifolia* (หน่อไม้น้ำ)
วงศ์ผักตบชวา (Family Pontederiaceae)	*Eichhornia crassipes* (ผักตบชวา), *Monochoria hastata var. elata* (ต้นโพลง), *Monochoria hastata* (ผักตบไทย)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

	Monochoria vaginalis (ขาเขียด), *Pontederia cordata* (ช่อครามน้ำ)
วงศ์ดีปลีน้ำ (Family Potamogetonaceae)	*Potamogeton malai*anus (ดีปลีน้ำ) *Potamogeton crispus* (แนน)
วงศ์ธูปฤาษี (Family Typhaceae)	*Typha angustifolia* (ธูปฤาษี)
วงศ์กระถินทุ่ง (Family Xyridaceae)	*Xyris indica* (กระถินทุ่ง)

2) พืชใบเลี้ยงคู่ (Dicotyledonae) มีลักษณะคือ เมื่อเวลาเป็นต้นอ่อนจะมีใบเลี้ยง 2 ใบ และเมล็ดเมื่องอกจะชูใบเลี้ยงทั้ง 2 ใบขึ้นมาเหนือระดับพื้นดิน รากเป็นระบบรากแก้ว ตัวอย่างดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างของพืชใบเลี้ยงคู่

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์ (ชนิด)
วงศ์ทองพันชั่ง (Family Acanthaceae)	*Acanthus ebracteatus* (เหงือกปลาหมอดอกขาว) *Acanthus ilicifolius* (เหงือกปลาหมอดอกม่วง) *Hygrophila difformis* (ดาวกระจาย) *Nomaphila stricta* (สตริคต้า)
วงศ์ผักเป็ด (Family Amaranthaceae)	*Alternanthera philoxeroides* (ผักเป็ดน้ำ) *Alternanthera sessilis* (ผักเป็ดไทย)
วงศ์ผักชี (Family Apiaceae)	*Hydrocotyle umbellata* (แว่นแก้ว) *Oenanthe stolonifera* (ผักชีล้อม)
วงศ์ทานตะวัน (Family Asteraceae)	*Eclipta prostrata* (กะเม็ง) *Enydra fluctuans* (ผักบุ้งร้วม) *Sphaeranthus africanus* (หญ้าค้อนกลอง)
วงศ์ต้นเทียน (Family Balsaminaceae)	*Hydrocera triflora* (เทียนน้ำ)
วงศ์บัวสาหร่าย (Family Cabombaceae)	*Cabomba caroliniana* (บัวสาหร่าย)
วงศ์สาหร่ายพุงชะโด (Family Ceratophyllaceae)	*Ceratophyllum demersum* (สาหร่ายพุงชะโด)
วงศ์ผักบุ้ง (Family Convolvulaceae)	*Ipomoea aquatica* (ผักบุ้ง)
วงศ์หญ้าอินทขิล (Family Elatinaceae)	*Bergia capensis* (หญ้าอินทขิล)
วงศ์โสน (Family Fabaceae)	*Sesbania javanica* (โสน) *Aeschynomene indica* (โสนหางไก่) *Aeschynomene aspera* (โสนคางคก)
วงศ์บัวบา (Family Gentianaceae)	*Nymphoides cristata* (ตับเต่าเล็ก) *Nymphoides hastata* (บัวบาดอกเหลือง) *Nymphoides indica* (บัวบา)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

	Nymphoides parvifolia (บัวบาดอกขาวเล็ก)
วงศ์สาหร่ายญี่ปุ่น (Family Haloragaceae)	*Myriophyllum brasiliense* (สาหร่ายญี่ปุ่น) *Myriophyllum tetandrum* (สาหร่ายฉัตร)
วงศ์สาหร่ายข้าวเหนียว (Family Lentibulariaceae)	*Utricularia aurea* (สาหร่ายข้าวเหนียว) *Utricularia bifida* (สร้อยสุวรรณา) *Utricularia delphinioides* (ดุสิตา) *Utricularia minutissima* (ทิพเกสร)
วงศ์เทียนกิ่ง, ตะแบก (Family Lythraceae)	*Ammania baccifera* (แก้วรักนา)
วงศ์ไมยราบ (Family Mimosaceae)	*Neptunia oleracea* (ผักกะเฉด) *Mimosa pigra* (ไมยราบยักษ์)
วงศ์บัว (Family Nymphaeaceae)	*Barclaya longifolia* (ไส้ปลาไหล) *Nelumbo nucifera* (บัวหลวง) *Nyphaea capensis* (บัวสุธาสิโนบล) *Nymphaea lotus* (บัวสาย) *Nymphaea stellata* (บัวเผื่อน) *Nymphaea cyanea* (บัวขาบ) *Victoria amazonica* (บัววิคตอเรีย)
วงศ์แพงพวย (Family Onagraceae)	*Jussiaea linifolia* (เทียนนา) *Jussiaea repens* (แพงพวยน้ำ) *Jussiaea suffruticosa* (หญ้ารักนา) *Ludwigia sedioides* (กระจับแก้ว) *Ludwigia pariviflora* (พญารากดำ)
วงศ์ผักไผ่น้ำ (Family Polygonaceae)	*Polygonum tomentosum* (เอื้องเพ็ดม้า) *Polygonum bartatum* (สร้อยทับทิม)
วงศ์พรหมิ (Family Scrophulariaceae)	*Bacopa Carolina* (ลานไพลิน) *Bacopa monnieri* (พรหมิ) *Limnophila chinensis* (ผักแขยง) *Limnophila heterophylla* (สาหร่ายฉัตร) *Limnophila micrantha* (หญ้าจาม) *Limnophila rugosa* (ผักกะโฉม) *Limnophila sessiliflora* (สาหร่ายฉัตร) *Lindernia crustacea* (หญ้ามันหลิง) *Mimulus orbicularis* (ตับเต่านา)
วงศ์ผักปอด (Family Sphenocleaceae)	*Sphenoclea zeylanica* (ผักปอด)
วงศ์กระจับ (Family Trapaceae)	*Trapa bispinosa* (กระจับ) *Trapa natans* (กระจ่อม)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.2 ความสัมพันธ์ของพรรณไม้น้ำกับปัจจัยทางด้านกายภาพ

ปัจจัยทางด้านกายภาพมีความสัมพันธ์กับพรรณไม้น้ำอย่างมาก และสภาพของแหล่งน้ำที่พืชขึ้นอยู่ก็มีผลต่อพรรณไม้น้ำเช่นกัน ปัจจัยต่างๆนั้นมีดังต่อไปนี้

แสง เป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับพรรณไม้น้ำมาก การสังเคราะห์แสงทำให้พืชสามารถสร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโต พืชลอยน้ำ พืชโผล่เหนือน้ำ และพืชชายน้ำ จะได้รับแสงโดยตรง พืชใต้น้ำจะได้รับแสงสว่างผิดไปจากความเป็นจริง พืชที่อยู่ในระดับความลึกต่างกันจะได้รับปริมาณแสงที่ต่างกันด้วย และบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงจะไม่ค่อยพบพรรณพืช

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อพรรณพืชเช่นกัน พรรณไม้น้ำชนิดต่างๆ ที่เจริญอยู่ในแหล่งน้ำเดียวกันมักไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิมากนัก พรรณไม้บางชนิดชอบขึ้นในเขตที่มีอุณหภูมิต่ำ ขณะเดียวกันพรรณไม้บางอย่างในเขตร้อนเมื่อนำไปปลูกในเขตหนาวมักเจริญไม่ดี แต่พรรณไม้บางอย่างก็สามารถปรับตัวได้ทั้งอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ

ปริมาณก๊าซ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับพรรณไม้น้ำ ก๊าซที่สำคัญคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะพืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ขณะเดียวกันพืชจะปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมา ซึ่งเป็นประโยชน์กับสัตว์น้ำต่างๆ พบว่าหากอัตราการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสัตว์น้ำและอัตราการคายก๊าซออกซิเจนของพรรณไม้น้ำอยู่ในลักษณะที่เหมาะสม จะทำให้แหล่งน้ำนั้นมีสภาพที่สมดุล ในแหล่งน้ำลึกๆ จะมีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่น้อยมากหรือไม่มีเลย ทำให้สิ่งมีชีวิตบางชนิดอยู่ไม่ได้

ความกระด้างของน้ำ พรรณพืชบางอย่างชอบขึ้นในน้ำที่มีหินปูนมาก (น้ำกระด้าง) ขณะเดียวกันพรรณพืชบางชนิดก็ชอบขึ้นในน้ำอ่อน

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ค่าดังกล่าวนี้มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของพรรณไม้น้ำ โดยทั่วไปพืชชอบน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 6.5-7.5 แต่มีพืชบางชนิดที่สามารถขึ้นได้ในที่ที่น้ำมีค่อนข้างเป็นกรด

ความขุ่นของน้ำ น้ำที่มีตะกอนของดินทรายหรือแร่ธาตุมาก พืชใต้น้ำจะได้รับแสงสว่างไม่เต็มที่ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

ธาตุอาหารในน้ำ ถ้าในแหล่งน้ำมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก เป็นผลให้พืชทุกประเภท ทั้งพืชลอยน้ำ พืชโผล่เหนือน้ำ และพืชใต้น้ำเจริญเติบโตได้ดี เช่นพบว่าแหล่งน้ำที่รับน้ำเสียจากชุมชนมักมีพืชน้ำเจริญมากกว่าปกติ เนื่องจากมีธาตุอาหารที่พืชต้องการอยู่มาก

สภาพของพื้นดินใต้น้ำ ผิวพื้นล่างของแหล่งน้ำ เป็นกรวด ทราย หิน ดิน โคลน และดินที่เกิดจากซากพืชตายทับถมกัน ลักษณะเช่นนี้มีผลต่อพืชน้ำเช่นกัน

การเคลื่อนที่ของน้ำ ในแหล่งน้ำที่เป็นสระ บ่อ บึง หรือทะเลสาบ การเคลื่อนที่ของน้ำส่วนใหญ่เกิดจากกระแสลม แต่ในแม่น้ำหรือลำธาร การเคลื่อนที่ของน้ำเกิดจากการไหลของกระแสน้ำ พืชบางชนิดชอบขึ้นในน้ำไหลเพื่อจะได้รับแร่ธาตุและก๊าซที่มากับกระแสน้ำ พืชพวกนี้มักมีราก

ยึดแน่นกับพื้นดิน ใบเหนียวและพลิ้วไปตามกระแสน้ำ ขณะที่พืชบางชนิดชอบขึ้นในน้ำนิ่ง เพื่อให้ใบได้รับแสงเต็มที่ ใบมักเปราะบางฉีกขาดได้ง่าย เป็นต้น

4.1.3 ประโยชน์ของพรรณไม้น้ำ

ปัจจุบันได้มีการนำเอาพืชน้ำมาใช้ประโยชน์กันแพร่หลาย เช่น

เป็นอาหาร เช่น ข้าวบางพันธุ์จัดว่าเป็นพืชน้ำ ซึ่งนอกจากปลูกเป็นอาหารภายในประเทศแล้ว ยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญอีกด้วย ผักบุ้งและผักกะเฉดนับว่าเป็นพืชผักที่นิยมรับประทานมาก จึงมีการปลูกเป็นการค้ากันอย่างแพร่หลาย แห้ว กระจับ และเมล็ดบัวหลวงเป็นพืชน้ำที่คนแถบเอเชียนำมาประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน นอกจากนี้ยังมีพืชน้ำอีกหลายชนิดที่คนไทยนิยมนำมารับประทาน

ทำเครื่องจักรสาน เช่น กกกลม นำมาทอเป็นเสื่อจันทบูรณ์ที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้ยังได้นำไปประดิษฐ์เป็นเครื่องใช้หัตถกรรมต่างๆ

เป็นสมุนไพร เช่น ว่านน้ำที่ใช้เหง้ามาเป็นส่วนประกอบของยาสมุนไพรรักษาโรค หรือทำน้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้ทำเครื่องหอม

เป็นไม้ประดับ เช่น นำพืชใต้น้ำมาปลูกเป็นไม้ประดับในตู้ปลา เพื่อความสวยงามและเป็นแหล่งเพิ่มออกซิเจนให้กับตู้ปลา นอกจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชดูดไปใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงแล้ว พืชยังสามารถดูดไนเตรทซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นไปใช้ด้วย นอกจากนี้พืชยังเป็นที่กำบังให้กับสิ่งมีชีวิตในน้ำ ส่วนพืชโผล่เหนือน้ำและพืชชายน้ำ สามารถนำมาปลูกเป็นไม้ประดับตามสระน้ำ โอ่งน้ำ หรือกระถางน้ำต่างๆ

บำบัดน้ำเสีย ปัจจุบันพบว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งในเรื่องของขยะและน้ำเสียเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นหลัก ได้มีการทดลองนำพืชลอยน้ำ เช่น ผักตบชวา และพืชโผล่เหนือน้ำ เช่น กกกลม ธูปฤาษี มาใช้บำบัดน้ำเสีย พบว่าได้ผลดีในระดับหนึ่ง เนื่องจากพืชเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดซึมแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำได้เป็นอย่างดี

4.1.4 โทษของพรรณไม้น้ำ

พรรณไม้น้ำหลายชนิดที่อยู่ในแหล่งน้ำที่ใช้ประโยชน์มักก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น ถ้ามีมากเกินไป ซากพืชที่ตายจะทับถม ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินเร็วกว่าปกติ หรือพวกพืชลอยน้ำ พืชชายน้ำ ถ้าขึ้นเบียดเสียดกันแน่นจะทำให้เสียทัศนียภาพที่สวยงาม นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโทษอีกหลายอย่าง เช่น

การคมนาคม พืชน้ำที่มีจำนวนมากในแม่น้ำลำคลอง ทำให้กีดขวางการคมนาคมทางน้ำ หรือเป็นอุปสรรคในการเดินทาง เช่น การมีผักตบชวาขึ้นในปริมาณมากๆ ทำให้การเดินเรือเป็นไปด้วยความยากลำบาก บางครั้งก็มีพืชใต้น้ำบางอย่างไปพันใบพัดเรือ ทำให้เรือไม่สามารถวิ่งได้หรือวิ่งไม่ได้สะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชลประทาน พืชน้ำต่างๆ ที่ขึ้นในคลองชลประทาน คลองส่งน้ำ หรือท่อระบายน้ำต่างๆ จะเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ ทำให้การระบายน้ำช้าลงหรือเกิดการอุดตันไปเลย และก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากในกรณีน้ำท่วม

การเกษตร พืชน้ำบางชนิดถึงแม้จะมีประโยชน์ แต่หากไปขึ้นในบริเวณที่ไม่ต้องการก็จัดเป็นวัชพืช เช่น กกกลม หรือผักแว่น เป็นต้น

การประมง พืชลอยน้ำบางอย่างถ้ามีมากเกินไปจนปิดพื้นน้ำหมด ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนในน้ำมีน้อย สัตว์น้ำที่อยู่ในน้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ พืชใต้น้ำไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เพราะมีปริมาณแสงที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นบริเวณใต้น้ำนี้จะไม่ค่อยมีสัตว์น้ำทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กเพราะขาดออกซิเจนรวมทั้งแหล่งยึดเกาะและกำบังภัยของสัตว์น้ำขนาดเล็กต่างๆ

สุขภาพอนามัย พืชน้ำบางอย่างเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ เช่น ธูปฤาษี มีส่วนของดอกที่สามารถปลิวแพร่กระจายทำให้เกิดอาการแพ้ นอกจากนี้ยังมีพืชน้ำอีกหลายชนิดที่เป็นพาหะนำโรค เช่น แห้วจีน กระจับ ถ้ามีการนำส่วนที่รับประทานได้มาบริโภคโดยไม่ผ่านความร้อนอาจจะมีไข่พยาธิบางอย่างติดต่อถึงมนุษย์ได้

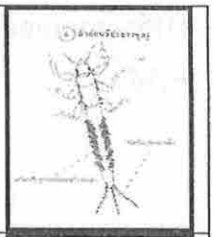
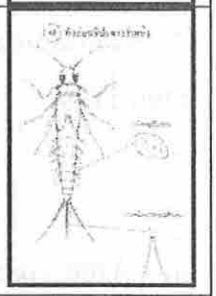
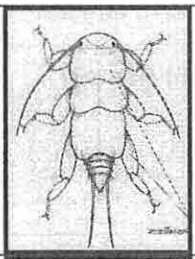
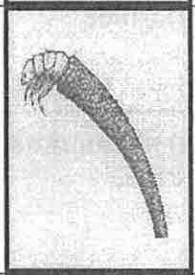
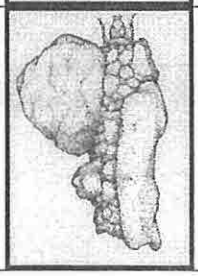
4.2 สัตว์เล็กน้ำจืด

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่พบในลำธารสามารถแบ่งออกได้ 4 จำพวกใหญ่ๆ ได้แก่ แมลง สัตว์มีกระดอง หอย และหนอนตัวแบนรวมทั้งปลิงด้วย สำหรับเนื้อหาส่วนนี้จะขอกล่าวถึงสัตว์บางชนิดที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไปเท่านั้น ตัวอย่างสัตว์ขนาดเล็ก ดังตารางที่ 4.7

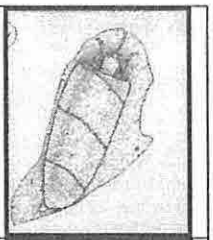
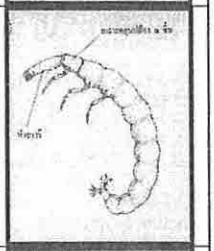
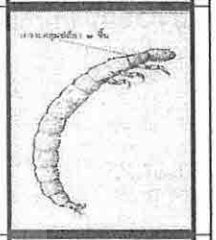
ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างสัตว์เล็กน้ำจืด

ชื่อไทย	ชื่อวงศ์	รูปภาพ
1) ตัวอ่อนชีปะขาวตัวแบน	Heptageniidae	
2) ตัวอ่อนชีปะขาวเหงือกแฉก	Leptophlebiidae	
3) ตัวอ่อนชีปะขาวเหงือกบนหลัง	Ephemerellidae	

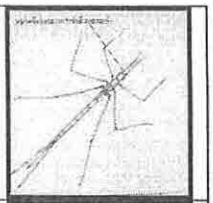
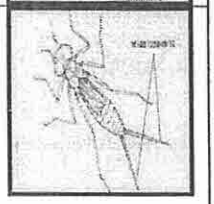
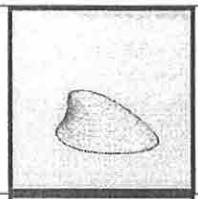
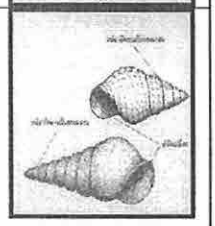
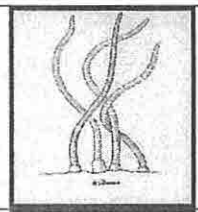
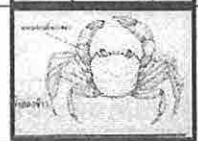
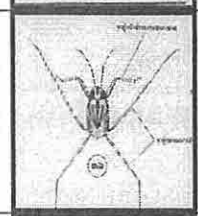
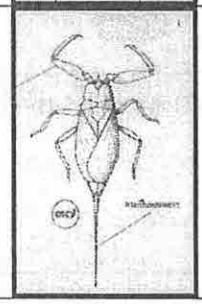
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4) ตัวอ่อนชีปะขาวขุดรู	Ephemeridae	
5) ตัวอ่อนชีปะขาวเหงือกขนนก	Potamanthidae	
6) ตัวอ่อนชีปะขาวว่ายน้ำ	Baetidae	
7) ตัวอ่อนแมลงเกาะหินจั๊กกะแร้ฟู	Perlidae	
8) ตัวอ่อนแมลงเกาะหินตัวป้อม	Peltoperlidae	
9) ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ	Odontoceridae / Leptoceridae	
10)ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ปลอกกรวดข้าง	Goeridae	

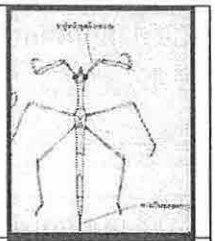
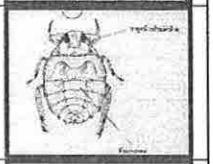
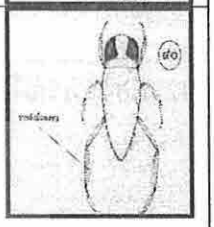
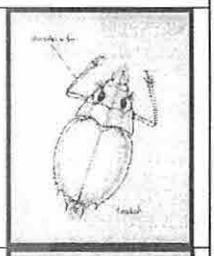
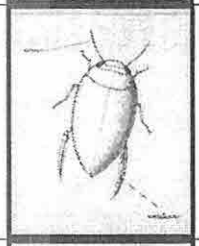
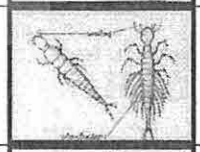
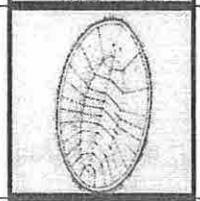
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

11)ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำซองใบไม้	Calamoceratidae	
12)ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำหัวหลิม	Philopotamidae	
13) ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทอปลอกนิ้ว	Psychomyiidae	
14) ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำซิโก้	Hydropsychidae	
15) ตัวอ่อนแมลงช้างกรามโต	Corydalidae	
16) กุ้งน้ำตก	Palaemonidae	
17) กุ้งฝอย	Palaemonidae	
18) ตัวอ่อนแมลงปอเสือหางเดียว	Gomphidae	
19) ตัวอ่อนแมลงปอเข็มหางโป่ง	Euphaeidae	

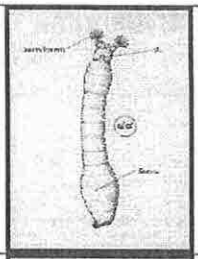
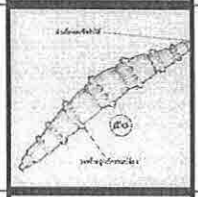
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

20) ตัวอ่อนแมลงปอน้ำตกธรรมดา	Calopterygidae	
21) ตัวอ่อนแมลงปอน้ำตกเขียว	Chlorocyphidae	
22) หอยหมวกเจ๊ก	Ancylidae	
23) หอยเจดีย์	Thiaridae	
24) ไส้เดือนปลอกแดง	Tubificidae	
25) ปูน้ำตก	Potamidae	
26) ปูลำห้วย	Parathelphusidae	
27) จิงโจ้น้ำ	Gerridae	
28) มวนแมงป่องน้ำ	Nepidae	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

29) มวนแมงป่องเซ็ม	Nepidae	
30) มวนจาน	Naucoridae	
31) มวนกรรเชียง หรือมวนวน	Notonectidae / Corixidae	
32) ด้วงสี่ตา	Gyrinidae	
33) ด้วงดิ่ง	Dytiscidae	
34) หนอนด้วงสี่ตา	Gyrinidae	
35) หนอนด้วงดิ่ง	Dytiscidae	
36) หนอนด้วงสตางค์น้ำ	Psephenidae	
37) หนอนด้วงน้ำไหล	Elminthidae	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

38) หนอนริ้นดำ (คุ่น)	Simuliidae	
39) หนอนเหลือบ	Tabanidae	
40) หนอนตัวแบน	Tricladida	

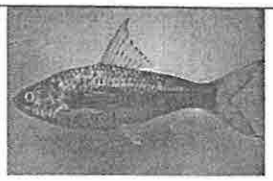
4.3 ปลาน้ำจืดที่สำคัญในประเทศไทย

สำหรับปลาน้ำจืดพบว่า ปัจจุบันประเทศไทยพบปลาน้ำจืดอย่างน้อย 552 ชนิด ในจำนวนนี้เป็นชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่น 56 ชนิด ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.6

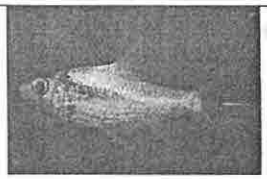
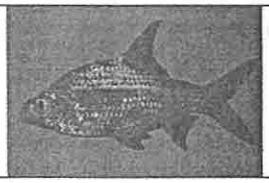
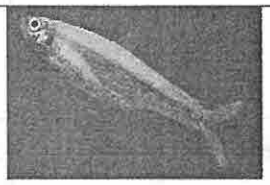
ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างของสัตว์น้ำจืดในประเทศไทย

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	รูปภาพ
1) สวาย	*Pangasianodon hypophthalmus*	
2) สวายเผือก	*Pangasius sutchi*	
3) ส่อ	*Crossocheilus burmanicus*	

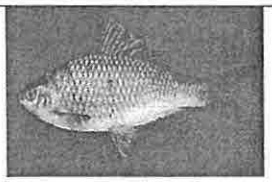
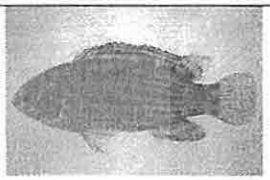
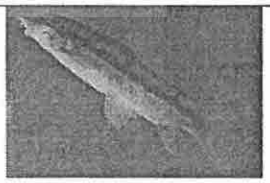
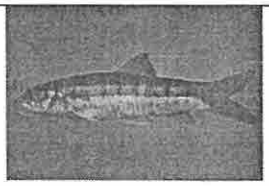
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4) สร้อยหลอด	*Henicorhynchus lobatus*	
5) สิงโต	*Halophryne trispinosus*	
6) เสือข้างลาย	*Puntius partipentozona*	
7) เสือดำ	*Nandus nebulosus*	
8) เสือตอ ,ลาด	*Coius microlepis* Bleeker	
9) เสือตอลายเล็ก	*Coius underimradiatus*	
10) เสือพ่นน้ำ	*Toxotes chatareus* (Hamilton)	

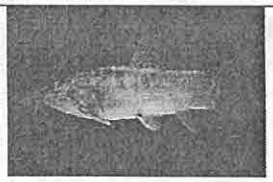
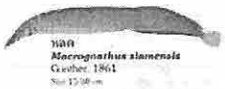
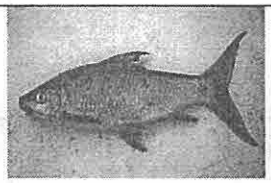
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

11) ไส้ตัน	*Cyclocheilichthys mekongensis*	
12) ไส้ตัน	*Cyclocheilichthys lagleri*	
13) ไส้ตัน	*Cyclocheilichthys armatus*	
14) ไส้ตันตาแดง	*Cycloeheiliethys apogon*	ไส้ตันตาแดง *Cycloeheiliethys apogon* Val. in Cuv. & Val., 1842
15) ไส้ตันหางดอก	*Clupeoides borneensis*	
16) หนวดพราหมณ์หูดำ	*Polynemus borneensis*	
17) หนวดแมว	*Silurodes pinnatus*	
18) หนามหลัง	*Mystacoleucus marginatus*	

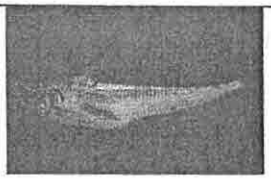
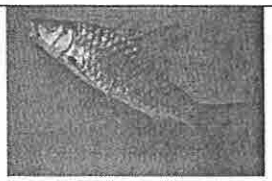
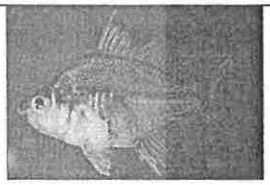
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

19) หนามหลังครีบดำ	*Mystacoleucus atridorsalis*	
20) หน้าหมอง	*Osteochilus lini*	
21) หมอแคระ	*Badis rubber*	
22) หมูขาว	*Botia modesta* Bleeker	
23) หมูครีบหลังยาว	*Botia longidoralis*	
24) หมูดอก	*Botia morleti*	
25) หมูแถบ	*Botia nigrolineata*	
26) หมูท้องยาว	*Sinibotia longiventralis* (W.J. Rainboth)	

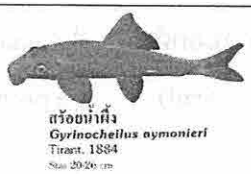
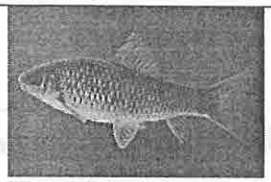
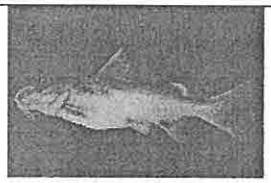
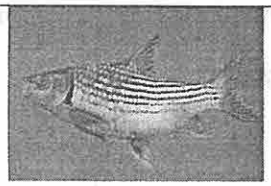
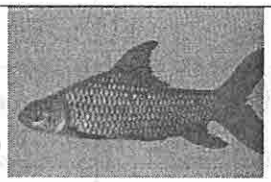
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

27) หมูลาย	*Botia beauforti*	
28) หมูสัก	*Botia lecontei*	
29) หมูอารีย์	*Botia sidthimunki*	
30) หลด	*Macrognathus siamensis*	
31) หลดลาย	*Macrognathus circumcinctus*	
32) หลาด	*Ophichthus rutidoderma*	
33) หว้าซวง	*Labeo pierrei*	
34) หว้าหน้านอ	*Bangana behri*	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

35) หางไก่น้ำจืด	*Coilia lindmani*	
36) เหี่ยน	*Tor tambroides*	
37) ไหลงู	*Ophichthus rutidoderma*	
38) อมไข่น้ำจืด	*Parambasis apogonoides*	
39) อ้าว	*Opsarias korattensis*	
40) อ้าว	*Luclosoma bleekeri*	
41) อินทรีทะเลสาบเขมร	*Scomberomorus sinensis*(W.J.Rainboth)	
42) อีกง	*Mystus gulio*	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

43) อีด	*Lepidocephalichthys hasselti*	
44) อีดูด	*Gyrinocheilus aymonieri*	
45) อีม่อม	*Osteochilus brachynotopteroides*	
46) อุก	*Hemipimelodus daugeti*	
47) เอินคางมุม	*Probarbus labeamajor*(ภาสกร แสนจันแดง)	
48) เอินฝ้าย	*Probarbus labeaminor* (T.R. Roberts)	

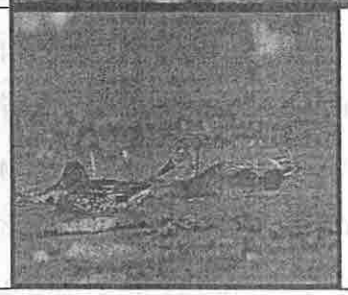
ที่มา : http://www.fisheries.go.th/fisheries/webfish.php

4.3 นกที่หากินหรือพักอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำในเมืองไทย

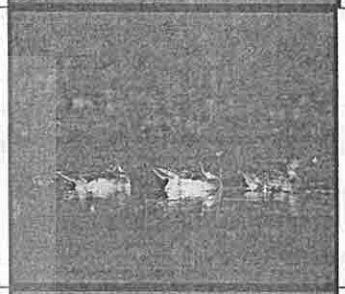
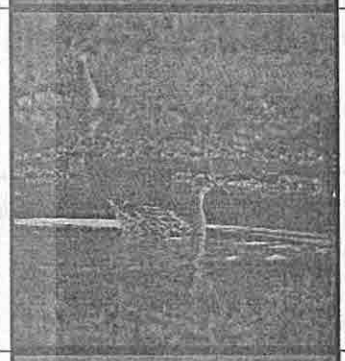
เป็นเรื่องยากในการแยกนกทุ่ง-นกน้ำออกจากกัน เพราะนกมีอิสระในการเลือกพื้นที่หากิน จึงพบนกทุ่ม-นกน้ำหากินปะปนกันอยู่เสมอ เนื่องจากท้องทุ่งและแหล่งน้ำมักเป็นสิ่งที่แยกกันไม่ออก บางครั้งยังพบนกชายเลยหรือนกทะเลเข้ามาหากินในบริเวณทุ่งนา หนอง บึง และทะเลสาบ ขณะที่นกทุ่ง-นกน้ำบางตัวสามารถพบหากินอยู่ตามหาดเลน ชายทะเล หรือนาเกลือ ดังนั้นเนื้อหาในส่วนนี้จะยกตัวอย่างนกทุ่ง-นกน้ำที่พบในประเทศไทย ซึ่งมีรายชื่อดังตารางที่ 4.8

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างนกทุ่ง-นกน้ำในประเทศไทย

ชื่อนก	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	รูปภาพ
1) นกคุ่มอกดำ (Rain Quail)	*Coturnix coromandelica*	Phasianidae	
2) เป็ดแดง(Lesser Whistling-duck)	*Dendrocygna javanica*	Dendrocygnidae	
3) เป็ดพม่า(Ruddy Shelduck)	*Tadorna ferruginea*	Anatidae	
4) เป็ดคับแค (Cotton Pygmy-goose)	*Nettapus coromandelianus*	Anatidae	
5) เป็ดเทาก้นดำ (Gadwall)	*Anas strepera*	Anatidae	

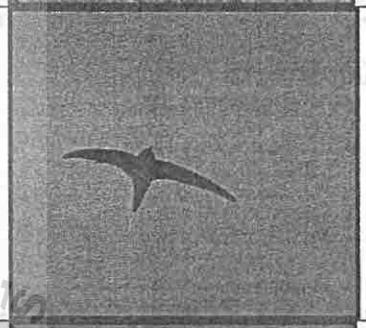
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6) เป็นหัวเขียว (Mallard)	*Anas platyrhynchos*	Anatidae	
7) เป็ดปากพลั่ว (Northern Shoveler)	*Anas clypeata*	Anatidae	
8) เป็ดหางแหลม (Northern Pintail)	*Anas acuta*	Anatidae	
9) เป็ดลาย (Garganey)	*Anas querquedula*	Anatidae	
10) เป็ดปีกเขียว (Common Teal)	*Anas crecca*	Anatidae	
11) เป็ดดำใหญ่ (Greater Scaup)	*Aythya marila*	Anatidae	

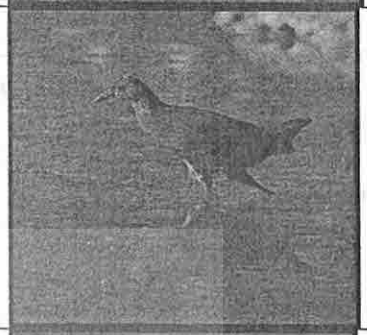
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

12) นกตะขาบทุ่ง (Indian Roller)	*Coracias benghalensis*	Coraciidae	
13) นกกระเต็นใหญ่ธรรมดา (Stork-billed Kingfisher)	*Halcyon capensis*	Halcyonidae	
14) นกกระเต็นอกขาว(White-throated Kingfisher)	*Halcyon smyrnensis*	Halcyonidae	
15) นกกระเต็นหัวดำ(Black-capped Kingfisher)	*Halcyon pileata*	Halcyonidae	
16) นกกระเต็นปีกหลัก(Pied kingfisher)	*Ceryle rudis*	Cerylidae	

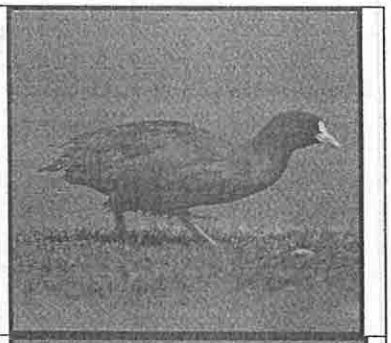
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

17) นกจาบคาเล็ก (Green Bee-eater)	*Merops orientalis*	Meropidae	
18) นกกระปูดใหญ่(Greater Coucal)	*Centropus sinensis*	Centropodidae	
19) นกกระปูดเล็ก (Lesser Coucal)	*Centropus bengalensis*	Centropodidae	
20) นกแอ่นตาล (Asian Palm Swift)	*Cypsiurus balasiensis*	Apodidae	
21) นกกระเรียนพันธุ์ยุโรป (Common Crane)	*Grus grus*	Gruidae	

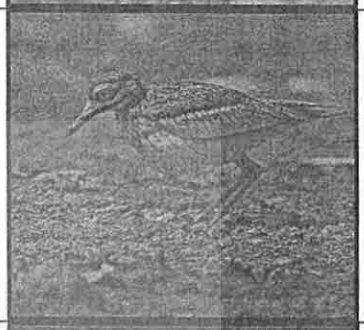
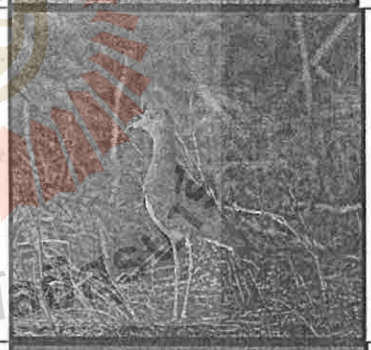
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

22) นกอัญชันเล็ก (Baillon's Crake)	*Porzana pusilla*	Rallidae	
23) นกหนูแดง (Ruddy-breasted Crake)	*Porzana fusca*	Rallidae	
24) นกอีล้ำ (Common Moorhen)	*Gallinula chloropus*	Rallidae	
25) นกอีลุ้ม (Watercock)	*Gallicrex cinerea*	Rallidae	
26) นกอีโก้ง (Purple Swamphen)	*Porphyrio porphyrio*	Rallidae	

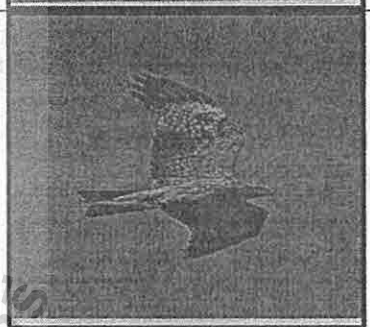
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

27) นกคู้ต (Common Coot)	*Fulica atra*	Rallidae	
28) นกปากซ่อมหางเข็ม(Pintail Snipe)	*Gallinago stenura*	Scolopacidae	
29) นกปากซ่อมหางพัด(Common Snipe)	*Gallinago gallinago*	Scolopacidae	
30) นกโป่งวิด (Greater Painted-snipe)	*Rostratula benghalensis*	Rostratulidae	
31) นกอีแจว (Pheasant-tailed Jacana)	*Hydrophasianus chirurgus*	Jacanidae	

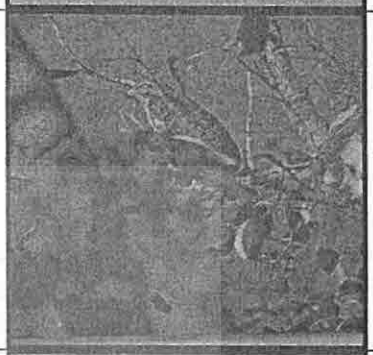
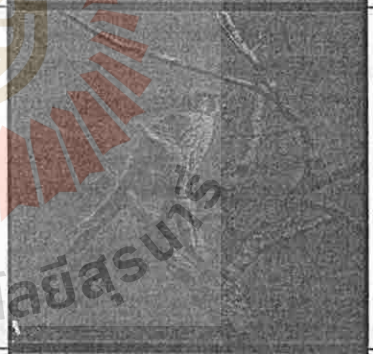
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

32) นกพริก (Bronze-winged Jacana)	*Metopidius indicus*	Jacanidae	
33) นกกระแตผีเล็ก(Eurasian Thick-knee)	*Burhinus oedicnemus*	Burhinidae	
34) นกกระแตหาด (River Lapwing)	*Vanellus duvaucelii*	Charadriidae	
35) นกกระแตหัวเทา(Grey-headed Lapwing)	*Vanellus cinereus*	Charadriidae	
36) นกกระแตแต้แว้ด (Red-wattled Lapwing)	*Vanellus indicus*	Charadriidae	

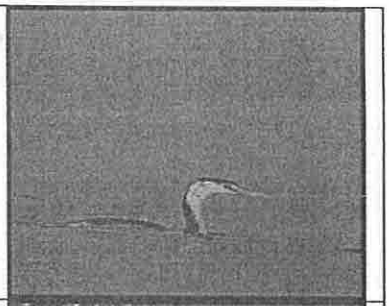
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

37) นกแอ่นทุ่งใหญ่(Oriental Pratincole)	*Glareola maldivarum*	Glareolidae	
38) นกแอ่นทุ่งเล็ก (Small Pratincole)	*Glareola lactea*	Glareolidae	
39) เหยี่ยวขาว (Black-shouldered Kite)	*Elanus caeruleus*	Accipitridae	
40) เหยี่ยวดำ (Black Kite)	*Milvus migrans*	Accipitridae	
41) เหยี่ยวทุ่งพันธุ์เอเชียตะวันออก (eastern Marsh Harrier)	*Circus spilonotus*	Accipitridae	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

42) เหยี่ยวทุ่งพันธุ์ยูเรเซีย(Western Marsh Harrier)	*Circus aeruginosus*	Accipitridae	
43) เหยี่ยวทะเลทราย (Common Buzzard)	*Buteo buteo*	Accipitridae	
44) นกอินทรีปีกลาย(Greater Spotted Eagle)	*Aquila clanga*	Accipitridae	
45) เหยี่ยวเคสเตรล (Common Kestrel)	*Falco tinnunculus*	Falconidae	
46) นกเป็ดผีเล็ก (Little Grebe)	*Tachybaotus ruficollis*	Podicipedidae	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

47) นกเป็ดผีใหญ่ (Great Crested Grebe)	*Podiceps cristatus*	Podicipedidae	
48) นกอ้ายงั่ว (Oriental Darter)	*Anhinga melanogaster*	Anhingidae	
49) นกกาน้ำเล็ก (Little Cormorant)	*Phalacrocorax niger*	Phalacrocoracidae	
50) นกกาน้ำปากยาว(Indian Cormorant)	*Phalacrocorax fuscicollis*	Phalacrocoracidae	
51) นกกาน้ำใหญ่ (Great Cormorant)	*Phalacrocorax carbo*	Phalacrocoracidae	

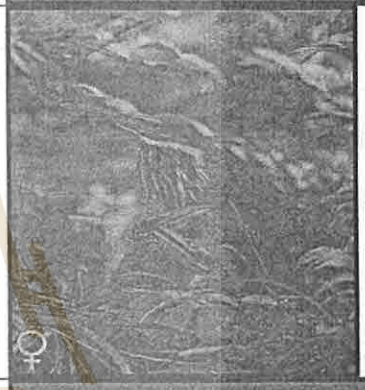
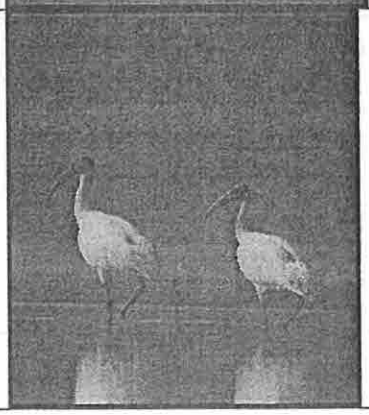
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

52) นกยางเปีย (Little Egret)	*Egretta garzetta*	Ardeidae	
53) นกกระสานวล (Grey Heron)	*Ardea cinerea*	Ardeidae	
54) นกกระสาแดง (Purple Heron)	*Ardea purpurea*	Ardeidae	
55) นกยางโทนใหญ่(Great Egret)	*Casmerodius albus*	Ardeidae	
56) นกยางโทนน้อย(Intermediate Egret)	*Mesophoyx intermedia*	Ardeidae	

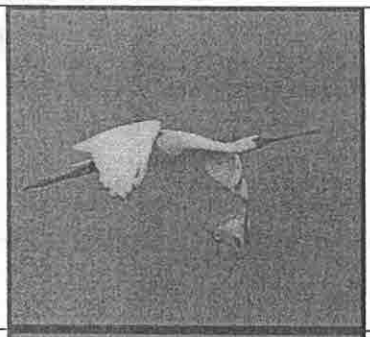
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

57) นกยางควาย (Cattle Egret)	*Bubulcus ibis*	Ardeidae	
58) นกยางกรอกพันธุ์ชวา(Javan pond Heron)	*Ardeola speciosa*	Ardeidae	
59) นกยางกรอกพันธุ์จีน(Chinese Pond Heron)	*Ardeola bacchus*	Ardeidae	
60) นกยางกรอกพันธุ์อินเดีย(Indian Pond Heron)	*Ardeola grayii*	Ardeidae	
61) นกยางเขียว (Little Heron)	*Butorides striatus*	Ardeidae	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

62) นกแขวก (Black-crowned Night Heron)	*Nycticorax nycticorax*	Ardeidae	
63) นกยางไฟหัวดำ(Yellow Bittern)	*Lxobrychus sinensis*	Ardeidae	
64) นกยางดำ (Black Bittern)	*Dupetor flavicollis*	Ardeidae	
65) นกช้อนหอยดำเหลือบ(Glossy Ibis)	*Plegadis falcinellus*	Threskiornithidae	
66) นกช้อนหอยขาว(Black-headed Ibis)	*Threskiornis melanocephalus*	Threskiornithidae	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

67) นกปากช้อนหน้าดำ(Black-faced Spoonbill)	*Platalea minor*	Threskiornithidae	
68) นกกระทุง (Spot-billed Pelican)	*Pelecanus philippensis*	Pelecanidae	
69) นกกระสาปากเหลือง(Milky Stork)	*Mycteria cinerea*	Ciconiidae	
70) นกกาบบัว (Painted Stork)	*Mycteria leucocephala*	Ciconiidae	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

71) นกปากห่าง (Asian Openbill)	*Anastomus oscitans*	Ciconiidae	
72) นกกระสาดำ (Black Stork)	*Ciconia nigra*	Ciconiidae	
73) นกตะกรุม (Lesser Adjutant)	*Leptoptilos javanicus*	Ciconiidae	
74) นกกระติ๊ดหัวขาว(White-headed Munia)	*Lonchura maja*	Passeridae	
75) นกจาบปีกอ่อนหงอน (Crested Bunting)	*Melophus lathami*	Fringillidae	

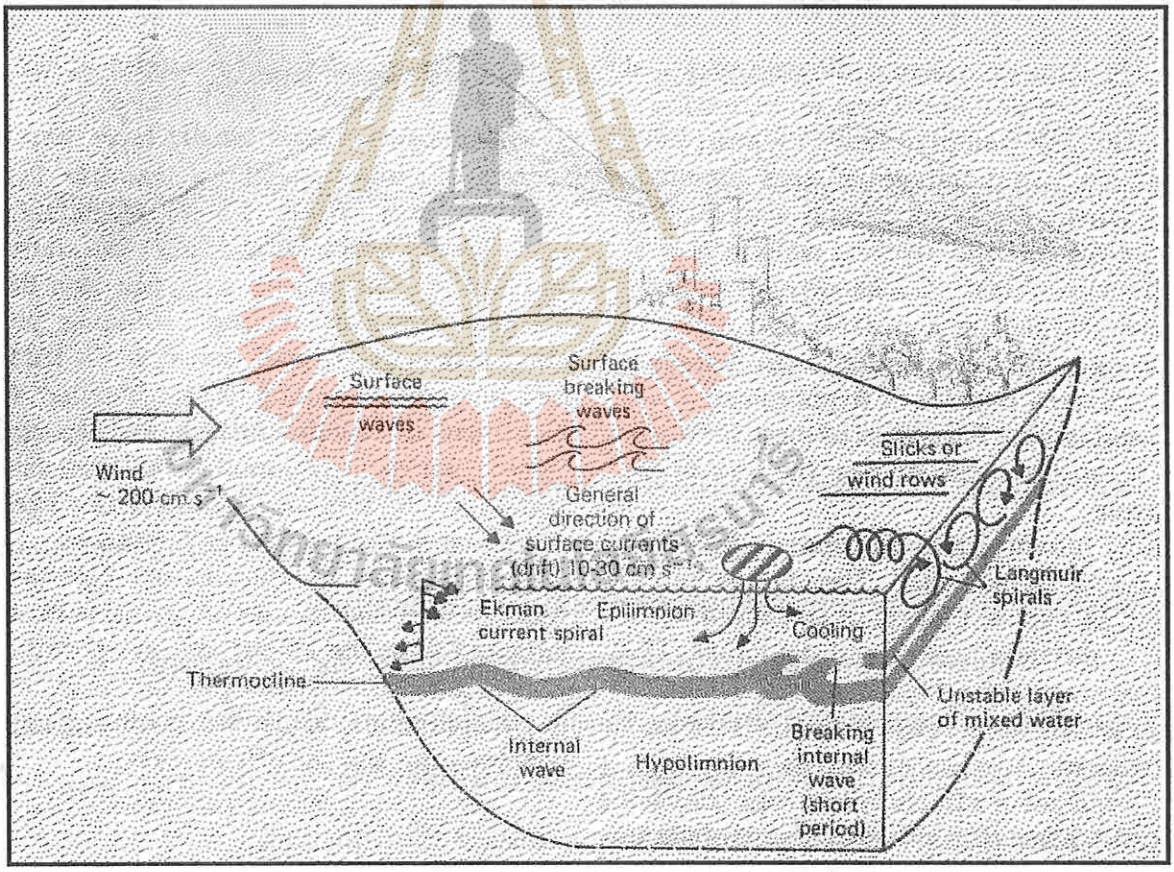
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5 การเคลื่อนที่ของน้ำ

5.1 การเคลื่อนที่ของน้ำ (Water Movement)

การเคลื่อนที่ของน้ำมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ การเคลื่อนที่ของน้ำสามารถนำแพลงก์ตอนพืชจากบริเวณที่มีแสงมาก สารอาหารต่ำ และผู้ล่าน้อยไปยังบริเวณน้ำลึก ซึ่งมีสารอาหารและผู้ล่ามาก จะเห็นว่าสภาพแวดล้อมดังกล่าวมีช่วงการเปลี่ยนแปลงที่กว้าง ดังนั้นสิ่งมีชีวิตในน้ำจึงต้องปรับตัว เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้

การเคลื่อนที่ของน้ำเป็นจุดสำคัญสำหรับการกระจายไม่ว่าจะเป็นในรูปของพลังงาน โมเมนตัม สารอาหาร แก๊สที่ละลาย สาหร่าย แพลงก์ตอนสัตว์บางชนิด และตะกอนต่างๆ การกระจายของพลังงานจากดวงอาทิตย์และลม บางครั้งทำให้เกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิ ในฤดูร้อนทะเลสาบที่ตื้นจะเกิดการผสมกันระหว่างน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวมีความสำคัญในการเคลื่อนย้ายสารอาหารจากข้างล่างขึ้นสู่ข้างบน ส่งผลให้มีผลผลิตมากขึ้น



รูปที่ 5.1 : แรง (ลม แรงโน้มถ่วง การระเหย และการหมุนของโลก) และผลของกระแสน้ำและคลื่น
ที่มา : Horne and Goldman (1994)

การตรวจวัด (Measurement)

สำหรับความเร็วของกระแสน้ำในทะเลสาบโดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วง 0-30 cm/s การวัดความเร็วจะมีความสัมพันธ์กับการไหลตามแนวนอน ส่วนการตรวจวัดกระแสน้ำที่ไหลช้าและมีการไหลตามแนวตั้งค่อนข้างทำได้ยากลำบาก ในการวัดการไหลของน้ำใช้เครื่องมือ 3 อย่างได้แก่ current meters, drifters และ dyes สำหรับเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้วัดการไหลของน้ำที่ไหลเร็วจะใช้ใบพัดร่วมด้วย สำหรับ current meters จะใช้ Savonius rotor แต่มีข้อเสียคือ เปราะบาง เสียหายได้ง่าย จึงมีการใช้ drifters และ drogues แทน แต่หากใช้ current meters ก็สามารถใช้ได้ในกรณีของน้ำที่มีการไหลช้าๆ โดยทั่วไป drogues จะใช้ในน้ำที่มีระดับความลึกที่แตกต่างกัน การเคลื่อนที่สามารถพล็อตออกมาโดยใช้ภาพถ่าย หรือการสังเกตจุดที่ใกล้ที่สุดของภูเขา ซึ่งวิธีการนี้เหมาะสำหรับวันที่ลมสงบ และมีจำนวนชั่วโมงน้อย

Fluorescent dyes ใช้กับน้ำที่มีการเคลื่อนที่ทั้งตามแนวตั้งและแนวนอน วิธีการนี้ต้องทำการตรวจวัดหลายอย่างทั้งการเคลื่อนที่และการแผ่ขยายของแผ่นสี ข้อเสียของวิธีนี้คือไม่เหมาะสมกับการตรวจวัดน้ำที่ไหลรุนแรง วิธีนี้มีค่าใช้จ่ายไม่สูง และประสิทธิภาพขึ้นกับการใช้สี (orange) ซึ่งจะถูกพาไปกับบริเวณผิวของกระแสน้ำ

ส่วนการตรวจวัดวิธีอื่น เช่น การใช้ Remote sensing จากยานอวกาศหรือดาวเทียม เป็นการตรวจวัดมวลผิวน้ำในช่วงเวลากลางวัน โดยสามารถบอกลักษณะที่ชัดเจนได้ เช่น บอกความแตกต่างระหว่างตะกอนและอุณหภูมิ นอกจากนี้วิธีนี้ยังสามารถตรวจวัดฟิล์มของผิวน้ำตื้น โดยดูการสะท้อนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ที่มีช่วงความยาวคลื่นใกล้กับรังสีอินฟาเรด (near-infrared : NIR)

5.2 การไหลแบบ Laminar และ Turbulent

การไหลแบบ Laminar คือ รูปแบบการไหลของน้ำที่แม้จะไหลผ่านสิ่งกีดขวาง แต่ยังสามารถไหลต่อไปได้สม่ำเสมอ และมีการพาวัตถุที่มีขนาดเล็กเคลื่อนที่ไปด้วย

การไหลแบบ turbulent คือ รูปแบบการไหลแบบสุ่ม ไม่มีระเบียบ หรือไหลวนรอบวัตถุ ซึ่งส่วนมากการไหลแบบนี้พบได้ตามทะเลสาบ แม่น้ำ และปากแม่น้ำ

ตัวอย่างที่สามารถอธิบายการไหลทั้งสองประเภทได้อย่างดี คือ ควันจากบุหรี่ ซึ่งช่วงแรกของควันที่ถูกปล่อยออกจะมีการไหลแบบ laminar แต่เมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้นการไหลจะเป็นแบบ turbulent นอกจากนี้การไหลแบบ turbulent ยังสามารถพบได้อีก เช่น การหยดสีลงใน beaker หรือการเทนมลงในกาแฟ ซึ่งจะเห็นภาพการไหลแบบ turbulent เป็นภาพสามมิติ

การไหลแบบ turbulent สามารถทำนายได้จาก *Reynolds number*, R_e ซึ่งสามารถแสดงได้จากอัตราส่วนของ inertial force (U^2/d) ถึง viscous force (vU/d^2) ดังสมการ

$$R_c = \frac{Ud}{v} = \frac{\text{stirring energy}}{\text{viscosity of water}}$$

กำหนดให้

U = ความเร็วของกระสน้ำ(m/s)

d = ความลึกของระดับน้ำ (m)

v = kinematic viscosity ของน้ำ (m^2/s)

เมื่อ *Reynolds number,* R_e มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (R_e ~ 500) จะมีการไหลแบบ laminar และถ้ามีค่า R_e~ 2000 จะมีการไหลแบบ turbulent

5.3 การเคลื่อนที่ในโซน Epilimnion

แหล่งกำเนิดหลักที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ คือ ลม ซึ่งเกิดจากความดันที่ทำให้การกระจายของมวลน้ำไม่สมดุล ส่วนแรงที่ทำให้เกิดการลอย เกิดจากความร้อนและความเย็นจากการระเหยทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดจากการไหลเข้า – ไหลออกของแม่น้ำ สิ่งเหล่านี้สามารถถูกเปลี่ยนแปลงโดยผลของ Coriolis ซึ่งพบมากในทะเลสาบขนาดใหญ่ ถึงแม้ว่าลมจะเป็นแหล่งพลังงานหลัก แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะทางชีวภาพและทางเคมีของแหล่งน้ำนั้นด้วย

ความฝืดเกิดขึ้นได้เมื่อลมพัดผ่านผิวของทะเลสาบ ทำให้เกิดแรงกดระหว่างลมและน้ำ โดยหากการเคลื่อนที่ของอากาศไปทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของน้ำ จะช่วยลดแรงกดที่เกิดขึ้น ส่วนการเกิดการไหลของกระแสน้ำก็เกิดในลักษณะที่คล้ายกัน ทำให้ลมจะลดความเร็วลง

5.4 กระแสบริเวณผิว (Surface Drift)

ภายใต้สภาพที่มีกระแสลมคงที่ ณ จุดสมดุล ความเร็วของน้ำจะเท่ากับ 3 % ของความเร็วของลม สามารถอธิบายโดยใช้ความแตกต่างในเรื่องความหนาแน่นระหว่างอากาศและน้ำ โดยเมื่อแรงกดของอากาศบนน้ำ (T_{air}) มีค่าเท่ากับแรงกดของน้ำบนอากาศ (T_{H2O}) สามารถแสดงค่าได้ดังสมการ

$$T_{air} = \rho_{air} u^{2}*_{air} = \rho_{H2O} u^{2}*_{H2O} = T_{H2O}$$

ดังนั้น

$$u_{H2O} / u*_{air} = (\rho_{air} / \rho_{H2O})^{1/2} \approx (10^{-3} / 1)^{1/2} \approx 0.03$$

ความเร็วของน้ำในแม่น้ำโดยทั่วไปจะมีค่าเพิ่มขึ้นไปจนถึง 30 cm s^{-1} ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าในลำธาร

การหมุนของโลกมีความสำคัญต่อกระแสน้ำของทะเลสาบ ในทะเลสาบขนาดใหญ่การเคลื่อนที่ของผิวน้ำจะไม่ขนานไปกับทิศทางลม แต่จะมีการเคลื่อนที่ทำกับมุมกับลม เนื่องจากการหมุนของโลก โดยแรงที่เรียกว่า **Coriolis force** ในซีกโลกเหนือกระแสพื้นผิวจะไปทางขวา และในซีกโลกใต้กระแสพื้นผิวจะไปทางซ้าย เรียกลักษณะที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ว่า **Ekman drift** สำหรับมุมหักเหที่เกิดขึ้น พบว่าในทะเลสาบที่ตื้นมุมหักเหของกระแสที่ผิวจะน้อย แต่ในทะเลสาบที่ลึกและทะเลสามารถเกิดมุมหักเหได้ถึง 45°

สำหรับน้ำเมื่อพัดไปถึงจุดสิ้นสุดของทะเลสาบ ในที่สุดจะต้องหมุนกลับมาที่เดิม สิ่งที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดที่ผิวของทะเลสาบหรือเกิดได้ในบริเวณอื่นทั่วไป การไหลกลับนี้ในกรณีของแหล่งน้ำที่เกิดการแบ่งชั้นมักจะพบอยู่เหนือชั้น thermocline แต่ในกรณีของทะเลสาบที่ไม่มีการแบ่งชั้นจะพบอยู่ก้นของทะเลสาบ การไหลของกระแสน้ำบริเวณผิวจะมีค่ามากที่สุดและลดลงตามระดับความลึก ไปถึงจุดสุทธิที่การไหลมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยความลึกที่ต่ำกว่านี้จะมีการไหลกลับที่มีรูปแบบที่แน่นอน ซึ่งมีการไหลที่ช้ากว่าการไหลบริเวณผิวค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากแรง Coriolis ที่ทำให้การเคลื่อนที่ลงของคอลัมภ์น้ำถูกทำให้เป็นเกลียว มีการหมุนวนหรือที่เรียกว่า **Ekman spiral** โดย Ekman spiral จะพบในทะเลสาบที่มีขนาดใหญ่และลึก และในทะเล

ในแหล่งน้ำที่เกิดยูโทรฟิเคชันและมีสารมลพิษปนเปื้อน กระแสที่ผิวจะถูกรบกวน เพราะสาหร่าย ขวด กระป๋อง หรือปลาที่ตายจะถูกเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วโดยลม

5.5 คลื่นบริเวณผิว (Surface Waves)

Wind-driven surface gravity waves คือ สิ่งที่เกิดขึ้นได้ตามปกติ สามารถสังเกตได้ตามผิวน้ำ

Standing surface gravity waves หรือ surface seiches คือ คลื่นที่มีลักษณะสม่ำเสมอ เกิดจากขอบด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งและกลับมาเหมือนเดิม

ส่วน seiches เกิดเมื่อลมมีการพัดคงที่ (ทิศทางเดียว) การพัดของลมจะมีการพัดไปเรื่อยๆ จนกระทั่งหยุดพัด ณ จุดนี้แรงที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะถูกปลดปล่อยออกมาและการสะสมมวลของน้ำจะมีการไหลย้อนกลับภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วง

คลื่นที่ผลิตที่เรียกว่า standing surface gravity waves, surface seiches, หรือ simply seiches มีคุณสมบัติโดยทั่วไปคือ เมื่อเพิ่มพลังงาน ณ ช่วงของความถี่กว้างจะกระตุ้นความถี่ของเรโซแนนท์และฮาร์โมนิค ในทะเลสาบ surface seiches สามารถหาได้จาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$T = 1/n \ (2L/gZ)$$

เมื่อ T = ช่วงของเรโซแนนท์

Z = ความลึกของทะเลสาบ ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

n = จำนวน nodes ของคลื่น

L = ความยาวของแหล่งน้ำ

surface seiches จะเกิดชายฝั่งของทะเลสาบ แต่การเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของผิวทะเลสาบมีเพียงเล็กน้อย ($\leq$10 cm)

5.6 Langmuir Spiral

Langmuir Spiral คือ การหยุดการเคลื่อนที่ของคลื่น ในวันที่มีลมจะเห็นเส้นของฟองเรียกว่า Windrows อยู่ทิศทางเดียวกับลมและมุมด้านขวาของคลื่น เส้นนี้จะแบ่งขอบเขตของ Lamgmuir spiral ของการหมุนตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกาของน้ำ Windrows จะถูกเรียกว่า Slicks ซึ่งเกิดจากสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชมีสารพวกไขมันหรือสารที่ทำให้เกิดฟองตามธรรมชาติ ที่เกิดจากการตายของแพลงก์ตอนหรือพืชที่อาศัยใกล้ชายฝั่ง การเกิด Langmuir จะเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นที่ผิวกับกระแสการเคลื่อนที่ของลม โดย Langmuir Spiral ที่เกิด downwelling flows จะอยู่ระหว่าง 2-8 cm s^{-1} ความเร็วดังกล่าวนี้เร็วกว่าการว่ายน้ำของแพลงก์ตอนสัตว์หรือสาหร่าย Langmuir Spiral สามารถที่จะเกิดขึ้นได้เร็วหากมีการผสมกันของแพลงก์ตอน ความร้อน หรือแก๊สที่ละลายในชั้น epilimnion ส่วน Upwelling จะพบน้อยกว่า downwelling และกระแสที่เกิดขึ้นอาจจะช้ากว่า มีหลายกรณีศึกษาที่พบว่า การหมุนที่เกิดขึ้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับความลึกของ thermocline หรือเท่ากับความลึกทั้งหมดของทะเลสาบที่ตื้น การผสมกันอย่างรวดเร็วของ Langmuir Spiral อาจจะเพิ่มขึ้นในแหล่งน้ำที่ถูกยับยั้งแสงและมีการลดลงของผลผลิตปฐมภูมิ

5.7 Random

ลมที่พัดคือสาเหตุที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบ turbulent ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงในแนวตั้งและแนวนอน เนื่องจากผิวของน้ำอุ่นกว่าน้ำข้างล่าง โดยการผสมกันของน้ำในแนวตั้งต้องการพลังงานมากกว่าแนวนอน ดังนั้น turbulence คือสิ่งที่จำเป็นที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำสามมิติ ผลที่เกิดขึ้นคือการผสมหรือการแพร่ของมวลน้ำ ซึ่งการผสมกันคือส่วนที่สำคัญในการแลกเปลี่ยนสารอาหารและความร้อนระหว่างน้ำข้างบนและข้างล่าง

การเคลื่อนย้ายในแนวตั้งของพลังงานลมสามารถถูกปรับเปลี่ยนโดยความดัน และแรง Coriolis ส่งผลให้มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของโมเมนตัมมากกว่าการแพร่ของสารเล็กน้อย ทะเลสาบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในเขตอบอุ่นโซน epilimnion จะมีความหนา 5-20 m. จะมีการผสมกันในแนวตั้งทุกวัน ภายใต้ความเร็วลมปานกลาง

5.8 Breaking Waves

ความเข้มข้นของพลังงานในการหยุดการเคลื่อนที่ของคลื่น สามารถตรวจวัดโดยดู สเปคตัมความถี่-พลังงานของทะเลสาบทั้งหมด การวัดสเปคตัมในทะเลสาบทั้งที่เกิดและไม่เกิด Breaking Waves สามารถแสดงออกมาเป็นรูปและแสดงการลดลงของพลังงาน ณ ความยาวคลื่นเฉพาะ

Thermocline คือ การแบ่งชั้นที่มีความเสถียร และจะเป็นอุปสรรคในการผสมกันแบบสุ่มของน้ำ ดังนั้นการเคลื่อนที่ ณ ชั้น thermocline จะเห็นคลื่นที่ค่อนข้างเป็นระเบียบ

5.9 การเคลื่อนที่ใน Thermocline (Motion in the Thermocline)

คลื่นที่พบในชั้น thermocline จะมีการไหลเชี่ยวเพียงเล็กน้อย เนื่องจากความช้าของการแพร่ของโมเลกุล และหากมีการลดลงของออกซิเจน อาจจะส่งผลต่อผู้ย่อยสลายและแพลงก์ตอนสัตว์ แต่การผสมกันอย่างช้าๆ จะทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแบคทีเรียอย่างมากมายรอบๆ โซน thermocline

สำหรับคลื่นที่เกิดขึ้นสามารถตรวจวัดโดยดูช่วงการเพิ่มขึ้นและลดลงของชั้น thermocline ประเภทของคลื่นบางชนิดจะมีลักษณะเหมือน Kelvin และ Poincare waves ขณะที่คลื่นแบบอื่นจะเป็นคลื่นสั้นๆ ซึ่งเกิดในทะเลสาบทั่วไปที่มีการแบ่งชั้น

5.10 Internal Gravity Waves

Internal Gravity Waves (internal seiches) คือ รูปที่พบในแหล่งน้ำภายใต้สภาพที่มีการแบ่งชั้น จะไม่ปรากฏบริเวณผิวทะเลสาบ โดยทั่วไปจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าคลื่นที่ผิวทะเลสาบ และอาจจะมีความสูงถึง 10 m ในแหล่งน้ำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าช่วงของ internal seiche สามารถหาค่าได้โดย

$$T = 2L \; / \; \{ g \, (\rho h - \rho e / \rho h) \, / \, (Zh^{-1} + Ze^{-1}) \}^{1/2}$$

กำหนดให้ ρh, ρe = ความหนาแน่นของชั้น hypolimnion และ epilimnion , $\approx 1 \text{ g cm}^{-3}$

Zh, Ze = ความหนาของชั้น hypolimnion และ epilimnion

L = ความยาวของแหล่งน้ำ

ทะเลสาบขนาดเล็กจะได้รับอิทธิพลจาก internal waves เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น ทะเลสาบประเภทนี้จะมีความกว้างของคลื่นและความยาวของคลื่นที่เล็กน้อยด้วย

Short-Period Internal Gravity Waves

การเกิดคลื่นประเภทนี้ในชั้น thermocline เกิดจากสาเหตุที่เข้าใจยาก โดยการเกิดคลื่นในช่วงสั้นๆ จะมีค่าความถี่มากที่สุด $N/2\pi$ ค่า N เรียกว่า Brunt-Vaisala frequency ดังสมการ

$$N^2 = -(g\, d\rho / \rho\, dz)$$

กำหนดให้ ρ = ความหนาแน่นของน้ำ

z = ความลึก

g = ความเร็วของแรงโน้มถ่วงของโลก

Long-Period Internal Waves : Kelvin and Poincare Waves

การเกิดคลื่นประเภทนี้จะพบในทะเลสาบขนาดใหญ่ในโซน hypolimnion เท่านั้น Kevin waves คือ คลื่นที่มีความถี่ต่ำ ซึ่งความถี่ดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับขนาดของทะเลสาบและความถี่ของเรโซแนนท์ ผลของ Kelvin waves จะส่งผลไปในระยะทางน้อยกว่า 5 km จากขอบของทะเลสาบ

ส่วน Poincare waves จะมีความถี่ใกล้กับความถี่ของความเฉื่อย หรือช่วงของความเฉื่อย ซึ่งขึ้นอยู่กับละติจูดของทะเลสาบ ช่วงของความเฉื่อย (inertial period) คือ ช่วงของการเกิดคลื่นจากแรง Coriolis เท่านั้น โดยคลื่นประเภทนี้เกิดในทะเลสาบที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่านั้น และเป็นคลื่นที่มีขนาดใหญ่มาก

5.11 การเคลื่อนที่ใน Hypolimnion (Motion in the hypolimnion)

แหล่งกำเนิดของการเคลื่อนที่ประเภทนี้ไม่พบ แต่การเคลื่อนที่บางครั้งอาจเกิดจาก Kelvin และ Poincare waves การเคลื่อนที่ในเขตนี้จะมีการเคลื่อนที่ขนาดใหญ่ในแนวตั้ง และมีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา การเคลื่อนที่แบบนี้พบในบริเวณที่มีการไหลเชี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทะเลสาบที่มีก้นไม่สม่ำเสมอ และมีการผสมรวมกันของสารละลาย การไหลเชี่ยวของคลื่น (Wave turbulence) จะเกิดเพียงเล็กน้อยในบริเวณที่มีความลึกเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ดังนั้นคลื่นที่สูงจะต้องมีค่าความยาวคลื่นที่ยาวด้วย ซึ่งในโซนนี้จะไม่มีการผสมกันอย่างรุนแรงเกิดขึ้น ปริมาณการปลดปล่อยสารอาหารขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่ก้นของทะเลสาบ

5.12 ผลของแม่น้ำ (Effect of rivers)

การไหลของแม่น้ำไหลลงสู่แหล่งน้ำจะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ ซึ่งการไหลของแม่น้ำจะเป็นการเพิ่มสารอาหาร มลพิษ และสารพิษต่างๆ การกระจายในแนวนอนสามารถหาค่าได้ดังสมการ

$$Ky = const.U\ (\delta w / \delta x) = const.\ w^{4/3}$$

กำหนดให้ Ky = สัมประสิทธิ์การไหลวนในแนวนอน

w = ความกว้างของ plume ณ ระยะทาง x จากแหล่งกำเนิด (ปากแม่น้ำ)

U = ความเร็วของกระแสน้ำในแนวนอน

สำหรับการกระจายในแนวตั้งของ plume เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยหากเปรียบเทียบกับการไหลในแนวนอน

บริเวณใกล้ปากแม่น้ำ ระยะเริ่มต้นของการกระจายของ plume มีค่าดังนี้

$$w = const.\ X^{3/2}$$

การกระจายในแนวนอนของ plume ช่วงเริ่มต้นจะเร็วและไม่เป็นเส้นตรง เพราะว่ามีการไหลวนไปจนถึง 50 m ของเส้นผ่านศูนย์กลาง แต่หลังจากช่วงนี้จะช้าลง เนื่องจากไกลออกไป 2-3 km แม่น้ำจะมีการคดเคี้ยว และโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีสภาพอากาศสงบ (ไม่มีลม)

5.13 ความขุ่นหรือความหนาแน่นของ Plumes (Turbidity or Density Plumes)

น้ำที่มาจากหิมะละลายจะมีความเย็นและความหนาแน่นมากกว่าน้ำในทะเลสาบ หรือแหล่งน้ำทั่วไป เมื่อน้ำดังกล่าวไหลมาถึงทะเลสาบจะไหลลงสู่ก้นหรือกึ่งกลางความลึก มีค่าความหนาแน่นเท่ากับน้ำที่อยู่บริเวณรอบๆ น้ำที่อยู่ใต้ plume จะเรียกว่า **density current** ในสภาพอากาศที่แห้งแล้งและพื้นดินถูกทำลายจะเป็นสาเหตุให้เกิดการชะล้างพังทลาย ดังนั้นน้ำที่ไหลเข้ามาจะพาตะกอนและมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำในแหล่งน้ำรองรับ ถ้ามวลของน้ำทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน ในกรณีนี้น้ำที่อยู่ข้างล่าง plume จะเรียกว่า **turbidity current** ทั้ง density current และ turbidity current มีความสำคัญต่อทะเลสาบเหมือนกันคือ ให้พลังงานจลน์จำนวนมากเพื่อช่วยในการตกตะกอน

บทที่ 6 แสงกับน้ำ

6.1 แสง (Light)

รังสีจากดวงอาทิตย์คือแหล่งให้ความร้อน ทำให้เกิดรูปแบบการเคลื่อนที่ของลมในโลก พลังงานลมที่พัดผ่านผิวน้ำจะทำให้เกิดการผสมกันของน้ำ ความร้อนถูกผลิตจากการเปลี่ยนรูปของพลังงานแสง และเมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับลม ในฤดูร้อนจะทำให้เกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิของทะเลสาบลึก ส่วนโซนของแสงถูกจำกัดโดยการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช คือ พื้นฐานที่ทำให้เกิดห่วงโซ่อาหารในทะเลสาบ ปากแม่น้ำ และลำธารต่างๆ ส่วนการกระจายตัวของสัตว์ส่วนมากได้รับอิทธิพลจากแสง เช่นเดียวกันกับพืช แสงจากดวงจันทร์และแสงจากดวงดาว (1/30,000-1/50,000 ของดวงอาทิตย์) ช่วยในการอพยพของแพลงก์ตอนพืชและปลา แต่ไม่ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงาน (ซึ่งไม่เหมือนกับกรณีของมนุษย์) สัตว์น้ำมีความสามารถในการตรวจจับแสง ซึ่งแสงเหล่านี้ช่วยในการกระจายตัวของสัตว์น้ำ ตัวอย่างเช่น การอพยพของปลาแซลมอนจากทะเลดำไปยังพื้นที่วางไข่ โดยใช้กลิ่นหรือร่องรอยจากครั้งก่อนที่อพยพ สิ่งเหล่านี้ไม่พบในทะเล นอกจากนี้แสงจากดวงอาทิตย์ยังช่วยในการเดินทางระยะไกล ซึ่งอาจจะมีระยะทางหลายพันกิโลเมตร

พฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตในน้ำได้รับอิทธิพลจากการส่องผ่านของแสง การอพยพเวลากลางวันของแพลงก์ตอนสัตว์จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงในแต่ละวัน ส่วนปลาผู้ล่าจะมีการอพยพตามเหยื่อและมักพบในบริเวณที่มีแสงสม่ำเสมอ สัตว์ประเภท Epibentic จะอาศัยอยู่บนตะกอนแต่ไม่ได้อยู่ในตะกอน และซ่อนตัวอยู่ใต้ก้อนหิน พฤติกรรมเหล่านี้เพื่อหลีกเลี่ยงแสงและผู้ล่าในเวลากลางวัน ส่วนเวลากลางคืนจะออกหาอาหาร ในลำธารสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก เช่น ตัวอ่อนของแมลง เวลากลางคืนจะเคลื่อนย้ายเพื่อหาที่อยู่ใหม่ ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงการมองเห็นของผู้ล่า

การตรวจวัด (Measurement)

การตรวจวัดรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมดใช้ **pyroheliometers** ซึ่งเป็นเครื่องมืออย่างง่ายใช้ในการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของแสง โดยดูการขยายที่แตกต่างกันของการดูดซับพื้นผิวสีดำ และการสะท้อนผิวของซิลเวอร์ นอกจากนี้ยังมี **pyroheliometers** ประเภทอื่น ซึ่งทำงานโดยการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ photovoltaic solar cells พลังงานแสงจะถูกตรวจวัดใน microeinsteins หรือ watt แต่ในบทความที่เก่าจะกล่าวถึง langleys (gram-calories cm^{-2}) แสงใต้น้ำโดยทั่วไปถูกตรวจวัดโดย waterproofed photocells และเปรียบเทียบกับ deck cell ณ พื้นผิว

ส่วน Spectral discrimination ถูกติดตั้งโดย การเพิ่มตัวกรองเลือกสีเข้าไปยัง photocell เพื่อใช้ในการตรวจวัดแถบคลื่นแสงที่แตกต่างกัน ส่วนเครื่องมือสมัยใหม่จะใช้ full-fledged

spectroradiometers กับ submersible quartz-fiber optical probes ใช้วัดแสงในช่วงที่สามารถมองเห็นทั้งหมดและเห็นอินฟาเรด จาก 400-800 nm

สำหรับ Secchi disk เป็นเครื่องมือที่ใช้ง่าย ราคาถูก และมีความทนทาน ใช้ในการวัดการส่องผ่านของแสงในน้ำ วิธีการใช้ White disk สามารถใช้โดยการหย่อนลงในน้ำจนกระทั่งไม่สามารถมองเห็น ระยะทางที่ได้เรียกว่า Secchi depth ซึ่งในน้ำที่เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันทะเลสาบที่มีโคลน ปากแม่น้ำ และแม่น้ำขนาดใหญ่ จะมีค่าตั้งแต่ 0-2 m แต่ในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อยหรือในน้ำทะเลจะมีความลึกถึง 40 m แหล่งน้ำส่วนมากความลึกของ secchi จะมีค่าประมาณ 1/3 ของ photic zone

6.2 แสงหรือพลังงาน (Light as Energy)

แสงที่ส่องมาถึงพื้นโลกมีการไหลผ่านอย่างต่อเนื่องในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอน (quanta) ความยาวคลื่นสามารถใช้ในการตรวจวัดสีของแสง และพลังงานของแสง ลักษณะที่สำคัญของลำแสงคือ ความเข้มของแสง ซึ่งเป็นจำนวนของโฟตอนที่ผ่านไปต่อหน่วยพื้นที่ ลักษณะสำคัญอย่างอื่นของลำแสงคือ ความยาวคลื่น (λ , lambda) หรือสี ซึ่งเป็นการตรวจวัดพลังงานของแสง แสงจากดวงอาทิตย์มีความยาวคลื่นหลายช่วง ถูกเปลี่ยนแปลงโดยชั้นบรรยากาศ

6.3 แสงใต้น้ำ (Light under Water : Photosynthetically Active Radiation)

การส่องผ่านของแสงไปยังน้ำจะเกิดปรากฏการณ์ คือ การหักเห การกระจาย การส่งผ่านหรือการดูดซับ การเคลื่อนที่ของแสงผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นที่แตกต่างกัน (จากอากาศไปยังน้ำ) จะเกิดการหักเหและเกิดลักษณะโค้งขึ้น พบว่าค่าดัชนีการหักเหมีค่าสูงเมื่อความยาวคลื่นสั้นและมีค่าต่ำเมื่อความยาวคลื่นยาว แสงสีน้ำเงินจะเกิดการโค้งมากที่สุด ส่วนแสงสีแดงจะเกิดการโค้งน้อยที่สุด แสงสีขาวถูกหักเหโดยฝนที่ตกจากท้องฟ้า กิจกรรมเหล่านี้ทำให้เกิดรุ้งกินน้ำขึ้น แสงสามารถถูกกระจายได้ดีเท่าๆ กับการถูกดูดซับหรือการหักเหที่เกิดจากอนุภาคหรือโมเลกุลบางอย่าง แสงที่ส่องผ่านหน้าต่างไม่สามารถมองเห็นได้ แต่สามารถเห็นได้ง่ายขึ้นในห้องที่สกปรก โดยแสงเหล่านี้ถูกกระจายเนื่องจากอนุภาคของฝุ่นละออง กระบวนการเหล่านี้เหมือนกับที่เกิดกับโคลนใต้น้ำ ในสภาพท้องฟ้าที่ไม่มีมลพิษ ทะเลสาบจะปรากฏสีน้ำเงิน เพราะโมเลกุลของออกซิเจนในอากาศหรือน้ำที่บริสุทธิ์สามารถกระจายแสงสีน้ำเงินได้มากกว่าสีอื่น

ความเข้มของแสงกับความลึกจะลดลงแบบ exponential การสูญหายของแสงสามารถแสดงโดยค่าสัมประสิทธิ์การสูญหาย ε_λ (epsilon-lambda) ของสารละลาย ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$Iz = Io\ e^{-\varepsilon\lambda_z}$$

กำหนดให้ Io = การส่องผ่านความเข้มข้นของแสงบริเวณพื้นผิว (intensity penetrating the surface)

z = ความยาว (path length)

$\varepsilon\lambda$ = สัมประสิทธิ์การสูญหายของความยาวคลื่น (extinction coefficient for the wavelength in question)

ณ ระดับการส่งผ่าน 1 m มีค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์การส่งผ่านเท่ากับ 100 เท่าของการหักเหของแสง สำหรับน้ำกลั่นและแสงเวลากลางวันมีการส่องผ่านประมาณ 50 % สัมประสิทธิ์การสูญหายสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\varepsilon\lambda = \varepsilon_w + \varepsilon_d + \varepsilon_p$$

กำหนดให้ ε_w = การสูญหายเนื่องจากโมเลกุลของน้ำ

ε_d = การสูญหายเนื่องจากวัตถุที่ละลายในน้ำ

ε_p = การสูญหายเนื่องจากวัตถุที่เป็นอนุภาค

สำหรับน้ำบริสุทธิ์มีค่า $\varepsilon_d = \varepsilon_p = 0$ และมีค่าการสูญหายของ $\varepsilon\lambda = \varepsilon_w$

การหักเหสามารถแสดงโดย photosynthetically active radiation (PAR) อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 nm. การหักเหของ PAR ที่ดูดซับโดยแพลงก์ตอนพืชมีค่าตั้งแต่ 2 - 60 %

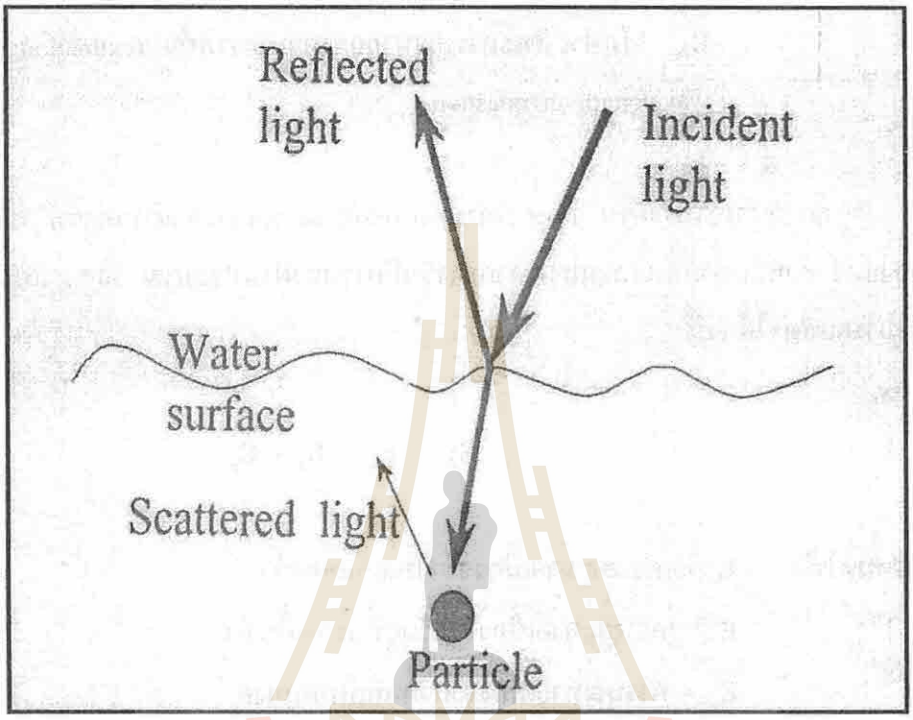
ในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาวความเข้มของแสงลดลงประมาณ 10 เท่า แต่ปริมาณของแสงเพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช

ทะเลสาบส่วนมากช่วงเวลากลางวันที่มีแสง ความเข้มของรังสีช่วงกลางวันสามารถถูกยับยั้งได้ด้วยการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยมีสาเหตุจากการเพิ่มขึ้นของอิเล็กตรอนที่มากเกินไป ในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์

6.4 การสะท้อน (Reflection, Albedo)

การสะท้อนบริเวณชายฝั่งจะมีลักษณะมุมต่ำ การหักเหที่เกิดจากการสะท้อนของแสงเรียกว่า **Albedo** การสะท้อนในทะเลสาบที่สงบเกิดน้อยที่สุดช่วงเวลาบ่าย และเกิดมากที่สุดช่วงพระอาทิตย์ขึ้นและตก โดยในช่วงบ่ายการสะท้อนจะมีการผันแปรต่อเนื่อง เนื่องจากมีคลื่นเกิดขึ้นจำนวนมาก

บริเวณผิว ในทะเลสาบส่วนมาก พบว่าช่วงบ่ายลมจะมากกว่าช่วงเช้า ซึ่งทำให้การกระจายของพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสงใต้น้ำไม่สมมาตร น้ำแข็งจะมีการส่องผ่านที่ดี ขณะที่หิมะทำให้มีการเกิด Albedo เพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าการสะท้อนถึง 90 % แต่การกระจายของสีดำในโมเลกุลน้ำมีการสะท้อนประมาณ 5 % เท่านั้น



รูปที่ 6.1 : วิธีการของแสงผ่านน้ำ

ที่มา: Dodds (2002)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 7 ความร้อนกับน้ำ

7.1 ความร้อน (Heat)

ผลของความร้อนในทะเลสาบ แม่น้ำ และทะเล สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือเกี่ยวกับทางด้านโครงสร้างหน้าที่ และส่วนที่สองคือ มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีและทางชีวภาพ การส่งผ่านความร้อนและแสงทำให้เกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิในแหล่งน้ำ ความร้อนจะควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและกระบวนการทางชีวภาพ

การเพิ่มขึ้นของความร้อนในช่วงฤดูร้อน ทำให้อัตราการเกิดเมทาบอลิซึมเพิ่มขึ้น โดยอัตราการหมุนเวียนของสารอินทรีย์และแร่ธาตุต่างๆ ในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เพราะว่าปฏิกิริยาทางเคมีและกิจกรรมทางชีวภาพ (การหายใจ) เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า (ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 °C) ส่วนในฤดูหนาว แพลงก์ตอนสัตว์และปลาจะใช้พลังงานน้อยมาก แต่พบว่ามีการเจริญเติบโตมากกว่าฤดูร้อนเล็กน้อย

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเมทาบอลิซึมเรียกว่า Q_{10} (Q_{10} index) สิ่งมีชีวิตส่วนมากมีค่า Q_{10} เท่ากับ 2 แต่ในช่วงอากาศหนาวค่า Q_{10} อาจมากกว่านี้ สาหร่ายในพื้นที่ชุ่มน้ำของ Antarctic มีค่า Q_{10} สำหรับกระบวนการตรึงไนโตรเจนประมาณ 6 ณ อุณหภูมิระหว่าง 0-5 °C อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้มีอัตราเมทาบอลิซึมเพิ่มขึ้น ในฤดูร้อนช่วงที่อุณหภูมิสูงที่สุด ทำให้มีอัตราการกรองอาหารและการปล่อยของเสียจากแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย โดยกิจกรรมเหล่านี้เพิ่มความสามารถของแบคทีเรีย สารอนินทรีย์ถูกปล่อยออกมาจากแบคทีเรียและแพลงก์ตอนสัตว์ จะเป็นประโยชน์ต่อแพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืชมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะไม่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิ 25-35 °C ของน้ำในทะเลสาบ George ใน Uganda พบว่ามีการผลิตออกซิเจนออกมาในปริมาณที่สูงมาก คือ 15.6 g O_2 m^{-2} ในช่วงเวลากลางวัน (12 ชั่วโมง) แต่อัตราการหายใจในเวลา 12 ชั่วโมงก็มีค่าที่สูงเช่นกันคือ 9.1 g O_2 m^{-2}

ความร้อนที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำ เกิดจากการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ รังสีส่วนมากเมื่อเข้าไปในน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนอย่างรวดเร็ว แต่อุณหภูมิในน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากน้ำมีความสามารถมากในการกักเก็บความร้อน การสูญเสียความร้อนหลักเกิดจากการระเหยและการนำความร้อนไปสู่อากาศ ในเขตร้อนการเปลี่ยนแปลงของความร้อนในรอบปีจะสะท้อนรูปแบบของอุณหภูมิของแต่ละฤดูกาล แต่ในเขตอบอุ่นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

การตรวจวัด (Measurement)

การตรวจวัดโดยทั่วไปใช้ mercury-in-glass thermometer หรือ electric thermistor โดยใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานกับอุณหภูมิของ metal probe ซึ่ง probe ดังกล่าวมีความถูกต้องมากกว่า ± 0.01 °C

การตรวจวัดอุณหภูมิในปัจจุบันใช้ Remote sensing โดยการตรวจจับรังสีความร้อน (5,000-14,000 nm.) สัญญาณจะถูกบันทึกโดย sensor ในยานอวกาศที่บินระดับต่ำ หรือใช้ดาวเทียม ส่วนภาพจะแสดงออกมาในคอมพิวเตอร์

7.2 การแบ่งชั้นของอุณหภูมิและการจำแนกทะเลสาบ (Thermal stratification and Lake classification)

น้ำบริเวณผิวจะอุ่นกว่าน้ำข้างล่าง การที่น้ำอุ่นกว่าแสดงให้เห็นว่าน้ำดังกล่าวมีความหนาแน่นน้อยกว่า ดังนั้นน้ำอุ่นจะลอยอยู่บนน้ำเย็น กราฟที่ plot ระหว่างการดูดซับแสงกับความลึกมีลักษณะเป็นแบบ exponential แหล่งน้ำที่มีความลึกมากๆส่วนใหญ่จะมีการแบ่งชั้น เช่น ทะเลสาบ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ดังนี้

- Epilimnion : เป็นชั้นที่น้ำอุ่นที่สุด ดังนั้นจึงมีความหนาแน่นน้อยที่สุด
- Hypolimnion : เป็นชั้นที่น้ำค่อนข้างเย็น ดังนั้นความหนาแน่นจึงเพิ่มขึ้น
- Metalimnion : เป็นชั้นที่อยู่ระหว่าง 2 ชั้นที่กล่าวถึงข้างต้น

การตรวจวัดขอบเขตที่แท้จริงของทั้ง 3 ชั้น ทำได้ยากมาก นอกจากนี้ชั้นดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา

ส่วนกรณีของ thermocline คือ การที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามระดับความลึก (มากกว่า 1 °C ต่อความลึก 1 m) โดย thermocline ในน้ำที่ลึกที่สุดเรียกว่า parent หรือ seasonal thermocline พบใน metalimnion ส่วน Temporary หรือ daily thermocline พบในบริเวณน้ำตื้นและอาจอยู่บริเวณโซน metalimnion หรือ epilimnion ในทะเลสาบ epilimnion อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2 m จนถึงมากกว่า 20 m นับจากผิวน้ำ ส่วน metalimnion พบว่ามีความหนาหลายเมตร ส่วน hypolimnion พบในส่วนลึกของทะเลสาบ

ทะเลสาบในละติจูดปานกลาง thermocline เกิดในช่วงฤดูใบไม้ผลิ พบได้ในแหล่งน้ำที่มีความลึกเพียงพอ และปรากฏการณ์ดังกล่าวจะหายไปในฤดูใบไม้ร่วง ทะเลสาบที่ปกคลุมไปด้วยน้ำแข็งจะเรียกว่า **dimictic** ซึ่งมีการผสมของน้ำ 2 ครั้งต่อปี เกิดครั้งแรกในฤดูใบไม้ร่วงก่อนจะถูกปกคลุมด้วยน้ำแข็ง และครั้งที่สองเกิดในฤดูใบไม้ผลิหลังจากที่น้ำแข็งละลายหมดแล้ว การผสมกันอย่างสมบูรณ์จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ทะเลสาบเขตอบอุ่นส่วนมากเป็น dimictic ส่วน

Monomictic คือทะเลสาบที่ไม่ถูกปกคลุมด้วยน้ำแข็งแบบสมบูรณ์และน้ำผสมกันเพียงครั้งเดียว เกิดในฤดูหนาว โดยมีลมเป็นตัวหลักในการผสมกัน ตัวอย่างเช่น Great Lake

ทะเลสาบที่ตื้น การแบ่งชั้นของอุณหภูมิเกิดขึ้นเพียง 1-2 สัปดาห์เท่านั้นและถูกทำลายลงโดยพายุ โดยสามารถกลับมาแบ่งชั้นได้อีกภายในเวลา 2-3 วัน และถูกทำลายอีกครั้ง เหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดไปเรื่อยๆ ทะเลสาบประเภทนี้เรียกว่า **polymictic** ซึ่งจะมีการผสมกันหลายครั้งต่อปี เช่น Clear Lake ในแคลิฟอร์เนีย และ Lake George ใน Uganda ส่วนทะเลสาบที่ถูกปกคลุมด้วยน้ำแข็งและไม่มีการผสมกันเกิดขึ้นเรียกว่า **amictic**

การจำแนกประเภทอื่นนั้น อยู่บนพื้นฐานของการผสมกันและการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล โดยวัฏจักรการผสมกันจากข้างบนลงสู่ข้างล่างในรอบปีเรียกว่า **holomictic** (holo หมายถึง ทั้งหมด ส่วน mixis หมายถึง การผสม) ส่วนในน้ำลึกถ้ามีพลังงานไม่เพียงพอสำหรับการแบ่งชั้นและการกวนจากข้างบนลงสู่ข้างล่างเรียกว่า **meromictic**

7.3 การสิ้นสุดของการแบ่งชั้นของน้ำ (The end of stratification : the fall overturn and winter)

การสูญเสียการแบ่งชั้นของอุณหภูมิเกิดขึ้นในฤดูใบไม้ร่วง เนื่องจากการลดความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์

การผสมกันทั้งหมดหรือการ overturn เป็นส่วนที่สำคัญต่อการแบ่งชั้นของทะเลสาบ เพราะเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของสารอาหารและแก๊สออกซิเจน

สภาพอากาศที่เย็น (เป็นน้ำแข็ง) สามารถทำลายการแบ่งชั้นของน้ำได้ โดยน้ำแข็งที่ปกคลุมและน้ำในทะเลสาบสามารถผสมกันจากแรงของลม น้ำเป็นน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 °C เกิดขึ้นที่บริเวณผิวของทะเลสาบ และที่อุณหภูมิ 4 °C น้ำจะมีความหนาแน่นมากที่สุด ภายใต้สภาพอากาศนี้จะเกิดการกลับของชั้นอุณหภูมิ (inverse thermal stratification) โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้เกิดขึ้นภายใต้อุณหภูมิ 0-4 °C ในทะเลสาบที่ถูกปกคลุมด้วยน้ำแข็งเหตุการณ์นี้จะไม่เกิดขึ้นถาวร

7.4 วัฏจักรของความร้อน (Heat cycle and Heat budgets)

Heat cycle สามารถตรวจวัดได้ง่ายๆ โดยวัดปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับและที่สูญเสียในช่วงเวลาเฉพาะเจาะจง แสดงออกมาเป็นการส่งถ่าย calories ต่อตารางเซนติเมตร ของผิวทะเลสาบ ซึ่งความยาวของคอลัมภ์น้ำพิจารณาจากค่าความลึกโดยเฉลี่ยของทะเลสาบ ความร้อนที่ได้รับและความร้อนที่สูญเสียจากผิวทะเลสาบขึ้นอยู่กับเวลาของวัน ละติจูด แอลติจูด และการได้รับแสงจากดวงอาทิตย์รอบๆ ภูเขา โดยทั่วไปความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นมาจากความร้อนที่ได้รับและการส่งออกเมื่อระดับความสูงและละติจูดเพิ่มขึ้น

ส่วนประกอบของวัฏจักรความร้อนในทะเลสาบ สามารถแสดงได้ดังสมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$S = R_n - E - H - Q$$

กำหนดให้ S = อัตราการสะสมความร้อนในทะเลสาบ

R_n = รังสีสุทธิ

E = การระเหย

H = การเคลื่อนย้ายความร้อน (มีค่าเท่ากับการนำความร้อน)

Q = ความร้อนที่ได้รับและความร้อนที่ออกมา เนื่องจากกระแสน้ำหรือการไหลเข้าและการไหลออกของลำธาร

อัตราการสะสมของ S ขึ้นอยู่กับรังสีจากดวงอาทิตย์ การปกคลุมโดยเมฆ อุณหภูมิที่ผิวและอากาศ ความชื้น และความเร็วของลม โดยทะเลสาบที่อยู่แอลติจูดสูงหรือละติจูดต่ำจะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่าบริเวณที่อยู่ใกล้ขั้วโลกเหนือและใต้ ณ ตำแหน่งเดียวกันทะเลสาบที่ลึกจะมีความสามารถในการจุความร้อนได้มากกว่าทะเลสาบที่ตื้น เนื่องจากทะเลสาบที่ลึกมีปริมาตรน้ำมากกว่า

การจุความร้อนที่มากที่สุด (the maximum heat content) จะเรียกว่า annual heat budget คือ ความร้อนทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่ผิว โดยการจุความร้อนที่มากที่สุดจะสะท้อนถึงความร้อนทั้งหมดที่นำเข้าจากวันที่อากาศหนาวที่สุดของฤดูหนาว ไปจนถึงวันที่ร้อนที่สุดของฤดูร้อน โดยไม่พิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ค่าที่ได้คือค่าโดยเฉลี่ยของน้ำหนักคิดจากอุณหภูมิและความลึกโดยเฉลี่ยของทะเลสาบ อุณหภูมิเฉลี่ยวัดได้จากผลรวมของอุณหภูมิ และปริมาตรการหักเหในแต่ชั้นของทะเลสาบ มีหน่วยคือความร้อนต่อปริมาตร (cal cm^{-3}) ความร้อนทั้งหมด คือ ความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ (cal cm^{-2}) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 0 °C

ผลของการเพิ่มขึ้นของความจุความร้อนที่มากที่สุด ทำให้การเยือกแข็งของทะเลสาบแบบ dimictic ลดลง การไหลเข้าของตะกอนและสารอาหารอาจส่งผลต่อวัฏจักรความร้อน โดยสารมลพิษอาจเปลี่ยนแปลงการเยือกแข็งหรือการแบ่งชั้นของอุณหภูมิ ส่งผลกระทบทั้งทางด้านเคมีและทางชีวภาพ

การเยือกแข็งและการแบ่งชั้นของอุณหภูมิมีความสำคัญ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมี ผลที่เกิดจากการแบ่งชั้นของอุณหภูมิคือ เกิดการแบ่งโซนการสังเคราะห์ด้วยแสงและเป็นการหยุดการผสมระหว่างสาหร่ายกับน้ำข้างล่าง ผลที่เกิดจากการแบ่งชั้นคือ การลดลงของสารอาหารในเขต epilimnion

การแบ่งชั้นจะส่งผลกระทบต่อวัฏจักรออกซิเจน ทะเลสาบแบบ dimictic จะมีช่วงสั้นๆ ของการเกิด holomixis ซึ่งทำให้เกิดผลดี คือในฤดูร้อนเขต hypolimnion ที่มีการขาดแคลนจะมีออกซิเจนสะสมอยู่

การตายของปลาในฤดูหนาวจะเกิดขึ้นใต้น้ำแข็ง เนื่องจากออกซิเจนที่ลดลง โดยปลาเหล่านี้ไม่สามารถอยู่ได้ในอากาศที่หนาวเกินไป โดยปราศจากออกซิเจน

อุณหภูมิอากาศที่เย็น หากต่ำกว่า 4 °C น้ำจะอยู่ในรูปน้ำแข็ง หลังจากเยือกแข็งแล้วน้ำในทะเลสาบจะได้รับความร้อนจากตะกอน การสูญเสียความร้อนเกิดขึ้นโดยผ่านความร้อนแฝง การสูญเสียจะเพิ่มขึ้นในกลางฤดูหนาว

7.5 การปลดปล่อยความร้อนลงสู่แหล่งน้ำ (Waste heat discharges)

การเปลี่ยนแปลงความร้อนของแหล่งน้ำ เกิดจากมีแหล่งปล่อยอุณหภูมิ เช่น กรณีของโรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้น้ำในแหล่งน้ำเป็นน้ำหล่อเย็น จากทฤษฎีพบว่า สามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำประมาณ 10 °C ต่อปี (0.03 °C ต่อวัน) แม้ว่าอุณหภูมิ 0.03 °C ไม่มากเมื่อเทียบกับความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ (2-3 °C) แต่สามารถส่งผลก่อให้เกิดมลพิษทางอุณหภูมิได้ โดยทั่วไปน้ำในธรรมชาติมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ ซึ่งช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในวันที่มีเมฆหรือมีแสงแดดไม่ปกติ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย สามารถส่งผลต่อชุมชนของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

น้ำร้อนที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าถูกปล่อยลงบริเวณผิวน้ำ แต่ในช่วงฤดูร้อนน้ำร้อนดังกล่าวจะถูกปล่อยไปยังเขต hypolimnion ซึ่งส่งผลต่อวัฏจักรความร้อน เพราะ epilimnion จะแยกออกจาก hypolimnion ดังนั้นจึงเป็นการป้องกันความร้อนที่จะสูญเสียออกไปสู่บรรยากาศ ผลที่อาจเกิดขึ้นคือแหล่งน้ำดังกล่าวไม่เกิดการแบ่งชั้น

ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษของอุณหภูมิ เช่น Lake Monona ซึ่งเร่งการละลายของน้ำแข็ง ดังนั้น ความร้อนที่ปล่อยออกจากโรงไฟฟ้าจึงไม่ได้กระจายไปในบรรยากาศในฤดูหนาว เนื่องจากหิมะที่ปกคลุม ซึ่งทะเลสาบขนาดเล็กจะได้รับผลกระทบมากกว่าทะเลสาบขนาดใหญ่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีในแหล่งน้ำ

8.1 การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีทั่วไปในน้ำ

ปริมาณของสารเคมีในแหล่งน้ำโดยทั่วไปถูกควบคุมโดย อายุของแหล่งน้ำ (กระบวนการตกของฝน) การชะล้างพังทลายและการละลาย การระเหยของน้ำ และการตกตะกอน ผลจากการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน รอบฤดูกาล ส่งผลต่อองค์ประกอบทางชีวภาพของลุ่มน้ำ แม่น้ำ และทะเลสาบ นอกจากนี้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินก็สามารถเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีได้เช่นกัน สารเคมีในแหล่งน้ำมีทั้งสารที่สามารถละลายน้ำ และที่เป็นอนุภาค ซึ่งการแยกสารสองตัวนี้ โดยทั่วไปดูได้จากความสามารถในการผ่านตัวกรอง เช่น โลหะและสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลาย จะสามารถผ่านตัวกรองที่มีขนาด 0.45 ไมครอน ส่วนของแข็งละลายทั้งหมดจะสามารถผ่านตัวกรองที่มีขนาดมากกว่า 1 ไมครอน โดยเคมีในแหล่งน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ สารละลาย คอลลอยด์ (อนุภาคที่ไม่ตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วง) และอนุภาคที่ตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วง

จำนวนของไอออนทั้งหมดในแหล่งน้ำ สามารถประมาณได้โดยของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ความเค็มหรือค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งค่าทั้งสองตัวนี้ง่ายหรือสะดวกในการตรวจวัด ค่าการนำไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของไฟฟ้าที่น้ำสามารถนำพาได้ โดยไอออนละลายจะมีค่าสูงกว่าค่าการนำไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของระบบ น้ำที่มีสารอาหารมากจะมีค่าการนำไฟฟ้าที่มากเช่นเดียวกัน แต่ปัจจัยอื่นก็ส่งผล เช่น ปริมาณของเกลือ สำหรับค่าของแข็งละลายทั้งหมดจะไม่มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า ส่วนความเค็มคือมวลของเกลือที่ละลายต่อหน่วยปริมาตร ค่าความเค็มที่แท้จริงเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในการวิเคราะห์ทางเคมี

การเคลื่อนย้ายของน้ำจะผ่านระบบนิเวศบนบก (การละลายของวัตถุและการผุกร่อนของพื้นดิน) การผุกร่อนทางเคมีจะมีการปลดปล่อยสารละลาย แต่การผุกร่อนบางครั้งจะมีการปลดปล่อยวัตถุที่เป็นอนุภาคออกมา (เกิดจากปฏิกิริยาของการละลายวัตถุ) ดังนั้นความเข้มข้นทั้งหมดของสารละลายจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณของการไหลบ่า เพราะการไหลบ่าที่สูงจะมีเวลาน้อยในการละลายไอออน อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างการไหลบ่าและปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะความแตกต่างทางด้านภูมิประเทศ ธรณีวิทยา และพื้นที่ที่มีการไหลบ่า

ความสามารถในการละลายและปริมาณความมากมายของธาตุบนพื้นโลก โดยทั่วไปจะมีความสัมพันธ์กับความมากมายของไอออนในแหล่งน้ำ เช่น อะลูมิเนียม และแมงกานีส ที่พบว่ามีค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่าค่าของแคลเซียมและซัลเฟต ความเข้มข้นของไอออนบางตัวมีค่าคงที่ สามารถพบได้ตามแม่น้ำหลายๆ แหล่ง เช่น ซิลิเกต แต่ความเข้มข้นของสารตัวอื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยขึ้นอยู่

กับลักษณะทางธรณีวิทยา ส่วนความเข้มข้นของไนเตรตและฟอสฟอรัสจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก สาเหตุหลักมาจากการใช้ปุ๋ยทำการเกษตร

ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (โปรตอน) มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต ค่าความเป็นกรดสามารถแสดงได้โดยดู pH ซึ่งมีสมการดังนี้

$$pH = - \log_{10} [H^+]$$

ค่าไฮโดรเจนไอออนจะมีความสัมพันธ์กับไอออนตัวอื่นทั้งหมด น้ำส้มและเบียร์มีค่า pH เท่ากับ 3 กระเพาะอาหารมีค่า pH เท่ากับ 2 และแอมโมเนียที่ใช้ในครัวเรือนมีค่า pH เท่ากับ 11 ซึ่งในแหล่งน้ำโดยทั่วไปค่า pH มีค่าใกล้เคียง 7

ดัชนีทางเคมีที่ใช้วัดคุณภาพในแหล่งน้ำโดยทั่วไป ประกอบด้วย สี รส กลิ่น และความขุ่น ส่วนค่าความเป็นด่าง-กรด เป็นดัชนีที่ใช้วัดความสามารถของน้ำในการทำปฏิกิริยากับกรดหรือเบสแก่ ค่าความกระด้างเป็นดัชนีในการวัดความสามารถของน้ำกับสบู่ และมีความเกี่ยวข้องกับน้ำของชุมชน

8.2 ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (Oxygen and Carbon Dioxide)

ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ถูกพิจารณาร่วมกัน เนื่องจากมีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดในการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) และการหายใจ (Respiration) ออกซิเจนมีความสำคัญในปฏิกิริยาเคมีและชีวภาพ ออกซิเจนละลายใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ โดยดูการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจของพืชและสัตว์ ในสภาพอากาศหนาว น้ำจะมีออกซิเจนน้อยกว่า 5% ของปริมาตรออกซิเจนในอากาศ และจะมีการลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิน้ำเพิ่มสูงขึ้น ส่วนน้ำที่ไม่มีออกซิเจน หมายถึงปริมาณออกซิเจนถูกใช้ในกระบวนการหายใจและกระบวนการย่อยสลายหมด

การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำจะใช้วัดสถานะของสารอาหาร เช่น น้ำที่มีสารอาหารน้อย (Oligotrophic water) จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของออกซิเจนน้อย ขณะที่น้ำที่มีสารอาหารมาก (Eutrophic water) จะมีช่วงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของออกซิเจนที่กว้าง ตั้งแต่สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Hypolimnion) จนถึงสภาวะที่มีออกซิเจนเกินจุดอิ่มตัว (Epilimnion) เมื่อปริมาณของออกซิเจนมีการลดลงถึงระดับต่ำ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า Reduction-Oxidation (Redox potential) การละลายของโลหะและสารอาหารบางชนิด สารอินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติหรือชุมชน และของเสียจากอุตสาหกรรมเป็นสาเหตุหลักของการลดลงของปริมาณออกซิเจน

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ จะมีความสัมพันธ์ที่ตรงกันข้ามกับออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ถูกผลิตจากการหายใจของพืชและสัตว์ นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ยังเป็นแหล่งหลักในการสังเคราะห์ด้วยแสง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศพบน้อยแต่ในน้ำจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายในน้ำมากกว่าออกซิเจน

ถึง 30 เท่า คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำจะมีการผลิตกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) และสามารถเปลี่ยนเป็นสารตัวอื่น (CO_2, HCO_3^- และ CO_3^{2-}) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (pH) โดยคาร์บอเนตคือส่วนของคาร์บอนที่พบมากที่สุด (pH 6-8) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะต้องการคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมาก ซึ่งทำให้เกิดการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากน้ำทะเลสาบมีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้าง ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นทั่วทั้งทะเลสาบ

ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวควบคุมคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนคือ อุณหภูมิ แต่ขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช การหายใจของสิ่งมีชีวิต การเติมอากาศในน้ำ แก๊สอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำ และปฏิกิริยาออกซิเดชัน

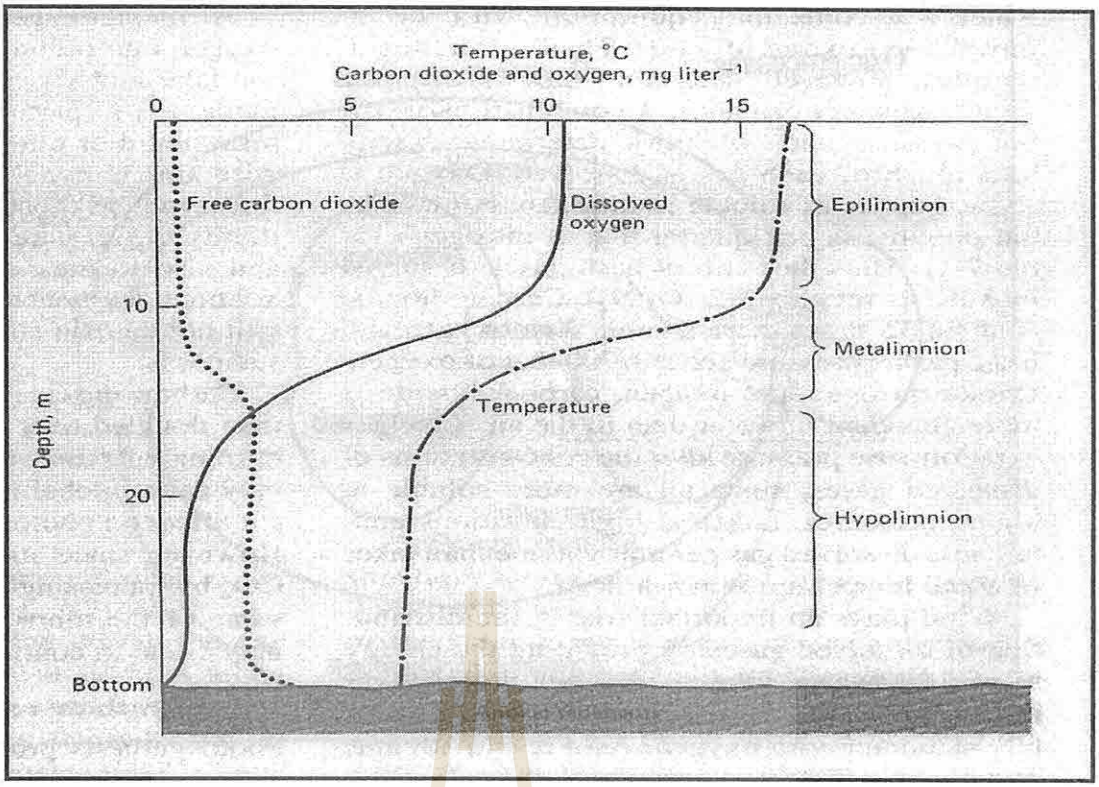
8.2.1 การตรวจวัดออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (Measurement)

การกระจายของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำ โดยทั่วไปจะวัดการผลิตสารอินทรีย์ การย่อยสลาย และผลผลิตปฐมภูมิ การตรวจวัดครั้งแรกมีขึ้นที่ปากแม่น้ำ Thames ในอังกฤษ ปี 1882 ซึ่งเป็นการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลาย สำหรับวิธีการตรวจวัดความเข้มข้นของออกซิเจนโดยการไทเทรต เกิดขึ้นเมื่อปี 1860 วิธีนี้ง่ายในการวัดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน นอกจากนี้ยังมีการใช้ probe ในการตรวจวัดออกซิเจน แต่มีปัญหาเรื่องของเมมเบรน ที่พบว่าสามารถเกิดความเสียหายง่าย ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนเมมเบรนบ่อย ส่วนโมเดลทางคอมพิวเตอร์สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของออกซิเจนละลายและอุณหภูมิ นอกจากนี้โมเดลดังกล่าวยังสามารถทำนายคุณภาพน้ำในโซน hypolimnion ข้างล่างของเขื่อนขนาดใหญ่ได้

สำหรับการตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์ มีความถี่ในการตรวจวัดน้อยกว่าออกซิเจน แต่คาร์บอนไดออกไซด์มีความจำเป็นในการประมาณการผลิตสารอินทรีย์และการย่อยสลาย คาร์บอนอนินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งสามารถตรวจวัดโดยการไทเทรตและการวิเคราะห์โดยใช้แก๊ส

8.2.2 ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในทะเลสาบ (Oxygen and Carbon dioxide in Lakes)

ออกซิเจนละลายจะมีค่าสูงในโซน Epilimnion และมีค่าต่ำในโซน Hypolimnion การลดลงของออกซิเจนในโซน Hypolimnion เนื่องจากผลผลิตของโซน Epilimnion โดยสิ่งมีชีวิตเกือบทุกชนิดจะอาศัยอยู่โซน Epilimnion แต่เมื่อตายลงจะจมลงสู่ Hypolimnion ซึ่งต้องมีการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงคือการผลิตออกซิเจนในโซน Epilimnion ส่วนโซน Hypolimnion จะมีการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ ดังนั้นคาร์บอนไดออกไซด์จึงเพิ่มขึ้น (รูปที่ 8.1)

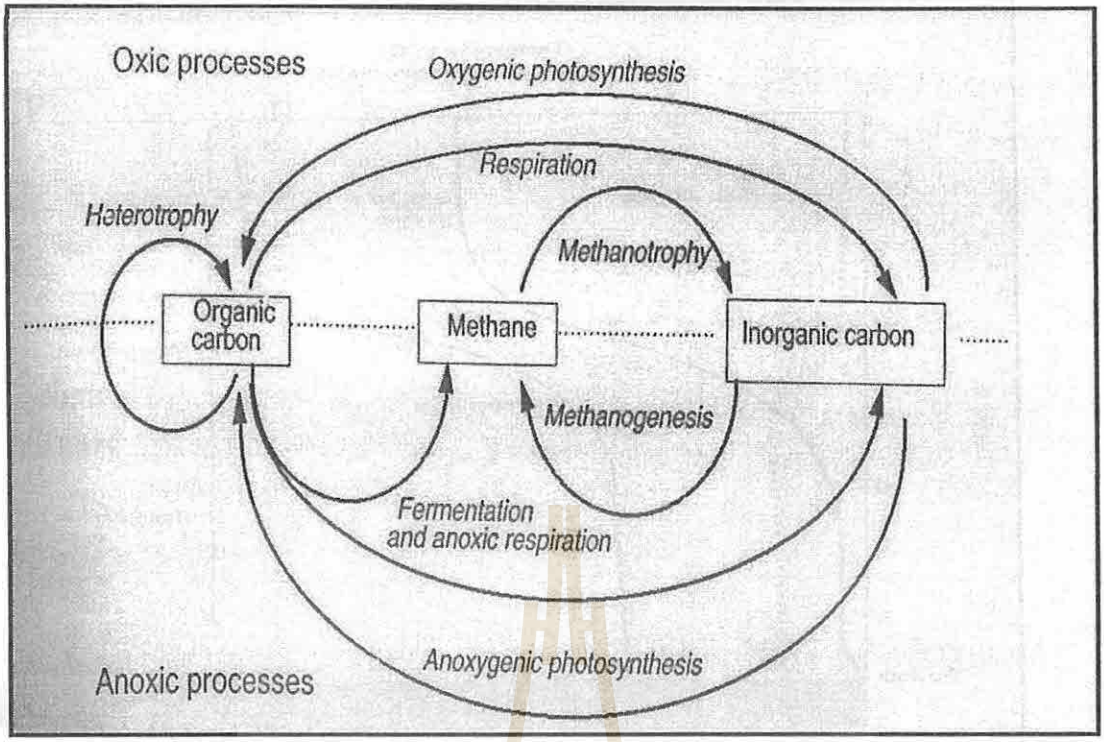


รูปที่ 8.1: การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลาย คาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ ในช่วงกลางฤดูร้อนของทะเลสาบที่มีสารอาหารมาก (Eutrophic lake) ที่มา: Horne and Goldman (1994)

8.2.3 วัฏจักรคาร์บอนในแหล่งน้ำ

แหล่งหลักของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์คือ บรรยากาศ คาร์บอนไดออกไซด์ถูกผลิตจากคาร์บอนอินทรีย์โดยกระบวนการหายใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของตะกอน ส่วนออกซิเจนถูกผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจะถูกเปลี่ยนเป็นมีเทน และสารอนินทรีย์จากการหมัก (Fermentation) และการหายใจทั้งแบบมีและไม่มีออกซิเจน การสังเคราะห์ด้วยแสงทั้งแบบที่มีและไม่มีออกซิเจน จะเปลี่ยนคาร์บอนอนินทรีย์ให้กลับเป็นสารอินทรีย์หรือเปลี่ยนเป็นมีเทนในกระบวนการ Methanogenesis ในภาวะไร้ออกซิเจน ในขณะที่มีเทนก็สามารถเปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์โดย Methanotrophy (รูปที่ 8.2)



รูปที่ 8.2: วัฏจักรคาร์บอนในแหล่งน้ำ

ที่มา: Dodds (2002)

8.2.4 ผลของอุณหภูมิ ความเค็ม และสิ่งมีชีวิตต่อปริมาณออกซิเจนละลาย

ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ น้ำเย็นจะมีปริมาณออกซิเจนละลายมากกว่าน้ำอุ่น นอกจากนี้การสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจก็มีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจน ในทะเลสาบและแม่น้ำที่ไม่มีมลพิษ ปริมาณออกซิเจนจะมีค่าต่ำที่สุดในช่วงฤดูร้อน การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตั้งแต่ฤดูใบไม้ผลิถึงฤดูร้อนจะทำให้ออกซิเจนละลายลดลงถึง 50 % เมื่อเทียบกับน้ำที่เย็นที่สุด

การเกิดออกซิเจนอิ่มตัวยวดยิ่ง หรือเกินจุดอิ่มตัว แสดงให้เห็นว่ามีการสังเคราะห์ด้วยแสงในระดับสูง ขณะที่หากมีออกซิเจนต่ำกว่าจุดอิ่มตัวก็สามารถแสดงให้เห็นว่า มีมลพิษจากสารอินทรีย์หรือการหายใจในธรรมชาติ การเพิ่มขึ้นของความเค็มส่งผลเล็กน้อยต่อปริมาณออกซิเจนละลาย โดยเกลือที่ละลายในน้ำทำให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลของออกซิเจนลดลง

8.2.5 การผันแปรของฤดูกาลต่อออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลของออกซิเจน จะเกิดขึ้นในทะเลสาบที่มีผลผลิตปานกลาง ในช่วงฤดูใบไม้ผลิหรือฤดูหนาว ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จะสมดุลกับบรรยากาศ เกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิเกิดขึ้นทำให้ออกซิเจนลดลงจนกระทั่งน้ำในชั้น hypolimnion ไม่มีอากาศเหลืออยู่ ส่วนในฤดู

ร้อนจะมีการตายของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้น เนื่องจากการลดลงของออกซิเจนทั้งในทะเลสาบที่มีการแบ่งชั้นและไม่มีการแบ่งชั้น สิ่งมีชีวิตที่พบว่าตายมากที่สุด คือ ปลา ในน้ำที่อุ่นจะไม่มีการแบ่งชั้นของทะเลสาบ ออกซิเจนในน้ำจะลดลงเนื่องจากมีช่วงกลางคืนยาวนานเกินไป และไม่มีลมพัด ในทะเลสาบที่ลึกและมีสารอาหารน้อย เช่น ทะเลสาบ Superior และ ทะเลสาบ Baikal ในไซบีเรีย จะมีการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนละลายน้อยมาก

ในฤดูใบไม้ร่วง น้ำจะเย็นและแรงต้านทานของน้ำลดลง ทำให้เกิดกาผสมกันของน้ำที่มีสาเหตุมาจากพายุ ผลที่เกิดขึ้นคือ มีปริมาณของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาณในบรรยากาศ แต่ตะกอนในทะเลสาบที่มีสารอาหารมากจะส่งผลให้ออกซิเจนลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับปกติ เหตุการณ์นี้จะไม่เกิดขึ้นในทะเลสาบที่มีการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว โดยน้ำแข็งที่ผิวจะช่วยป้องกันการผสมกันของน้ำ

8.2.6 ความผันแปรในรอบวันของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

วัฏจักรนี้จะพบในทะเลสาบที่มีสารอาหารมาก พบว่าช่วงเช้าตรู่ปริมาณออกซิเจนจะต่ำมาก แต่เวลาบ่ายจะมีปริมาณออกซิเจนเกินจุดอิ่มตัว ขณะที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะแปรผกผันกับปริมาณออกซิเจน

การสังเคราะห์ด้วยแสงในน้ำที่เกิด eutrophication ช่วงกลางวันจะมีการสังเคราะห์แสงมากที่สุด ทำให้ปริมาณออกซิเจนในตอนช่วงกลางวัน (ประมาณเที่ยงวัน) มีค่ามากที่สุด นอกจากนี้ความผันแปรของออกซิเจนยังเกิดขึ้นใกล้ชายฝั่ง ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีพืชน้ำขึ้นปกคลุมอย่างหนาแน่น

หากกิจกรรมการหายใจของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในตะกอนเพิ่มขึ้น จะทำให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำข้างล่างมากขึ้น ในตอนกลางคืนจะมีการหายใจโดยพืช แบคทีเรีย และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง กระบวนการหายใจทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง มีการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และสารอาหารที่ละลายเพิ่มขึ้น

8.2.7 ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในลำธาร

ในลำธารที่ไม่มีมลพิษ พบว่าปริมาณของสาหร่ายและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจะมีจำนวนมาก ค่าดังกล่าวสามารถใช้ประมาณผลผลิตปฐมภูมิได้ ปัจจุบันพบว่าแม่น้ำ ลำธารส่วนมากมีการปนเปื้อนมลพิษ ทำให้ปริมาณออกซิเจนเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โรงงานบำบัดของเสียต้องมีการลดค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) ก่อนปล่อยน้ำออก แต่พบว่าระบบบำบัดดังกล่าวยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง นอกจากนี้สารอินทรีย์ที่อยู่ในแม่น้ำก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงเช่นเดียวกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แม่น้ำจะมีความสามารถน้อยมากในการเติมออกซิเจน โดยเฉพาะในแหล่งน้ำลึก ในแหล่งน้ำที่มีการผสมกันอย่างรวดเร็ว คาร์บอนไดออกไซด์ก็ถึงจุดอิ่มตัวด้วย พืชบางชนิด เช่น มอส และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (*Nostoc*) เป็นพืชที่มีความต้องการคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูง ดังนั้นพืชเหล่านี้จึงสามารถเจริญได้ดีในน้ำที่ไหลเชี่ยว และน้ำตกขนาดเล็ก

8.2.8 The Redox Potential

The Redox Potential หรือ Reduction-Oxidation Potential คือ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นหลังจากมีการเชื่อมต่ออิเล็กโทรดสองขั้วเข้าด้วยกัน ขั้วหนึ่งคือไฮโดรเจน ส่วนอีกขั้วคือวัตถุอื่นๆ เหตุผลที่เรียกว่าศักย์ไฟฟ้า (Potential) เพราะวัตถุเหล่านี้ในธรรมชาติไม่ได้ถูกเชื่อมต่อกัน การเปลี่ยนแปลงที่มีการให้อิเล็กตรอนในไอออนของโลหะหรือส่วนประกอบของสารอาหารบางชนิดก็เป็น Redox Potential ตัวอย่างเช่น ในทะเลสาบที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นกลาง ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่า Redox Potential เท่ากับ +500 mV ภายใต้สภาวะดังกล่าวจะพบเฟอริคไอออน แต่จะไม่พบเฟอรัสไอออน เหมือนกับกรณีของไนโตรเจนที่จะพบในรูปของไนเตรตมากกว่าไนไตรท์และแอมโมเนีย กรณีกำมะถันจะพบในรูปของซัลเฟตมากกว่าซัลไฟด์ ค่า Redox Potential มีค่าลดลงหากปริมาณออกซิเจนลดลง โดยสารแต่ละรูปจะมีค่า Redox Potential ที่แตกต่างกัน

สำหรับน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ การเปลี่ยนแปลงของ Redox เกิดขึ้นอย่างช้าๆ แต่ในทะเลสาบและแม่น้ำซึ่งมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ จะช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน ส่วนมากจะถูกพาโดยแบคทีเรีย

การเปลี่ยนแปลงของ Redox Potential มีความสำคัญมากในสภาวะยูโทรฟิค และในสิ่งแวดล้อมที่มีความเป็นกรดสูง ทะเลสาบส่วนมากจะมีค่า Redox Potential ประมาณ +500 mV. เพราะการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลายไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในทะเลสาบที่เกิดยูโทรฟีเคชัน จะมีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำมาก (ใกล้เคียงกับโคลนใต้ท้องน้ำ) ซึ่งมีค่า Redox Potential ต่ำกว่า +200 mV

8.3 ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจน เป็นธาตุที่มีปริมาณมากที่สุดในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนจะพบในโปรตีนและเอนไซม์ที่ถูกสร้างจากโปรตีน ซึ่งมีความสำคัญในปฏิกิริยาชีวเคมี สำหรับปริมาณของไนโตรเจนในสัตว์และพืชมีค่า 1 ใน 10 ของน้ำหนักแห้ง

ไนโตรเจน พบมากที่สุดในรูปของแก๊สไนโตรเจน (N_2) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศถึง 78 % โดยทั่วไปแล้วไนโตรเจนมีความสามารถในการละลายน้ำน้อยกว่าออกซิเจน นอกจากนี้โมเลกุลของไนโตรเจนยังเป็นอุปสรรคต่อสิ่งมีชีวิตที่จะนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากไนโตรเจนมีพันธะทางเคมีคือ พันธะโควาเลนท์ ซึ่งต้องใช้พลังงานมากในการตัดพันธะดังกล่าว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ไนโตรเจนในระบบนิเวศน้ำจืดที่สำคัญ มี 2 รูป คือ ไนเตรต และแอมโมเนียม แอมโมเนียมไอออน คือ ไอออนที่พบในน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกลางถึงกรด ภายใต้สภาพที่เป็นเบสจะเปลี่ยนไปเป็นแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายระหว่างอากาศและน้ำได้ ไนไตรท์ คือ ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลาย ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ไนไตรท์เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ผลรวมของ ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียม เรียกว่า ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลาย นอกจากนี้ไนโตรเจนยังมีรูปอื่น เช่น แก๊สไนโตรเจน ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนอินทรีย์ (ประกอบด้วย กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก โปรตีน และยูเรีย)

8.3.1 การตรวจวัดไนโตรเจน

ความเข้มข้นของไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และไนโตรเจนอินทรีย์ สามารถตรวจวัดได้โดยการวิเคราะห์ทางเคมี โดยหากมีค่าสารประกอบไนโตรเจนอนินทรีย์ปานกลางถึงสูง (มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถตรวจวัดได้โดยใช้อิเล็กโทรดไอออน ไนโตรเจนอินทรีย์ตรวจวัดโดยการย่อยด้วยกรดในขวดเจลดาห์ล หรือใช้ automatic analyzer ความเข้มข้นของไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียสามารถแสดงปริมาณไนโตรเจน แก๊สไนโตรเจนละลายสามารถตรวจวัดได้โดยวิธีการสกัดแล้วใช้ mass spectrometry หรือ gas chromatography ในการตรวจวัดขั้นสุดท้าย

ไนโตรเจนฟิกเซชัน (Nitrogen fixation) ในทะเลสาบสามารถตรวจวัดได้โดยใช้ heavy nonradioactive isotope ของไนโตรเจน วิธีการนี้จะมีการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนหลายรูปและใช้ isotope mass spectrometry หรือใช้ optical device ในการตรวจจับอะตอมของ ^{15}N ปัจจุบันมีการใช้วิธี acetylene-reduction ในการตรวจไนโตรเจนฟิกเซชัน เทคนิคนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของเอนไซม์ในการลด acetylene ซึ่ง acetylene ถูกลดโดย ethylene และตรวจวัดด้วย gas chromatography

Denitrification ในแหล่งน้ำ สามารถตรวจวัดได้โดยดูความสมดุลของมวล นอกจากนี้ยังสามารถตรวจวัดได้โดยดูความเสถียรของไอโซโทป ^{15}N หรือ radioactive isotope ^{13}N แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสมหากมีการรบกวนตะกอน ปัจจุบันนี้การตรวจวัด Denitrification ตรวจวัดโดยใช้ acetylene blockage technique

8.3.2 รูปของไนโตรเจนในทะเลสาบ

ไนเตรทคือรูปที่มีมากที่สุดในทะเลสาบ ส่วนไนไตรท์เป็นรูปที่ลดมาจากไนเตรท ซึ่งโดยทั่วไปมีปริมาณน้อยมาก

เซลล์ของพืชมีการลดไนโตรเจน โดยการส่งผ่านระหว่างเซลล์ในรูปของกรดอะมิโน ร่วมกับการส่งผ่านของเอนไซม์ไปพร้อมกัน เอนไซม์ 2 ตัวที่จำเป็นคือ Nitrate reductase และ Nitrite reductase โดย Nitrate reductase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ มีน้ำหนักโมเลกุล 250,000 และบรรจุโมลิบดีนัมภายในเอนไซม์ ขณะที่ไนไตรท์จะเปลี่ยนไปเป็นแก๊ส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ไนโตรเจน โดยใช้เอนไซม์ Nitrite reductase มีน้ำหนักโมเลกุล 63,000 ภายในเอนไซม์บรรจุเหล็ก นอกจากนี้ยังมีคอปเปอร์เป็นโคแฟคเตอร์ร่วมด้วย

Nitrate reductase พบได้น้อยในสาหร่ายที่กำลังเจริญเติบโต แต่พืชจะใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย แอมโมเนียจะมีความสามารถในการยับยั้งการสังเคราะห์ Nitrate reductase แต่แหล่งน้ำโดยทั่วไปจะมีระดับของแอมโมเนียที่ต่ำมาก ดังนั้นการสร้าง Nitrate reductase จึงไม่ถูกยับยั้ง

พืชบางชนิดสามารถใช้ไนเตรทในระดับที่ต่ำได้ เนื่องจากพืชเหล่านี้เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมไนเตรทต่ำ ในขณะที่มีระดับการสูญเสียไนเตรทสูง ปริมาณไนเตรทที่พบในแม่น้ำทะเลสาบโดยทั่วไปจะไม่เป็นพิษ มีค่าไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของน้ำดื่ม หากน้ำดื่มมีปริมาณไนเตรทสูง ไนเตรทจะขัดขวางการส่งอาหารให้แก่ทารกในช่วงอายุครรภ์ 6 เดือนแรก ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในกระเพาะอาหาร ส่วนไนไตรท์สามารถทำให้เกิด **methemoglobin** ซึ่งลดความสามารถในการพาออกซิเจนเข้าสู่เลือด ซึ่งเรียกสภาพที่เกิดนี้ว่า **blue baby** ไนเตรทและไนไตรท์มีการนำมาใช้ประโยชน์โดย ใช้ในการรักษาเนื้อและปลาไม่ให้เน่า ถึงแม้การใช้ประโยชน์ดังกล่าวต้องเสี่ยงอันตรายจากไนไตรท์ แต่อันตรายที่เกิดขึ้นยังน้อยกว่าสารพิษจากแบคทีเรีย *Clostridium botulinum*

ไนไตรท์พบได้น้อยในแหล่งน้ำ น้ำที่มีการปนเปื้อนมลพิษจะมีปริมาณไนไตรท์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่โรงงานบำบัดของเสียส่วนใหญ่จะมีการปล่อยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมากกว่ารูปอื่น

แหล่งหลักของไนเตรทมาจากการเกษตรกรรมและของเสียจากชุมชน ปัญหาของไนเตรทนอกจากเกิดขึ้นกับน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินก็พบปัญหาการปนเปื้อนไนเตรทเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีการทำปศุสัตว์ สำหรับการกำจัดไนเตรทต้องใช้เงินจำนวนมาก โดยการเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นแก๊สไนโตรเจน

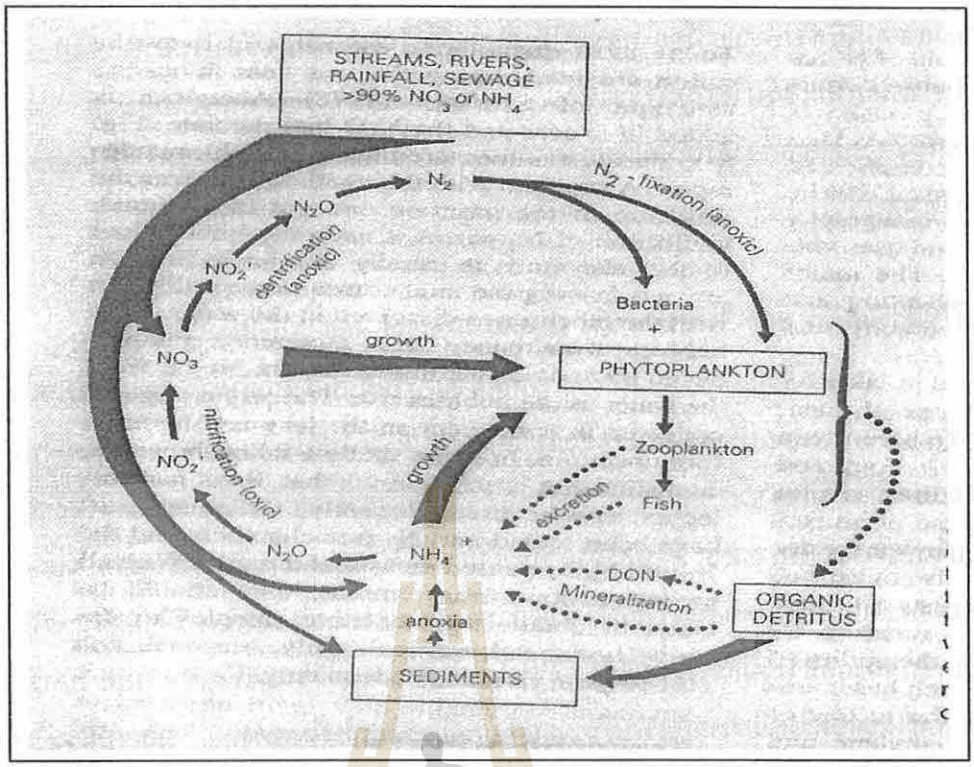
8.3.3 วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen cycle)

ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตที่สามารถนำไนโตรเจนไปใช้ได้ คือ แบคทีเรีย ฟังไจ และพืช โดยใช้ในรูปของไนเตรทและแอมโมเนีย ไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของพืช

การเกิดออกซิเดชันทั้งหมดของวัฏจักรไนโตรเจนมีค่าตั้งแต่ +5 (NO_3) ถึง -3 (NH_4) และมีความซับซ้อนมากกว่าธาตุอื่นๆ ในระบบนิเวศแหล่งน้ำส่วนใหญ่ ไนโตรเจนฟิกเซชันเกิดจากแพลงก์ตอน ส่วนดีไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้นในตะกอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณปากแม่น้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน มีกระบวนการต่างๆที่สำคัญดังนี้ (รูปที่ 8.3)



รูปที่ 8.3 : วัฏจักรไนโตรเจนในระบบนิเวศน้ำจืด

ที่มา: Horne and Goldman (1994)

ไนโตรเจนฟิกเซชัน (Nitrogen fixation)

แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีความสามารถในการเปลี่ยนรูปแก๊สไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย ไนโตรเจนฟิกเซชันในทะเลสาบส่วนใหญ่เกิดจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ตรงข้ามกับบนบก กระบวนการไนโตรเจนฟิกเซชันส่วนใหญ่เกิดจากพืชตระกูลถั่ว

เอนไซม์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการนี้ เรียกว่า nitrogenase ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรก มีน้ำหนักโมเลกุล 300,000 บรรจุเหล็กและโมลิบดีนัมในอัตราส่วน 20 : 1 อีกส่วนมีน้ำหนักโมเลกุล 35,000 บรรจุเหล็กเพียงตัวเดียว ไนโตรเจนฟิกเซชันจะเกิดขึ้นในแหล่งน้ำที่มีออกซิเจนมาก โดยออกซิเจนช่วยในกระบวนการการแพร่เข้าสู่เซลล์สาหร่าย เอนไซม์ nitrogenase อิ่มตัวที่ 0.2 atmN_2

สารประกอบไนโตรเจนในน้ำจะมีผลต่อ nitrogenase กิจกรรมดังกล่าวจะถูกยับยั้งโดยแอมโมเนีย

ในฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง จะพบการบลูมของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารมาก แหล่งน้ำหรือทะเลสาบที่มีสารอาหารมากจะเป็นแหล่งที่มีปริมาณไนโตรเจนมากด้วย

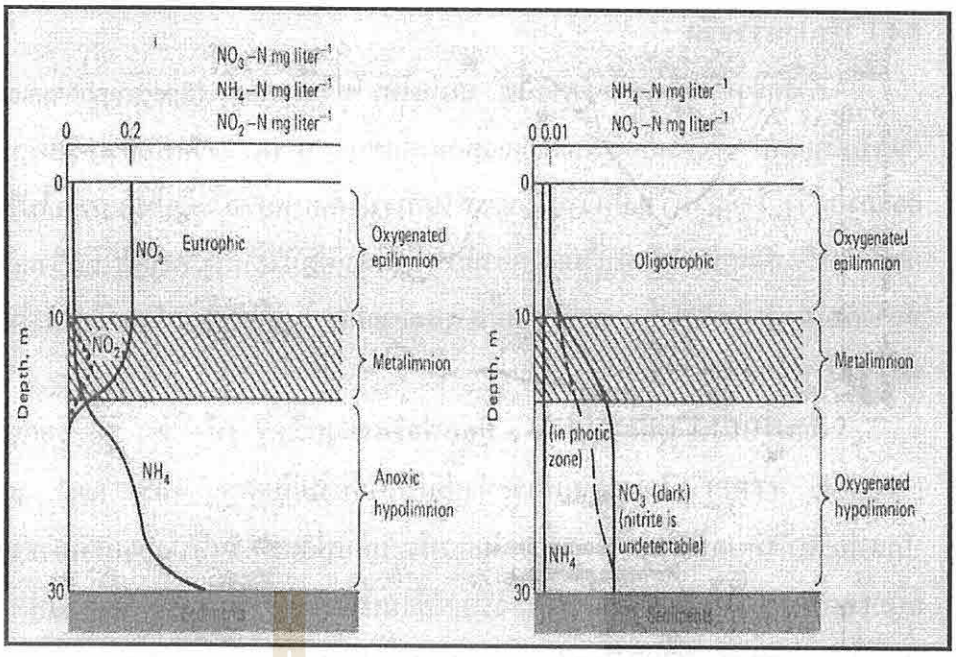
เช่น ทะเลสาบ Pyramid และ Nevada ในบางปี มีปริมาณไนโตรเจนถึง 80 % ขณะที่ไนโตรเจนฟิกเซชันจะมีบทบาทน้อยกับแหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย ทะเลสาบใน Mendota และ Wisconsin คือตัวอย่างทะเลสาบที่มีสารอาหารน้อย ตลอดปีมีปริมาณไนโตรเจนฟิกเซชันประมาณ 5-10 %

ไนโตรเจนฟิกเซชันในแหล่งน้ำไหล จะไม่พบสาหร่ายที่เป็นแพลงก์ตอนอยู่ แต่ในลำธารน้ำพุ และพื้นที่ชุ่มน้ำเขตขั้วโลกที่มีความสูงมากกว่า 2,000 m จะพบ *Nostoc* ซึ่งมีความสามารถในการจับไนโตรเจน

ดีไนตริฟิเคชัน และ ไนตริฟิเคชัน (Denitrification and Nitrification)

ระบบนิเวศแหล่งน้ำมีอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันมากกว่าการเกิดไนโตรเจนฟิกเซชัน ไนตริฟิเคชัน คือการเปลี่ยนแอมโมเนียหรือไนโตรเจนอินทรีย์ไปเป็นไนเตรท ส่วนดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นโดยแบคทีเรียที่มีความสามารถอยู่ได้ทั้งในสภาวะใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ แต่อย่างไรก็ตามต้องเกิดขึ้นในสภาวะที่เหมาะสม ดีไนตริฟิเคชัน คือการที่ไนโตรเจนในไนเตรทถูกลดไอออนจาก +5 ไปเป็น +0 กระบวนการเกิดดีไนตริฟิเคชันต้องการพลังงานจากคาร์บอนอินทรีย์ แต่ไนตริฟิเคชันและการออกซิเดชันของแอมโมเนียจะมีการผลิตพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ดีไนตริฟิเคชัน และไนตริฟิเคชันในตะกอน เกิดโดยแอมโมเนียจากอินทรีย์วัตถุถูกออกซิไดส์ไปเป็นไนเตรท และเปลี่ยนไปเป็นแก๊สไนโตรเจน แต่กระบวนการดีไนตริฟิเคชันต้องเกิดภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ขณะที่ไนตริฟิเคชันเป็นกระบวนการที่ต้องการออกซิเจน ดังนั้น Denitrifying bacteria จึงมีโครงสร้างที่ไม่เหมือน heterocyst ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน โดย Denitrifying bacteria ต้องสามารถที่จะรักษาสภาพในสิ่งแวดล้อมที่มีออกซิเจนสูงได้ ซึ่งการแยกปฏิกิริยาทั้งสองชนิดนี้คือสิ่งที่จำเป็น ไนเตรทจะต้องมีความสามารถแพร่ได้ทั้งน้ำที่อยู่ส่วนบนและน้ำข้างล่างไปถึงโซนที่ไม่มีออกซิเจน ในรอบปีดีไนตริฟิเคชันในตะกอนจะมีอัตราการเกิดที่ผันแปร แต่ดีไนตริฟิเคชันในทะเลสาบจะเกิดในช่วงเวลาสั้นๆ จนกระทั่งปริมาณไนเตรตลดจำนวนลงในส่วนของแอมโมเนียฟิเคชันคือการเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นแอมโมเนียซึ่งสามารถสังเกตการณ์สูญหายของไนเตรตในโซน Hypolimnion และถึงแม้ว่าดีไนตริฟิเคชันในโซน Hypolimnion จะเกิดช้ากว่าในตะกอน แต่ความสำคัญของการเปลี่ยนในทะเลสาบขึ้นอยู่กับปริมาตรของตะกอนและ Hypolimnion (รูปที่ 8.3)

การศึกษาส่วนมากจะศึกษาตะกอนกับการปลดปล่อยไนเตรต และแอมโมเนียมากกว่าการศึกษาการแพร่ของไนเตรตเข้าไปในตะกอน ไนเตรตส่วนมากพบบริเวณแม่น้ำ ตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ และโซนน้ำขึ้นน้ำลง สำหรับพื้นที่รับน้ำจะมีปริมาณไนเตรตมาก อาจทำให้เกิดดีไนตริฟิเคชันก่อนที่จะถึงพื้นที่น้ำเปิด ในพื้นที่ชุ่มน้ำพืชน้ำจะมีบทบาทสำคัญในการเกิดดีไนตริฟิเคชัน



รูปที่ 8.3 : การกระจายของไนไตรท์ ไนเตรท และแอมโมเนียกับความลึกช่วงกลางฤดูร้อน

ที่มา: Horne and Goldman (1994)

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส คือสารอาหารที่มีความต้องการปานกลางในระบบนิเวศแหล่งน้ำและระบบนิเวศบก แต่ทั้ง 2 ตัวเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของพืชในทะเลสาบ และลำธาร คุณสมบัติทางเคมีของไนโตรเจนมีทั้งประจุบวกและประจุลบ เช่น NO_3^-, NO_2^- และ NH_4^+ ส่วนฟอสฟอรัสในระบบนิเวศน้ำจะไม่พบในสถานะแก๊ส

8.4 ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต คิดเป็น 0.3 % โดยน้ำหนักแห้ง ฟอสฟอรัสคือสารอาหารที่มีความสำคัญ เป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เพราะมีความเข้มข้นต่ำ ฟอสฟอรัสส่วนมากอยู่ในรูปที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) คือรูปที่เด่นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ ซึ่งฟอสฟอรัสอนินทรีย์มีประมาณ 0.1 % บนหินเปลือกโลก แต่บางพื้นที่อาจมีฟอสฟอรัสมากถึง 7% เช่น พื้นที่ที่มีการทำเหมืองเพื่อผลิตปุ๋ย

สิ่งมีชีวิตมีความต้องการ N : P คือ 7 : 1 โดยน้ำหนัก หรือ 16 : 1 โดยธาตุ การลดลงของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจืดมีปริมาณมากเช่นเดียวกับกรณีของไนเตรท หากอัตราส่วนของ N : P > 10 (โดยน้ำหนัก) แสดงว่าฟอสฟอรัสคือปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และถ้า N : P < 10 (โดยน้ำหนัก) แสดงว่าไนโตรเจนคือปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโต

8.4.1 วิธีการตรวจวัด

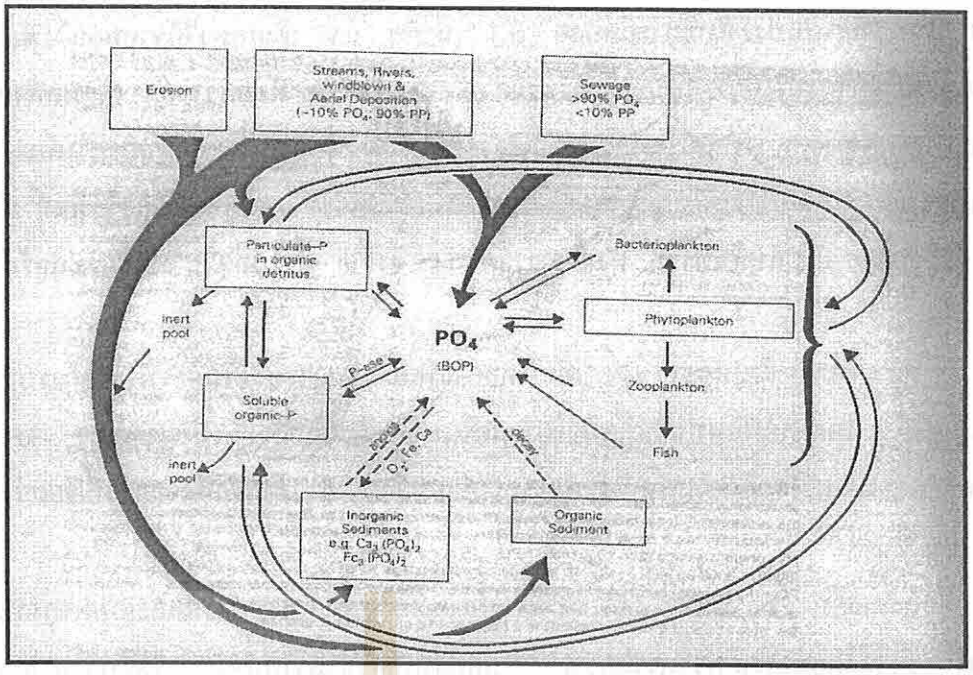
การตรวจวัดฟอสฟอรัสจะใช้ สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) โดยใช้สารละลายกรดโมลิบเดท ซึ่งจะเกิดสีน้ำเงินของฟอสเฟตขึ้น การตรวจวัดฟอสฟอรัสอินทรีย์ต้องใช้กรดในการย่อยมากกว่า โดยสาหร่ายมีความสามารถในการนำฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตไปใช้ประโยชน์ สำหรับการตรวจวัดฟอสเฟตให้ผลที่ไม่แม่นยำนัก ซึ่งมีสาเหตุมาจากในทะเลสาบความเข้มข้นของฟอสเฟตคือข้อจำกัดในการวิเคราะห์ นอกจากนี้สารละลายกรดโมลิบเดทคือตัวหนึ่งที่ทำให้ค่าฟอสเฟตที่มากกว่าหรือน้อยกว่าความเป็นจริง

สำหรับน้ำที่ไม่มีการกรอง ฟอสฟอรัสจะถูกวิเคราะห์ 2 รูปด้วยกันคือ total reactive phosphate (TRP) โดยฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับโมลิบเดท และ total phosphate (TP) คือฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีอยู่ ซึ่งรวมสารประกอบฟอสฟอรัสที่ปล่อยออกมาจากสารละลายและที่เป็นอนุภาคหลังจากย่อยด้วยกรดเปอร์คลอริค ส่วนน้ำที่ผ่านการกรองจะวัดฟอสเฟตในรูป total soluble phosphate (TSP) หรือที่เรียกว่า total dissolved phosphate (TDP) โดยฟอสเฟตที่ละลายจะทำปฏิกิริยากับโมลิบเดท การตรวจวัดฟอสฟอรัสทั้งหมดจะใช้ในแหล่งน้ำที่มีการเกิดยูโทรฟิเคชัน ค่า TRP และ TSP สามารถตรวจวัดได้โดยใช้การเจริญเติบโตของสาหร่าย

Radioisotopes ^{31,32} P ใช้ในการวัดจลศาสตร์ของแพลงก์ตอนพืชในสภาวะที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตต่ำ สำหรับฟอสฟอรัสที่นำไปใช้ได้ทางชีวภาพ (Biologically available phosphate : BAP) ไม่สามารถตรวจวัดทางเคมีได้ แต่สามารถตรวจวัดโดยการประเมินทางชีวภาพของสาหร่าย ฟอสฟอรัสละลายทั้งหมด (TDP) ในน้ำที่มีการกรองจะมีความสัมพันธ์กับ BAP ซึ่งพบในแหล่งน้ำหรือทะเลสาบที่มีสารอาหารมาก ส่วนในแหล่งน้ำที่มีผลผลิตน้อย Total reactive phosphate (TRP) ในน้ำที่ไม่ผ่านตัวกรองจะมีความสัมพันธ์กับ BAP

8.4.2 วัฏจักรฟอสฟอรัส (Phosphorus cycle)

ฟอสฟอรัสในทะเลสาบเกิดได้ทั้งในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในทะเลสาบโดยทั่วไปจะพบฟอสเฟต 3 รูป ได้แก่ orthophosphate (PO_4^{3-}), monophosphate (HPO_4^{2-}) และ dihydrogen ($H_2PO_4^-$) ทั้งสามรูปสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับค่า pH Dissolved organic phosphorus (DOP) คือ total soluble phosphorus ซึ่ง DOP เป็นค่าที่ดีในการประมาณค่าฟอสฟอรัส สามารถพบในกรดนิวคลีอิก เช่น RNA และ DNA แหล่งน้ำส่วนมากจะมีปริมาณ total particulate phosphorus มากกว่า soluble phosphorus (รูปที่ 8.5)



รูปที่ 8.5 : วัฏจักรของฟอสฟอรัสในทะเลสาบ

ที่มา: (Horne and Goldman, 1994)

8.4.3 ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ

ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำส่วนมากอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ ฟอสฟอรัสอินทรีย์และฟอสฟอรัสละลายถูกปล่อยจากแพลงก์ตอนสัตว์ ปลา และแบคทีเรีย การย่อยสลายซากพืชและสัตว์ที่ตายจะมีการปล่อย DOP และฟอสเฟตออกมา

แหล่งปล่อยฟอสฟอรัสที่สำคัญ คือของเสียจากมนุษย์ ในฤดูร้อนทะเลสาบที่ตื้นและมีสารอาหารมากจะมีการปล่อยฟอสเฟตจำนวนมาก การโหลดภายในเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แหล่งน้ำเกิดมลพิษ ส่วนทะเลสาบที่ลึกการโหลดภายในจะถูกจำกัด แต่บางครั้งฟอสฟอรัสก็สามารถเคลื่อนย้ายจาก Hypolimnion มาที่ Epilimnion ได้ ส่วนสาเหตุการสูญเสียฟอสฟอรัส เกิดจากมีการสะสมของฟอสฟอรัสในตะกอนอย่างถาวร

8.4.4 ข้อจำกัดของฟอสฟอรัสและไนโตรเจนในทะเลสาบ

ความสัมพันธ์ของฟอสฟอรัส-คลอโรฟิลล์ และฟอสฟอรัส-กราฟการโหลด (Phosphorus-Chlorophyll Relationship and Phosphorus-Loading Curves)

ในทะเลสาบ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารอาหารเป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตและผลผลิตของแพลงก์ตอนพืช ทะเลสาบเขตอบอุ่นส่วนมากจะมีความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดกับจำนวนแพลงก์ตอนพืช โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและจำนวนแพลงก์ตอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พืชอยู่มาก มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (r^2) เท่ากับ 0.9 ซึ่งแสดงได้จากคลอโรฟิลล์เอ ส่วนในทะเลสาบอื่นหากอยู่ในสภาพอากาศแห้งจะมีค่า r^2 สำหรับ TP น้อยกว่า 0.1 เหตุผลสำคัญที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างคลอโรฟิลล์และแพลงก์ตอนพืช เนื่องจาก TP ส่วนมากในทะเลสาบอยู่ในรูปอนุภาคและสาหร่ายมีขนาดใหญ่ ทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่าง TP และ คลอโรฟิลล์ มีสมมติฐานว่า TP สามารถถูกนำกลับคืนมาได้ ดังนั้นการวัด TP จึงง่าย ซึ่งในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนจะมีแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด

ความสัมพันธ์ระหว่าง TP และ คลอโรฟิลล์ สามารถใช้ในการทำนายการบลูมของแพลงก์ตอนพืชได้ โดยหากฟอสฟอรัสคือปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโต ปริมาณของ TP ที่เข้าไปในทะเลสาบในแต่ละปีจะมีความสัมพันธ์กับแพลงก์ตอนพืช ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้เรียกว่า Phosphorus Loading Curve

ทะเลสาบ Erie มีการรับสารมลพิษ ทั้งของเสียจากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ฟอสฟอรัสถูกตรวจวัดได้โดยดูการเกิดยูโทรฟิเคชัน นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณาได้อีกว่าทะเลสาบดังกล่าวมีปริมาณไนโตรเจนมากเกินไป ในปี 1970 ฟอสฟอรัสเป็นปัญหาที่สำคัญมาก มีความพยายามที่จะเคลื่อนย้ายฟอสเฟตจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองในน้ำเสียชุมชน และต่อต้านพวกสารลดแรงตึงผิว (เช่น ผงซักฟอก) ที่มีปริมาณฟอสเฟตสูงด้วย

ความสัมพันธ์ที่สำคัญของฟอสฟอรัสในการกรณีเป็นสารอาหารที่มีจำกัด

แม้ว่าฟอสฟอรัสจะถูกพิจารณาว่าเป็นสารอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของพืช แต่ยังพบว่าทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และตามชายฝั่งส่วนมากยังขาดสารตัวอื่นด้วย เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และโลหะบางชนิด (เช่น เหล็ก และ โมลิบดินัม เป็นต้น) ทะเลสาบส่วนมากขาดแคลนทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส หากแหล่งน้ำมีการเพิ่มขึ้นของสารทั้งสองตัว ผลที่เกิดขึ้นคือกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช แต่หากแหล่งน้ำมีการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสตัวใดตัวหนึ่ง สาหร่ายจะมีการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไนโตรเจนในพื้นที่รับน้ำส่วนมากมาจากฝนที่ตก ดังนั้นทะเลสาบที่มีภูมิอากาศชื้นจะมีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าฟอสฟอรัส ผลที่เกิดขึ้นคือ ฤดูร้อนพืชจะเจริญปกคลุมทะเลสาบ การชะล้างพังทลายจึงเกิดขึ้นน้อยกว่าในสภาพอากาศที่แห้งที่มีพืชเจริญน้อยกว่า

เหตุผลที่สำคัญคือ พืชพรรณเหล่านี้ลดการชะล้างพังทลายของดิน ใบไม้จากต้นไม้หรือจากหญ้าลดความแรงของฝนก่อนตกถึงพื้นดิน นอกจากนี้บางครั้งน้ำฝนดังกล่าวอาจมีการระเหยก่อนซึมลงใต้ดิน เหตุการณ์ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถดูได้จากสีของน้ำกับสารแขวนลอย หากในพื้นที่แห้งแล้งและลำธารขนาดเล็กน้ำจะเป็นสีน้ำตาล และสารแขวนลอยจะเป็นพวกทรายแป้ง แต่ในลำธารที่มีภูมิอากาศชื้นจะมีลักษณะใส การชะล้างพังทลายคือการเคลื่อนย้ายของแข็ง ส่วนมากจะเป็นดินเหนียว

และมีทรายแป้งปนอยู่ อนุภาคในทรายแป้งจะมีฟอสฟอรัสมาก จึงทำให้เป็นการนำฟอสฟอรัสเข้าไปในทะเลสาบที่มีภูมิอากาศแห้ง ส่วนไนโตรเจนจะพบมากในภูมิอากาศชื้น

ความชันของพื้นที่ ชนิดของดิน และการใช้ประโยชน์พื้นที่โดยมนุษย์ ส่งผลต่อปริมาณการชะล้างพังทลาย เช่นกัน

8.5 สารอาหารชนิดอื่น (Other Nutrients) ในส่วนนี้ขอกล่าวถึงบางชนิดเท่านั้น เช่น

8.5.1 ซิลิกาและซิลิกอน (Silica and Silicon)

ในระบบนิเวศน้ำจืด ซิลิกาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของไดอะตอม ส่วนสาหร่ายและพืชจะมีความต้องการซิลิกอนน้อย ฟองน้ำในแหล่งน้ำจืดมีการบรรจุซิลิกาบริสุทธิ์ที่เรียกว่า **spicules** มีลักษณะเหมือนไดอะตอม

ซิลิกาสามารถตรวจวัดได้โดย "reactive" ซิลิเกต (โมเลกุล H_2SiO_4 และสายพอลิเมอร์สั้นๆ) สำหรับสายพอลิเมอร์ที่ยาว (3-4 หน่วย) จะไม่มีการตรวจวัด Reactive Silica คือรูปที่เป็นไปได้สำหรับการเจริญเติบโตของไดอะตอม การทดสอบโดยทั่วไปใช้ สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ในการตรวจวัดการผลิตสีน้ำเงิน เมื่อสารประกอบเชิงซ้อน (silicomolybdate) ถูกลดรูป

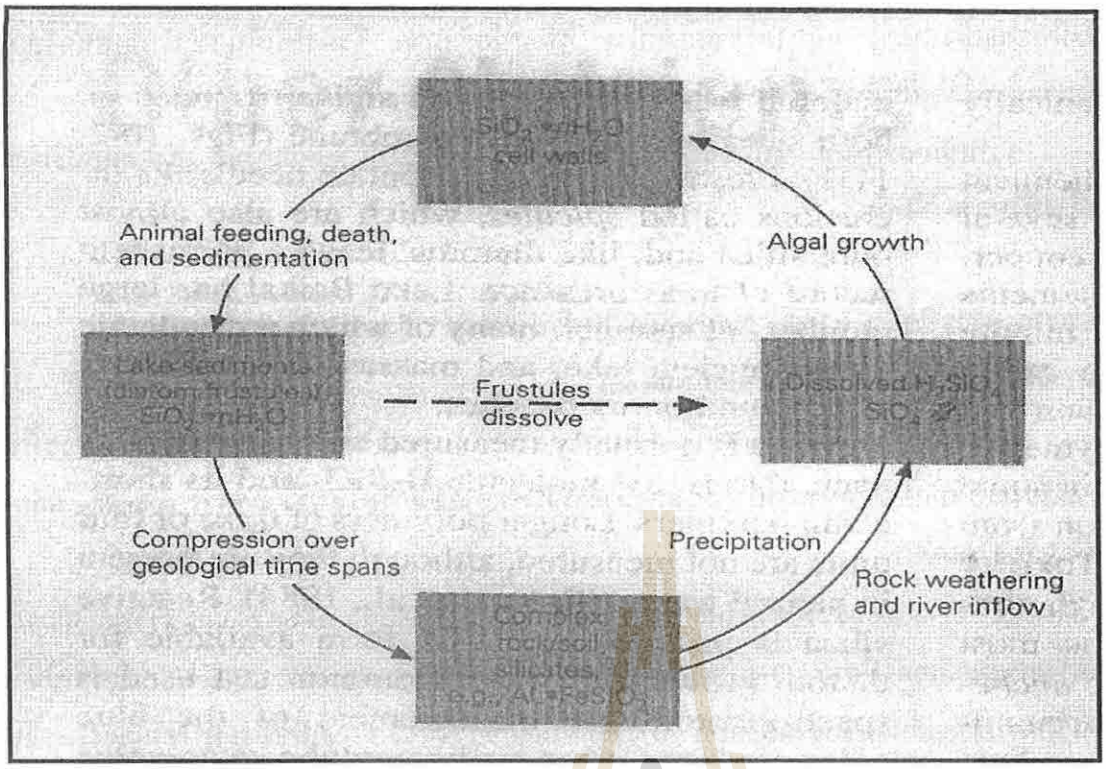
วัฏจักรซิลิกา (Silica Cycle)

วัฏจักรซิลิกาเป็นวัฏจักรที่แตกต่างจากวัฏจักรไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก และสารอาหารตัวอื่น ซิลิกาในแม่น้ำมีแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง คือ การไหลเข้าจากภายนอกและพบต่ำกว่า photic zone บางครั้งอาจถูกปล่อยมาจากตะกอนในสภาพไม่มีอากาศ ซึ่งไดอะตอมสามารถปล่อยซิลิกาได้ 15 % โดยทั่วไปเชื่อว่าซิลิกามักไม่มีความสำคัญในแม่น้ำ

ความเข้มข้นของซิลิกาในแม่น้ำโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 13 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ในทะเลสาบมีค่าตั้งแต่ 0.5-60 มิลลิกรัมต่อลิตร ซิลิกาบรรจุอยู่ในหินประมาณ 70 % การเกิดฝน น้ำพุ และการชะล้างในดินทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มาก นำไปสู่การพุพังของหินและมีการปลดปล่อย SiO_2 ออกมา(รูปที่ 8.6)

ซิลิกาที่อยู่ในทะเลสาบมีหลายรูป แต่ส่วนมากจะอยู่ในรูปกรดซิลิกิก (Silicic acid : H_2SiO_4) ซึ่งสาหร่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ซิลิกายังมีรูปอื่น เช่น colloidal silica และ clays ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี คือสามารถดูดซับฟอสเฟตและแอมโมเนียได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่8.6: วัฏจักรซิลิกา

ที่มา: (Horne and Goldman, 1994)

8.5.2 กำมะถัน (Sulfur)

กำมะถันมีความสำคัญในโครงสร้างโปรตีน ซัลเฟอร์อนินทรีย์มีหลายรูป บางรูปเกิดจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและไฮโดรเจน เช่น ซัลไฟด์ (S^{2-}), ไธโอซัลเฟต ($S_2O_3^{2-}$) และซัลเฟต (SO_4^{2-})

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สามารถละลายในน้ำได้เหมือน S^{2-} ภายใต้สภาพกรดหรือเบส แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์มีความเป็นพิษ เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นสูง แต่สามารถตรวจสอบได้ด้วยกลิ่น ยกเว้นกรณีมีความเข้มข้นน้อย กลิ่นที่เกิดขึ้นเรียกว่า "กลิ่นแก๊สไข่เน่า" ซึ่งเกิดจากตะกอนในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนของทะเลสาบหรือพื้นที่ชุ่มน้ำ

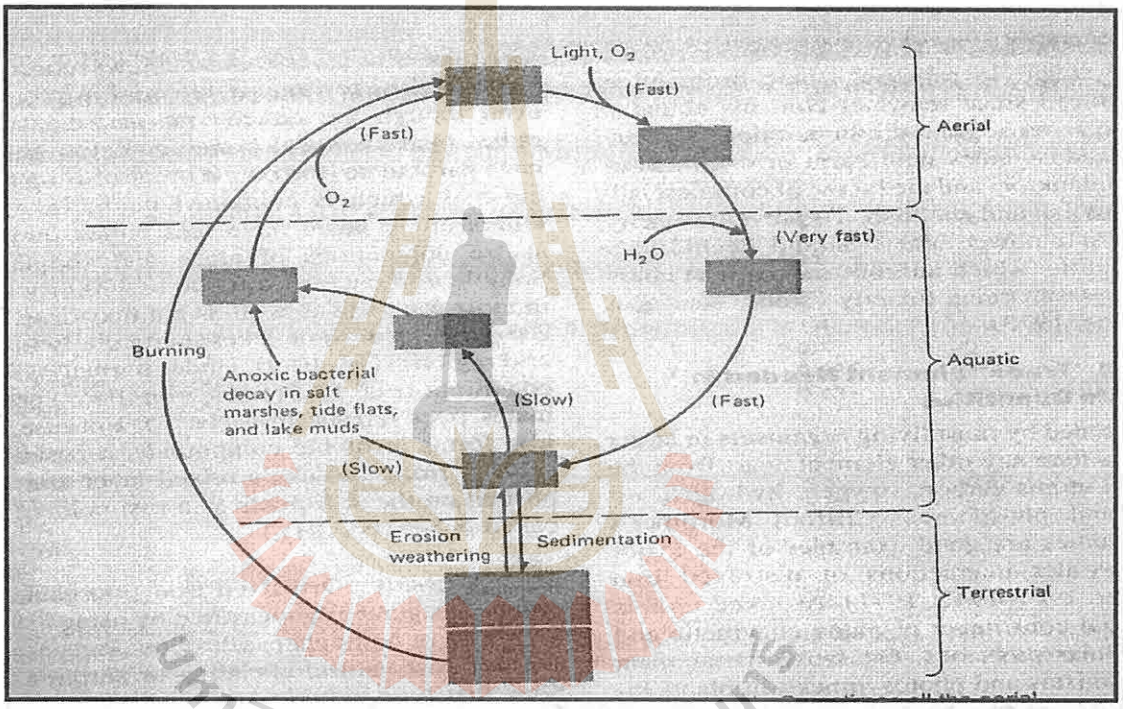
กำมะถันพบได้มากในโมเลกุลอินทรีย์และเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโนไดเมททิลซัลไฟด์ คือแก๊สที่ผลิตจากการบวนการเมทาบอลิซึมของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกำมะถันบนโลก

วัฏจักรกำมะถัน (Sulfur Cycle)

วัฏจักรกำมะถันมีความซับซ้อนมากกว่า วัฏจักรไนโตรเจน หรือวัฏจักรคาร์บอน วัฏจักรกำมะถันมีความสำคัญ เพราะปัญหาคุณภาพน้ำบางครั้งเกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนกำมะถัน

วัฏจักรกำมะถันถูกศึกษา เพราะกำมะถันมีปฏิสัมพันธ์กับสารอาหารตัวอื่น วัฏจักรกำมะถันในแหล่งน้ำมีความสำคัญทางอ้อมกับผลผลิตทางระบบนิเวศ เพราะผู้ผลิตขั้นต้นต้องการกำมะถันในปริมาณต่ำ แต่มีความสามารถในการนำไปใช้ได้สูง(รูปที่ 8.7)

การทำอุตสาหกรรมคือสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อวัฏจักรกำมะถัน เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง แต่แหล่งหลักของซัลเฟอร์ในแหล่งน้ำมาจากอ่างเก็บน้ำ ส่วนปัญหามลพิษทางอากาศเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นำไปสู่การเกิดกรดซัลฟูริก และเป็นสาเหตุหลักของการเกิดฝนกรด



รูปที่ 8.7 : แสดงวัฏจักรกำมะถันในน้ำ พื้นดิน และในอากาศ

ที่มา: (Horne and Goldman, 1994)

8.5.3 เหล็ก (Iron)

เหล็ก เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อโมเลกุลของสิ่งมีชีวิต เป็นส่วนประกอบของการส่งผ่านอิเล็กตรอนในโปรตีน ฮีโมโกลบิน เอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และโปรตีนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และมีความสำคัญกับกระบวนการเมทาบอลิซึมอื่นๆ ความต้องการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เหล็กมีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยกับไนโตรเจน คาร์บอน และฟอสฟอรัส เพราะเหล็กทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์ในปฏิกิริยาเหล่านี้

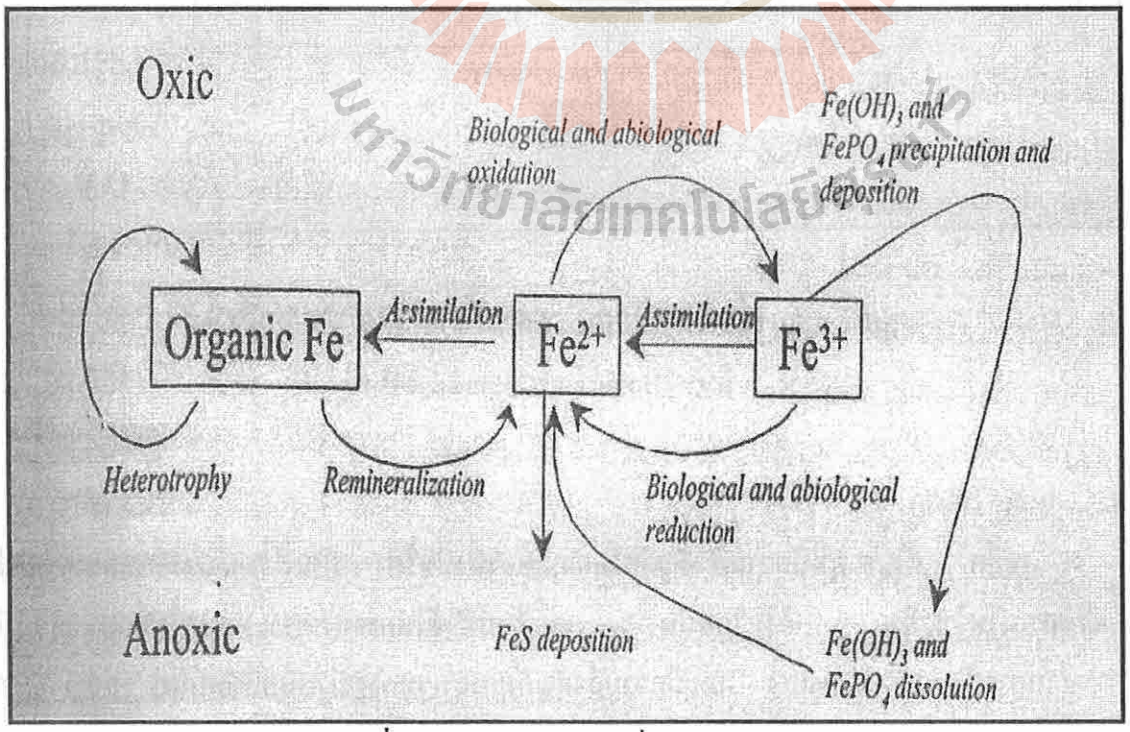
เหล็กเกิดจากไอออนที่ละลายมีหลายรูป ภายใต้สภาวะมีออกซิเจนเหล็กอยู่ในรูปของเฟอร์ริก (Fe^{3+}) แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยเหล็กจะอยู่ในรูปเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ออกซิเจนสามารถเปลี่ยนเฟอร์รัสไปเป็นเฟอร์ริกได้ เฟอร์ริกทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลไอออนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนเกิด เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ($Fe(OH)_3$) ซึ่งมี pH เกือบเป็นกลาง

ทะเลสาบโดยทั่วไปจะมีอนุภาคของเหล็กอยู่ประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบ สำหรับทะเลสาบที่มีสารอาหารน้อยจะมีปริมาณเหล็กน้อยด้วย

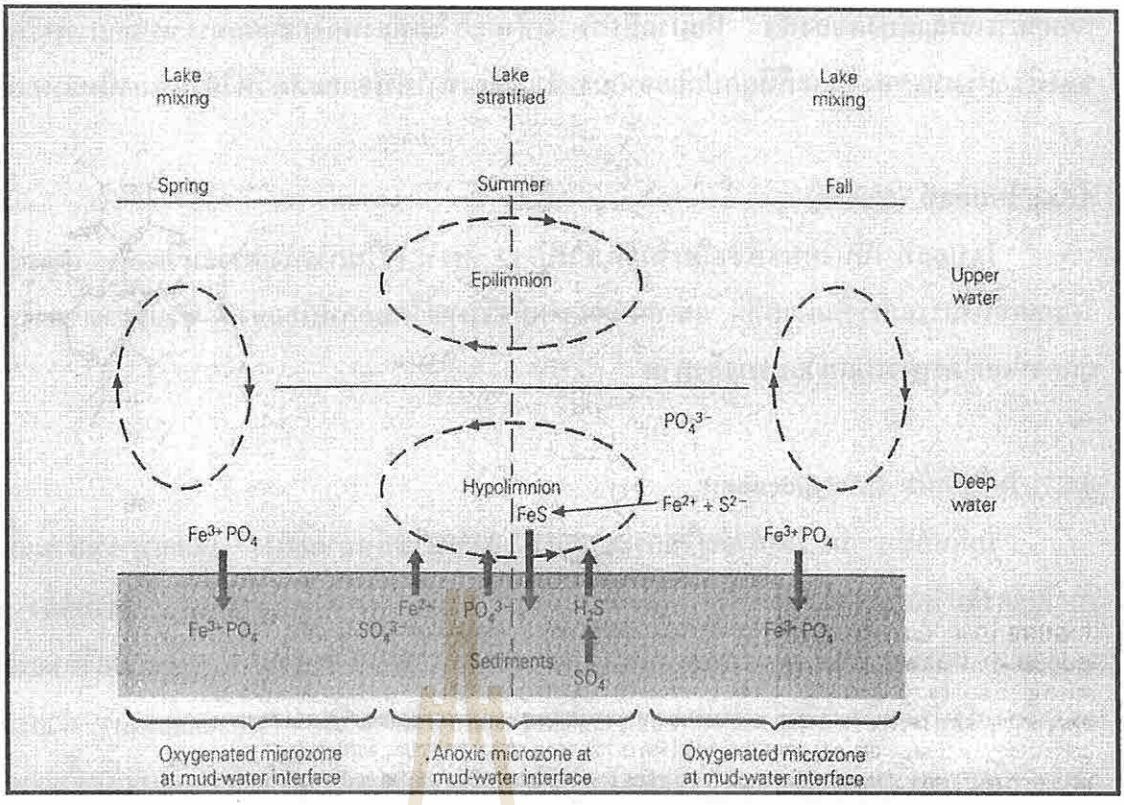
วัฏจักรเหล็ก (Iron cycle)

การสูญเสียเฟอร์ริกในแหล่งน้ำที่มีออกซิเจน ทำให้เกิดการตกตะกอนของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ($Fe(OH)_3$) ไอออนของฟอสเฟตจะถูกดูดเข้าไปในไฮดรอกไซด์ ในทะเลสาบเขตอบอุ่นและขั้วโลกฟอสฟอรัสจะเป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของพืช หลักการนี้เองนำไปใช้ในการบำบัดน้ำในทะเลสาบที่มีสารอาหารมาก ซึ่งฟอสเฟตสามารถเคลื่อนย้ายโดยการตกตะกอนร่วมกับโลหะ ในทะเลสาบเขตกึ่งทะเลทราย ปริมาณของฟอสเฟตมีเพียงพอสำหรับการตกตะกอนร่วมกับเหล็กละลาย และการละลายของเหล็กจะเป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของพืช(รูปที่ 8.8 และ 8.9)

วัฏจักรของเหล็กเกิดขึ้นเมื่อเฟอร์ริกตกอยู่ร่วมกับตะกอน จากกระบวนการนี้ทำให้แร่เหล็กเหล่านี้นอนอยู่ก้นของทะเล หากตะกอนในทะเลสาบอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนจะทำให้เกิดไอออนของเฟอร์รัสเกิดขึ้น



รูปที่ 8.8 : วัฏจักรเหล็ก ที่มา: (Dodd, 2002)



รูปที่8.9 : ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเหล็ก ซัลเฟอร์ และฟอสฟอรัสในทะเลสาบประเภท Eutrophic

ที่มา: (Horne and Goldman, 1994)

8.5.4. แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีสมีความสำคัญต่อพืชในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (ระบบ Photosystem II) สัตว์และพืชต้องการแมงกานีสเป็นโคเฟคเตอร์ในการทำงานของเอนไซม์หลายอย่าง นอกจากนี้ แมงกานีสยังมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ และเมทาบอลิซึมของไนโตรเจน ความเป็นพิษของแมงกานีสส่วนใหญ่เกิดจากของเสียจากการทำเหมือง

ผลของแมงกานีสต่อสาหร่ายในแหล่งน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำ Russian ซึ่งมีปัญหาการบลูมของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่ในบางครั้งการบลูมดังกล่าวถูกยับยั้งโดยแมงกานีส แต่โดยทั่วไปแล้วแมงกานีสจะมีบทบาทน้อยในการควบคุมการเจริญเติบโตของประชากรสาหร่าย

8.5.5. สังกะสี (Zinc)

หน้าที่ของสังกะสี คือเป็นตัวกระตุ้นในปฏิกิริยาของเอนไซม์บางชนิด และเป็นโคเฟคเตอร์กับเอนไซม์ carbonic anhydrase เอนไซม์นี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของคาร์บอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สังกะสีสามารถแพร่กระจายได้ เช่น ตามท่อน้ำ รางน้ำ และท่อระบายน้ำ เป็นต้น สังกะสีมี

ผลต่อการเจริญเติบโตของพืช คือหากมีปริมาณสังกะสีไม่เพียงพอจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณของสังกะสีที่ถูกปล่อยจากการทำเหมืองทำให้พืชและสัตว์ที่ได้รับตายเป็นจำนวนมาก

8.5.6. โคบอลท์ (Cobalt)

โคบอลท์ เป็นโลหะที่จำเป็นในวิตามินบี 12 เพราะใช้ในการสังเคราะห์วิตามิน บางทะเลสาบโคบอลท์สามารถกระตุ้นผลผลิต แต่ทุกทะเลสาบมีปริมาณโคบอลท์น้อยมาก ซึ่งปริมาณของโคบอลท์ถูกควบคุมโดยการหมุนเวียนทางชีวภาพ

8.5.7. โมลิบดีนัม (Molypdenum)

โมลิบดีนัม มีความสำคัญในกระบวนการของเอนไซม์หลายอย่าง โดยเฉพาะมีส่วนเกี่ยวข้องกับวัฏจักรไนโตรเจน โมลิบดีนัมเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของศูนย์กลางของการทำงานของ nitrate reductase และเอนไซม์ nitrogenase การขาดแคนโมลิบดีนัมไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ดังนั้นโมลิบดีนัมจึงเป็นสารอาหารที่ต้องการในปริมาณน้อย (Micronutrient) ตัวแรกที่เป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแหล่งน้ำ โดยปริมาณโมลิบดีนัมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มี Trophic level เพิ่มขึ้น

8.5.8. คอปเปอร์ (Copper)

ในแพลงก์ตอนพืชคอปเปอร์เป็นองค์ประกอบของ metalloprotein และสามารถเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ การทำงานของเอนไซม์ในการเคลื่อนย้ายไนเตรทต้องการคอปเปอร์ คอปเปอร์เป็นโลหะที่ขาดแคลนอีกตัวหนึ่งที่พบในทะเลสาบ

ความเป็นพิษของคอปเปอร์จะส่งผลต่อสาหร่ายเป็นหลัก โดยรบกวนการทำงานของเอนไซม์ที่อยู่ในเซลล์เมมเบรน ซึ่งความเป็นพิษส่วนมากจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในระดับการกินที่ต่ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ คอปเปอร์ขนาด 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร สามารถฆ่าสาหร่ายในน้ำได้ และหากมีปริมาณ 5-10 ไมโครกรัมต่อลิตร จะส่งผลกระทบต่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่ปลาจะไม่ได้รับผลกระทบแม้จะมีปริมาณคอปเปอร์ 100-500 ไมโครกรัมต่อลิตร

การสูญเสียคอปเปอร์เกี่ยวกับ pH ที่ระดับ pH 6-8.5 คอปเปอร์จะตกตะกอน เกิดเป็น $CuCO_3.Cu\,[OH]_2$ นอกจากนี้อาจสูญเสียคอปเปอร์ได้โดย การที่คอปเปอร์มีความสามารถในการดูดซับกับอินทรีย์วัตถุ ดังนั้นจึงเป็นอีกทางหนึ่งของการสูญเสียคอปเปอร์

บทที่ 9 ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

9.1 ความหมายของยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) คือ ระบบนิเวศที่มีผลผลิตมากเกินไป เนื่องจากมีปริมาณสารอาหารมาก และสารอาหารดังกล่าวไปกระตุ้นผู้ผลิตปฐมภูมิให้เพิ่มจำนวนมากขึ้น สารอาหารที่เข้าไปสามารถเข้าไปเกิดได้ทั้งจากกิจกรรมของมนุษย์ (Cultural eutrophication) และจากธรรมชาติ โดยทั่วไปสามารถจัดสถานะของสารอาหารได้ 5 ประเภท (จากปริมาณสารอาหารน้อยที่สุดไปสารอาหารมากที่สุด) คือ

- Ultra-oligotrophic
- Oligotrophic
- Mesotrophic
- Eutrophic
- Hypertrophic

โดยทั่วไป trophic แปลว่า อาหาร ส่วน Oligo แปลว่า น้อย ส่วน eutrophic แปลว่า สารอาหารมาก

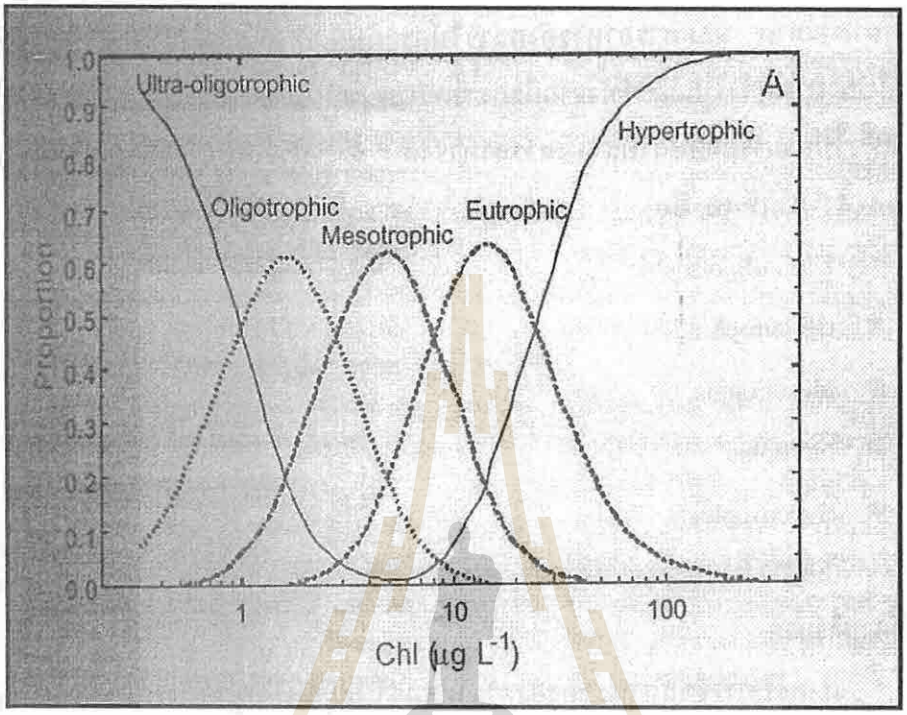
สำหรับการจัดสถานะของอาหารโดยทั่วไปอยู่บนพื้นฐานความสะอาดของน้ำ ชีวมวลของแพลงก์ตอนพืช และความเข้มข้นของสารอาหาร (ซึ่งการวัดผลผลิตทำได้ยาก และใช้น้อยในการจำแนก) โดยทั่วไปแล้วทะเลสาบที่มีลักษณะ Oligotrophic จะมีชีวมวลของสาหร่ายต่ำ ผลผลิตของสาหร่ายต่ำ สารอาหารน้อย น้ำมีความสะอาดและแสงแดดสามารถส่องไปได้ลึก ส่วนทะเลสาบที่มีลักษณะเป็น Eutrophic จะมีการบลูมของไซยาโนแบคทีเรีย สารอาหารทั้งหมดมีปริมาณมาก และมีความแปรปรวนของออกซิเจนมาก บ่อยครั้งเป็นสาเหตุการตายของปลา การจัดสถานะของอาหารที่นิยมจะใช้ความเข้มข้นของแพลงก์ตอนพืชเป็นหลัก แต่ในทะเลสาบที่ตื้นและเกิดกระบวนการยูโทรฟิเคชันพบว่า จะมีปริมาณประชากรของพืชขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก

การระบุประเภทของระดับอาหารในทะเลสาบไม่ใช่เรื่องง่าย เช่น ทะเลสาบที่มีปริมาณฟอสฟอรัสมาก ซึ่งสามารถจัดให้อยู่ประเภท Eutrophic แต่แสงแดดที่ส่องผ่านลงไป ทำให้สารแขวนลอยสามารถตกตะกอน ซึ่งช่วยในการรักษาระดับของคลอโรฟิลล์ เมื่อพิจารณาจุดนี้พบว่าทะเลสาบแห่งนี้อยู่ในประเภท Mesotrophic

สำหรับการจัดจำแนกระดับอาหารของลำธาร อาศัยพื้นฐานการแขวนลอยของสาหร่ายร่วมกับชีวมวลของสาหร่าย หรือสารอาหาร

เมื่อเร็วๆ นี้ การจัดจำแนกประเภทของอาหารของลำธารเขตอบอุ่นได้เสนอว่า ให้พิจารณาจากโอกาสการกระจายของคลอโรฟิลล์และสารอาหาร จากระบบนี้เองสามารถแบ่งลำธารออกได้ 3

ประเภท คือ ลำธารที่มีสารอาหารน้อยมาก Oligotrophic มีระดับสารอาหารปานกลาง Mesotrophic และลำธารที่มีสารอาหารหรือคลอโรฟิลล์อยู่ด้านบนมาก Eutrophic แต่ข้อจำกัดของวิธีคือ วิธีดังกล่าวนี้ไม่สามารถใช้อธิบายลำธารที่มีพืชขนาดใหญ่เป็นพืชเด่นได้ (รูปที่ 9.1)



รูปที่ 9.1 : ระบบการจัดจำแนกระดับสารอาหาร

ที่มา: Dodds (2002)

9.2 การเกิดยูโทรฟิเคชันจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ (Natural and Cultural Processes of Eutrophication)

การเกิดยูโทรฟิเคชันจากธรรมชาติ (Natural Eutrophication) สามารถเกิดได้เนื่องจากการทำลายพื้นที่รับน้ำ หรือลุ่มน้ำ อย่างเช่นของทะเลสาบ Spirit ที่ถูกเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการการระเบิดของภูเขาไฟ Mount St. Helens การระเบิดดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 10 เมกะตันของระเบิดนิวเคลียร์ ส่งผลให้อุณหภูมิในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นจาก 10 °C ไปเป็น 30 °C นอกจากนี้ผลจากการระเบิดยังทำให้เกิดการตื้นเขินของทะเลสาบ เกิดการเพิ่มปริมาณของพืชขนาดใหญ่ แต่การเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวค่อนข้างหาได้ยาก

การเกิดยูโทรฟิเคชันจากกิจกรรมของมนุษย์ (Cultural Eutrophication) สามารถพบได้ทั่วไปในสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่นๆ กระบวนการดังกล่าวสามารถเกิดได้อย่างรวดเร็ว และเป็นเรื่องยากในการทำให้แหล่งน้ำกลับสู่สภาพเดิม ตัวอย่างของกิจกรรม เช่น การใช้ปุ๋ยสำหรับการทำการเกษตร การปศุสัตว์ การทำลายพื้นที่รับน้ำ การทำลายป่าไม้ การปล่อยของเสียประเภทสารอาหารลงสู่แหล่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

น้ำ และการสร้างถนน ที่เป็นการเพิ่มการชะล้างพังทลายและทำให้แม่น้ำตื้นเขิน ตัวอย่างของการเกิดยูโทรฟิเคชันที่มีสาเหตุมาจากการทำลายพื้นที่รับน้ำ และการก่อสร้างถนน เช่น Via Cassia ใน Romans ส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันที่มีสาเหตุมาจากการทำการเกษตร เช่น ของ Mexico

สำหรับการควบคุมยูโทรฟิเคชันต้องมีการลงทุน โดยนโยบายที่ใช้ต้องมีความเกี่ยวพันธ์กับการควบคุมปริมาณของฟอสฟอรัสด้วย

9.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหาร ความสะอาดของน้ำ และแพลงก์ตอนพืช กับการจัดการยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบ (Relatiionships among nutrients, water clarity and phytoplankton : Managing Eutrophication in Lake)

การปรับปรุง แก้ไข แหล่งน้ำที่เกิดยูโทรฟิเคชันประกอบด้วย 8 ส่วน คือ

- การระบุปัญหาของทะเลสาบ และกำหนดการใช้ประโยชน์พื้นที่ เพื่อให้ทะเลสาบเหล่านี้มีสภาพอย่างที่ต้องการ
- ระบุลักษณะของระบบ รวมทั้งรูปร่างของทะเลสาบ การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำ การโหลดของสารอาหาร ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำ และอัตราการตกตะกอน
- ระบุยุทธศาสตร์ที่มีความยืดหยุ่นสำหรับการควบคุมสารอาหาร โดยพิจารณาจากประเภทของแหล่งกำเนิด
- ระบุโครงการที่มีอิทธิพลต่อการจัดการความเข้มข้นของสารอาหาร
- ทำนายปริมาณของคลอโรฟิลล์และสารอาหารที่ลดลง
- ประเมินศักยภาพผลที่เกิดจากการลดลงของคลอโรฟิลล์
- ประเมินราคาของโครงการในการควบคุมสารอาหาร รวมทั้งทำนายประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
- สานต่อยุทธศาสตร์และติดตามตรวจสอบระบบอย่างต่อเนื่อง

สำหรับสมการที่ใช้คือ สมการของฟอสฟอรัส ภายใต้สมมติฐานว่าฟอสฟอรัสเป็นตัวควบคุมผลผลิตปฐมภูมิ อย่างไรก็ตามในทะเลสาบเขตร้อนจะใช้สมการของไนโตรเจน และมีการประเมินทางชีวภาพร่วมด้วย

External loading (การเติมสารอาหารจากภายนอกระบบ) เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากในการควบคุมการเกิดยูโทรฟิเคชัน ในการคำนวณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและมวลชีวภาพ สามารถคำนวณหาได้จากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมด ดังสมการ

$$TP = L / \{\bar{z}(\rho + \sigma)\}$$

กำหนดให้ TP = ฟอสฟอรัสทั้งหมด ($mg\ m^{-3}$)

L = โหลดของฟอสฟอรัส ($mg\ m^{-2}\ year^{-1}$)

$\bar{z}$ = ความลึกเฉลี่ย (m)

ρ = อัตรา flushing ต่อปี

σ = อัตราตกตะกอนต่อปี

สมการดังกล่าวข้างต้นสามารถคำนวณได้ง่ายๆ โดยคำนวณแหล่งกำเนิดและการสูญเสียของฟอสฟอรัส การสูญเสียเกิดจากการถูกชะล้าง มีสมมติฐานคือ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีค่าคงที่ แหล่งน้ำมีการผสมกันอย่างสมบูรณ์ ตะกอนมีค่าคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในการโหลดและการโหลดของฟอสฟอรัสจากภายในถูกจำกัด ซึ่งสมการดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ในการประมาณหาค่าไนโตรเจนทั้งหมด โดยค่า L สามารถหาได้จากการตรวจวัดฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เข้าสู่แหล่งน้ำ (ไม่รวมแหล่งที่มาจากบรรยากาศและน้ำใต้ดิน) ปริมาณสารอาหารที่เข้าสู่แหล่งน้ำจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการหาค่าความลึกเฉลี่ยและ flushing rate จะใช้แผนที่รูปร่างลักษณะของทะเลสาบและวัดจากแหล่งน้ำด้วย อัตราตะกอนขึ้นอยู่กับการรับเข้า ความลึกของ Epilimnion และรูปของฟอสฟอรัส ในการตรวจวัดอัตราตะกอนสามารถประมาณได้จากการสูญเสียฟอสฟอรัสในโซน Epilimnion

หลังจากคำนวณค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการคำนวณหาค่าคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$Log_{10} chla = 1.46\ log_{10} TP - 1.09,\ r^2 = 0.90$$

กำหนดให้ chla = ค่าเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ในช่วงฤดูร้อน ($mg\ m^{-3}$)

TP = ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมดในช่วงฤดูร้อน ($mg\ m^{-3}$)

r^2 = สัดส่วนของความแปรปรวนซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้ความสัมพันธ์

หากนำค่าของคลอโรฟิลล์และฟอสฟอรัสทั้งหมดไป plot จะได้อัตราส่วนของ TN : TP หากสัดส่วนของคลอโรฟิลล์ต่อฟอสฟอรัสมีค่าต่ำ แสดงว่ามีปริมาณของไนโตรเจนต่ำ ส่วนสมการที่มีความสัมพันธ์กับชีวมวล สามารถแสดงได้ดังสมการข้างล่าง ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$\log_{10} \text{chla} = 0.640 \log_{10} \text{TP} + 0.587 \log_{10} \text{TN} - 0.753 , R^2 = 0.75$$

สมการนี้นิยมใช้กับแหล่งน้ำที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง แต่อาจไม่เหมาะสมกับทะเลสาบหรือแหล่งน้ำในเขตร้อน

ผลที่เกิดจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันไม่ได้แย่ทั้งหมด เพราะพบว่าในทะเลสาบที่เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวจะมีปริมาณชีวมวลของปลาสูง บางทะเลสาบปุ๋ยที่เข้าไปสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตปลา นอกจากนี้ทะเลสาบที่เกิดยูโทรฟิเคชันยังสามารถต้านทานน้ำฝนที่มีสภาพเป็นกรด เนื่องจากกิจกรรมเมทาบอลิซึมและการสังเคราะห์ด้วยแสงมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ โดยทำให้ค่า pH สูงขึ้น

9.4 การปรับปรุง แก้ไขทะเลสาบที่เกิดยูโทรฟิเคชัน (Mitigating Lake Eutrophication)

การจัดการยูโทรฟิเคชัน สามารถทำได้โดยการควบคุมแหล่งปล่อยสารอาหาร (จัดการที่สาเหตุ) หรือการบำบัดในทะเลสาบ ประเภทแหล่งปล่อยสารอาหารสามารถแบ่งออกได้ 2 แหล่ง แหล่งคือ แหล่งที่ทราบจุดกำเนิดที่แน่นอน (point source) เช่น การปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม บ่อเกรอะ และของเสียจากการทำปศุสัตว์ เป็นต้น ส่วนอีกแหล่งคือ จากแหล่งที่ไม่ทราบจุดกำเนิดที่แน่นอน (non-point source) หรือแหล่งกำเนิดแบบกระจาย เช่น จากการทำการเกษตร จากพายุที่พัดผ่านเมือง การทำลายพื้นที่รับน้ำ การทำสนามกอล์ฟ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และจากบรรยากาศ เป็นต้น ซึ่งสารอาหารที่มาจากแหล่งกำเนิดที่แน่นอนสามารถการควบคุมได้ง่ายกว่าแหล่งกำเนิดแบบกระจาย

ส่วนสารอาหารที่ไม่มีแหล่งกำเนิดที่แน่นอน ค่อนข้างยากในการตรวจสอบและควบคุม 50% ของการเพิ่มขึ้นในการทำการเกษตรและการเกิดเมือง ทำให้มีปริมาณการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนถึงสองเท่า

Geographic Information System (GIS) เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการดูรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดยูโทรฟิเคชัน ระบบ GIS ประกอบด้วยชั้นของแผนที่ที่มีการอธิบายที่แตกต่างกัน สามารถแสดงผลออกมาในเชิงพื้นที่

9.5 การควบคุมแหล่งกำเนิดสารอาหาร (Control of Nutrient Source)

อย่างที่ได้กล่าวในตอนต้นแล้วว่า การควบคุมแหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถระบุแหล่งกำเนิดที่แน่นอนหรือแหล่งกำเนิดแบบกระจายเป็นเรื่องที่ยากมาก แหล่งกำเนิดประเภทดังกล่าวส่วนใหญ่มาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร การควบคุมสามารถทำได้โดยการควบคุมปริมาณของปุ๋ย การควบคุมการชะล้าง การทำปศุสัตว์ให้ห่างจากแหล่งน้ำ และการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น

ส่วนการควบคุมแหล่งกำเนิดที่ทราบจุดปล่อยแน่นอนสามารถทำได้ง่ายกว่า และใช้เงินในการลงทุนน้อยกว่า เช่น การเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัส ที่ใช้วิธีการบำบัดทางเคมีโดยใช้ Fe^{3+} เข้าไปช่วย

ตกตะกอนของฟอสฟอรัส วิธีนี้ทำให้น้ำที่ถูกปล่อยออกมีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสลดลง 0.2 - 1 mg P $liter^{-1}$ นอกจากนี้ยังมีวิธีการลด ณ แหล่งกำเนิด เช่น การต่อต้านกิจกรรมที่มีการใช้ฟอสเฟตมาก

ไนโตรเจนสามารถถูกเคลื่อนย้ายโดย การเปลี่ยนจากอะลูมิเนียมให้อยู่ในรูปแก๊สแอมโมเนียโดยการเพิ่มค่า pH นอกจากนี้ยังมีการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเข้ามาช่วยในการเคลื่อนย้ายไนโตรเจน

การเคลื่อนย้ายไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อาจจะไม่ใช่การแก้ปัญหาของการเกิดยูโทรฟิเคชันเพราะไซยาโนแบคทีเรียหลายชนิดสามารถใช้ประโยชน์ไนโตรเจนในรูปของแก๊สไนโตรเจน ทำให้การบลูมที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากไนเตรทหรือแอมโมเนียม

9.6 การบำบัดในทะเลสาบ (Treatment in the Lake)

การแก้ปัญหาทะเลสาบที่เกิดยูโทรฟิเคชันคือ การบำบัด ซึ่งทำได้ยากในกรณีของ Hypolimnion เนื่องจากการขาดแคลนออกซิเจน เพราะเขตนี้ฟอสเฟตที่จับกับ Fe^{3+} จะถูกปล่อยออกมาจากตะกอน ทำให้มีอัตราการโหลดภายในเพิ่มขึ้น วิธีการจัดการกับเขตนี้คือ การเพิ่มออกซิเจนเข้าไป เรียกว่า **Hypolimnetic aeration** ซึ่งต้องใช้พลังงานจำนวนมากโดยการเติมอากาศเหมาะกับเมืองที่มีแหล่งน้ำตื้น

การที่น้ำไม่แบ่งชั้นจะเป็นผลดีในการเก็บรักษาฟอสเฟตให้อยู่ในตะกอน และยังช่วยยับยั้งการรบกวนจากไซยาโนแบคทีเรีย เนื่องจากเป็นการเพิ่มความลึกในการผสมกันมากขึ้น ซึ่งการผสมกันดังกล่าวจะช่วยในการคัดเลือกชนิดของสิ่งมีชีวิต ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมคือสาหร่ายสีเขียวและไดอะตอม (มากกว่าไซยาโนแบคทีเรีย)

การควบคุมสาหร่ายวิธีที่ถูกใช้อย่างกว้างขวาง คือ การใช้คอปเปอร์ โดยคอปเปอร์จะเป็นพิษต่อไซยาโนแบคทีเรีย และยังมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายสาหร่าย ในน้ำกระด้างคอปเปอร์สามารถตกตะกอนเป็นคอปเปอร์คาร์บอเนต แต่ถ้าค่า pH เป็นกรด คอปเปอร์ที่ปนเปื้อนอยู่กับตะกอนสามารถเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (พวก crustaceans) นอกจากนี้คอปเปอร์ยังสามารถหยุดเซลล์ของไซยาโนแบคทีเรีย ดังนั้นจะเห็นว่าการบำบัดด้วยคอปเปอร์อาจทำให้เกิดปัญหามากกว่าการได้ประโยชน์

เมื่อเร็วๆ นี้มีการใช้ฟาง เพื่อควบคุมการบลูมของแพลงก์ตอนพืช และเมื่อนำไปใช้กับไซยาโนแบคทีเรีย พบว่าได้ประสิทธิภาพดี นอกจากนี้ยังลดปัญหาทางด้านรสและกลิ่นในน้ำดื่มด้วย

9.7 การเคลื่อนย้ายพืชขนาดใหญ่ (Macrophyte Removal)

ลักษณะของยูโทรฟิเคชันที่เกิดในแหล่งน้ำตื้น คือ การเพิ่มจำนวนของพืชขนาดใหญ่อย่างมาก การเจริญของพืชบางชนิดเป็นเรื่องดีในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากพืชเหล่านี้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอื่น (เช่น ปลา เป็นต้น) นอกจากนี้พืชเหล่านี้ยังช่วยป้องกันตะกอนเข้าสู่แหล่งน้ำ แต่

ปัญหาที่พบจากพืชเหล่านี้ เช่น ขวางทางการไหลของน้ำ ซึ่งทำให้เกิดสภาพออกซิเจนต่ำ และเกิดปัญหากลิ่นและรส ดังนั้นจึงต้องมีการเคลื่อนย้ายพืชเหล่านี้ออกจากแหล่งน้ำ โดยวิธีการดังนี้

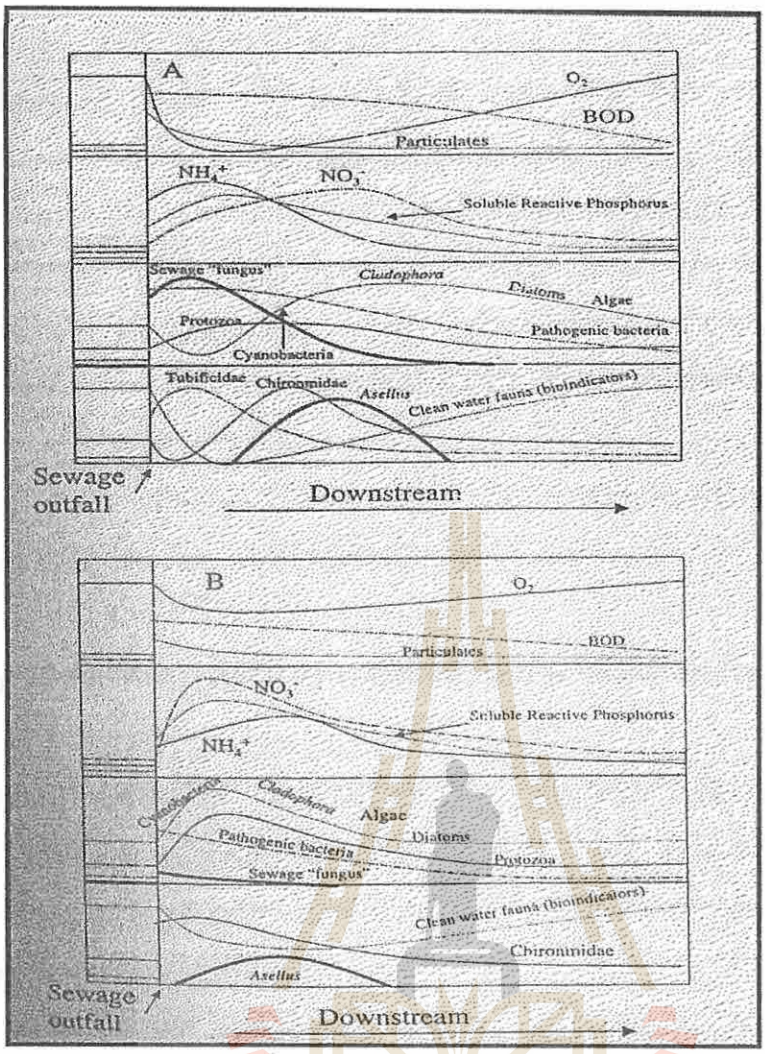
วิธีการควบคุมทางกายภาพ เช่น การเก็บเกี่ยวโดยตรง การปูด้วยพลาสติก การเพิ่มพื้นที่ร่มเงา และการเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำ เป็นต้น

วิธีการควบคุมทางเคมี สำหรับวิธีนี้ประยุกต์มาจากการใช้ยากำจัดวัชพืช แต่การใช้ยากำจัดวัชพืชจะต้องพิจารณาคุณสมบัติให้ละเอียด เช่น ช่วงเวลาที่อยู่ในน้ำ ความเป็นพิษกับพืชที่เป็นเป้าหมาย และต้องไม่เกิดการสะสมในห่วงโซ่อาหาร โดยทั่วไปแล้วการควบคุมทางกายภาพจะแพงกว่าทางเคมี

วิธีการควบคุมทางชีวภาพ ประกอบด้วยการใช้ fungi แมลง และปลาที่กินพืชเป็นอาหาร การใช้วิธีนี้มีสิ่งที่ต้องพึงตระหนัก เช่น ชนิดพันธุ์ที่นำเข้า เพราะบางชนิดอาจเกิดปัญหาในภายหลัง

9.8 การจัดการยูโทรฟิเคชันในลำธารและพื้นที่ชุ่มน้ำ (Managing Eutrophication in Streams and Wetlands)

ผลกระทบที่เกิดจากการเกิดยูโทรฟิเคชันในลำธาร ประกอบด้วย สาหร่ายเจริญเติบโตมากเกินไปส่งผลต่อห่วงโซ่อาหาร ปัญหาด้านรสและกลิ่น ปริมาณออกซิเจนต่ำ ค่า pH มีค่าสูง ขัดขวางการไหลของน้ำ และปัญหาในเรื่องโครงสร้างของชุมชนพืชขนาดใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยน้ำที่ไหลออกจากลำธารท้ายที่สุดแล้วจะไหลลงสู่ปากแม่น้ำและทะเล จึงทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันตามพื้นที่ดังกล่าวด้วย การจัดการ เช่น แหล่งกำเนิดต้องมีกระบวนการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ อย่างเช่นกรณีของโสโครกจากโรงงาน ซึ่งการบำบัดใช้หลักการการเคลื่อนย้ายไนโตรเจน กระบวนการบำบัดในอดีตจะปล่อยออกมาในรูปแอมโมเนียม ซึ่งรูปดังกล่าวเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจึงได้มีการพัฒนากระบวนการบำบัดคือ การเปลี่ยนแอมโมเนียมให้อยู่ในรูปไนเตรต (nitrification) ผลที่เกิดขึ้นจากการบำบัดวิธีนี้คือ ส่วนท้ายของลำธารมีความแตกต่างรูปแบบทั้งทางชีวภาพและเคมี (รูปที่ 9.2) สำหรับกระบวนการบำบัดที่นิยมใช้คือ การเคลื่อนย้ายไนโตรเจนโดยกระบวนการ denitrification ส่วนยูโทรฟิเคชันในพื้นที่ชุ่มน้ำนั้นได้รับความสนใจน้อย



(Dodds,W.K , 2002)

รูปที่ 9.2 : พารามิเตอร์ทางเคมีและทางชีวภาพบริเวณท้ายน้ำ ภาพ A แทนน้ำทิ้งที่ปล่อยโดยไม่ได้บำบัด ภาพ B แทนน้ำทิ้งที่มีการบำบัดก่อนปล่อย

ที่มา : Dodds (2002)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9.9 ยูโทรฟิเคชันและพื้นที่ชุ่มน้ำ (Eutrophication and Wetlands)

พื้นที่ชุ่มน้ำคือส่วนหนึ่งของภูมิประเทศ ส่วนมากจะถูกละเลยในการศึกษา นอกจากกรณีเมื่อเกิดปัญหาขึ้น พื้นที่ชุ่มน้ำเป็นแหล่งที่เป็นประโยชน์ เช่น เป็นแหล่งสะสมสารอาหารและกักเก็บตะกอน

พื้นที่ชุ่มน้ำเสมือนแหล่งรองรับสารอาหาร (Wetlands as Nutrient Sinks)

ในระบบธรรมชาติ พื้นที่ชุ่มน้ำคือแหล่งหลักที่ได้รับอิทธิพลของสารอาหาร และตะกอน การเกิดน้ำท่วมเป็นเหตุการณ์หนึ่งที่ทำให้มีการเคลื่อนย้ายสารอาหารและตะกอนผ่านพื้นที่ชุ่มน้ำ

การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำ เช่น ใช้ในการเคลื่อนย้ายสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) และการบำบัดของเสีย เมื่อพื้นที่ชุ่มน้ำถูกสร้างขึ้น พื้นที่ดังกล่าวนี้จะมีความสามารถสูงมากในการเคลื่อนย้ายสารอาหาร โดยสารอาหารดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืชและสาหร่าย เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 เดือน การเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสจะลดลง แต่การเคลื่อนย้ายไนโตรเจนยังอยู่ในระดับปานกลาง เหตุผลที่ทำให้การเคลื่อนย้ายสารอาหารทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน เนื่องจากกระบวนการ denitrification จะทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนในรูปแก๊สไนโตรเจน แต่ระบบดังกล่าวจะอิ่มตัวสำหรับฟอสฟอรัส จึงทำให้มีการเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม บางครั้งฟอสฟอรัสก็สามารถถูกเคลื่อนย้ายได้อย่างต่อเนื่อง เพราะการตกตะกอนในพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งทำให้มีการสูญเสียฟอสฟอรัสจากน้ำที่เข้ามา

สิ่งที่น่าเป็นห่วงในการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเป็นแหล่งเคลื่อนย้ายสารอาหารคือ พื้นที่ชุ่มน้ำดังกล่าวอาจเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน เนื่องจากองค์ประกอบของสังคมพืชที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้อาจไม่ใช่ปัญหาในการสร้างพื้นที่ชุ่มน้ำ แต่การจัดการต้องมีการระมัดระวังอย่างสม่ำเสมอ (การนำเข้าสารอาหาร) เพื่อป้องกันการเกิดยูโทรฟิเคชันในพื้นที่ชุ่มน้ำเอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 10 ผลกระทบจากสารพิษและสารมลพิษอื่นๆ ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ

10.1 สารพิษ

สารจะถูกพิจารณาว่าเป็นพิษอย่างชัดเจน ก็ต่อเมื่อส่งผลกระทบอย่างเฉียบพลันต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยสารเหล่านี้สามารถฆ่าสิ่งมีชีวิตได้โดยตรงและใช้เวลาสั้น ความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) คือ ความเข้มข้นที่สูงของสารที่สามารถทำอันตรายหรือฆ่าสิ่งมีชีวิตได้ในเวลาที่รวดเร็ว สารพิษโดยทั่วไปจะทำอันตรายระบบนิเวศ ซึ่งจะลดความสามารถในการฟื้นฟูแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

สารพิษจะรวมทั้งสารที่เป็นโลหะหนัก (arsenic, cadmium และ mercury) ไซยาไนด์ กรด ด่าง แอมโมเนีย คลอรีน และยาฆ่าแมลง เป็นต้น สารเหล่านี้บางครั้งมีความเป็นพิษแบบเรื้อรัง (Chronic toxicity) โดยไม่ทำให้สิ่งมีชีวิตตาย แต่ส่งผลในระยะยาวต่อสิ่งมีชีวิต เช่น เปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต การผสมพันธ์ หรือการพัฒนาของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เป็นต้น

การติดตามสารพิษ สามารถทำได้โดยการติดตามสารแอมโมเนีย คลอรีน และยาฆ่าแมลง

แอมโมเนีย

แอมโมเนีย คือ หนึ่งในสารที่พบว่าเป็นสารมลพิษต่อแหล่งน้ำ สารนี้มีความเป็นพิษมากในธรรมชาติและสามารถกระจายไปสู่แหล่งน้ำผิวดินได้ เข้าสู่แหล่งน้ำผิวดินโดยการปล่อยของเสียจากอุตสาหกรรมและเทศบาล การไหลผ่านพื้นที่ทางการเกษตร ระบบบ่อเกรอะรั่ว การหกของของโสโครก การไหลผ่านพื้นที่เมือง และการหกจากอุบัติเหตุ

แอมโมเนียเป็นสารที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงมาก ใช้เป็นองค์ประกอบของปุ๋ย เมื่อแอมโมเนียรวมตัวกับน้ำ แอมโมเนียจะเพิ่มกำลังในการทำความสะอาดน้ำ จึงทำให้เป็นหนึ่งในสารที่ใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรมทางเคมี

ความเป็นพิษของแอมโมเนียขึ้นอยู่กับ pH และอุณหภูมิของน้ำ โดยหาก pH และอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความเป็นพิษของแอมโมเนียก็เพิ่มขึ้นด้วย

คลอรีน

คลอรีนที่พบในน้ำมาจากการใช้เพื่อฆ่าเชื้อโรคในกระบวนการบำบัดน้ำเสียชุมชน ใช้เป็นสารป้องกันการเน่าหรือการส่งกลิ่นเหม็นในระบบหล่อเย็น และพบในโรงงานทอผ้าและกระดาษโดยใช้เป็นสารฟอกสี

ปัจจุบันพบว่า คลอรีนมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงประชากรของปลาที่อาศัยอยู่ท้ายลำน้ำ เนื่องจากการปล่อยน้ำเสียของโรงงานบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ที่มีการเติมคลอรีนก่อนปล่อยน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขณะที่โรงงานบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กไม่เติมคลอรีน หลักฐานที่แสดงให้เห็นว่ามีการปล่อยคลอรีนออกมากับน้ำทิ้งคือ การฟอกสีของพืชน้ำในบริเวณที่มีการปล่อยน้ำทิ้ง เป็นต้น

คลอรีนอิสระที่เหลืออยู่สามารถวัดได้ในแหล่งน้ำผิวดิน โดยคลอรีนดังกล่าวมีความเป็นพิษต่อปลา ค่าความเป็นพิษของคลอรีนจะมากขึ้น เมื่อค่า pH ลดลง

ยาฆ่าแมลง

กิจกรรมที่มีการใช้ยาฆ่าแมลง เช่น การเกษตรกรรม สนามหญ้าและสวนต่างๆ หากยาฆ่าแมลงเหล่านี้ถูกชะล้างลงในแหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำธาร และทะเลสาบ ยาฆ่าแมลงจะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ ออร์กาโนฟอสเฟตคือ กลุ่มของยาฆ่าแมลงชนิดหนึ่ง ที่มีความเป็นพิษต่อปลามากกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เพราะสามารถดูดซึมเข้าสู่เลือดโดยผ่านเนื้อเยื่อที่เหงือก พบว่า หากความเข้มข้นยิ่งสูงจะทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงหรือตายอย่างรวดเร็ว ขณะที่การได้รับในช่วงเวลาที่ยาวนานแต่มีความเข้มข้นต่ำ ก็สามารถทำลายประชากรของปลาได้เช่นกัน ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือ การเจริญเติบโต การผสมพันธุ์ และอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นลดลง

10.2 ฝนกรด (Acid precipitation)

การปนเปื้อนฝนกรดในระบบนิเวศแหล่งน้ำ ส่งผลกระทบอย่างมากต่อด้านสิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ เช่น การสูญเสียของการทำประมง และการสูญเสียจำนวนนักท่องเที่ยว เป็นต้น

ผลกระทบทางชีวภาพที่เกิดจากการเกิดฝนกรด (Biological Effects of Acidification)

ฝนกรดที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อระบบสิ่งมีชีวิต อย่างมาก ตั้งแต่กิจกรรมของจุลินทรีย์จนถึง ความสามารถของปลาในการรอดชีวิตและการสืบพันธุ์ ตัวอย่างของผลกระทบที่เกิดจากฝนกรด เช่น

ความสามารถในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ต่ำลง ซึ่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งจากค่า pH ที่ต่ำ ทำให้มีอัตราการทับถมของอินทรีย์วัตถุมากขึ้น ทำให้เกิดการสะสมคาร์บอน นอกจากนี้ยังมีความเกี่ยวพันธ์กับสายใยอาหาร

ทะเลสาบที่ได้รับฝนกรด จะส่งผลกระทบต่อประชากรของสาหร่ายคือ เกิดการบลูมเส้นใยของสาหร่ายสีเขียวบริเวณ littoral ผลจากการบลูมดังกล่าว คือ ปริมาณของออกซิเจนติดลบ และส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

นอกจากนี้ฝนกรดยังเพิ่มความเข้มข้นของอะลูมินัม ซึ่งเป็นสาเหตุการทำลายเหงือกของปลา ค่า pH ที่ต่ำจะเพิ่มความเป็นพิษของอะลูมินัม จึงทำให้จำนวนปลาลดลง นอกจากนี้น้ำที่เป็นกรดมากๆ ปลาจะไม่สามารถอาศัยอยู่ได้

การบำบัดสามารถทำได้โดย โรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าควรหยุดเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีการปล่อยซัลเฟอร์ออกมาในปริมาณมาก เลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีการปล่อยซัลเฟอร์ต่ำ และลดการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปล่อยสารประกอบไนโตรเจนในรถยนต์ ส่วนการบำบัดโดยทั่วไป เช่น การเติมปูนขาว (แคลเซียมคาร์บอเนต) ลงไปในแหล่งน้ำที่มีสภาพเป็นกรด เป็นต้น

10.3 โลหะและสารพิษอนินทรีย์อื่นๆ (Metals and Other inorganic Pollutanrs)

โลหะสามารถสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด และสามารถถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหาร แหล่งการปนเปื้อนโลหะส่วนใหญ่มาจากการทำเหมือง

คุณสมบัติทางเคมีสามารถเปลี่ยนความสามารถในการถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหาร และความเป็นพิษของโลหะได้ เช่น แคดเมียม ซิลเวอร์ นิกเกิล และสังกะสี ที่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังได้รับจะมีผลกระทบมากขึ้นหากมีการทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ในตะกอน หรือกรณีของโครเมียมที่มีเลขเวเลนต์ อิเล็กตรอนเท่ากับ 6 จะมีความเป็นพิษมากกว่าเลขเวเลนต์อิเล็กตรอนเท่ากับ 3

ความเป็นพิษของตะกั่วกับสัตว์ปีกเป็นเรื่องที่น่าเป็นห่วง เพราะการล่าสัตว์ปีกที่อาศัยอยู่กับน้ำ (เช่น เป็ด และห่าน)ในอดีต ลูกปืนที่ใช้ทำมาจากตะกั่ว ผลจากกิจกรรมดังกล่าวพบว่า มีการสะสมตะกั่วในตะกอนดิน (กรณียิงพลาด)

การปนเปื้อนของปรอทในปลา กิจกรรมที่ปล่อยปรอท เช่น การเผาไหม้ถ่านหิน การเผาขยะ และโรงงานอุตสาหกรรม บางประเทศการทำเหมืองจะใช้ปรอทในการสกัดเงิน ทำให้เกิดการปนเปื้อนในระบบนิเวศน้ำจืด

เซเลเนียมเป็นโลหะที่ก่อปัญหากับพื้นที่ชุ่มน้ำบางแห่ง สามารถพบได้ในดิน โดยเซเลเนียมสามารถเป็นพิษได้เมื่อมีความเข้มข้นสูง

สำหรับอะเซนิกก่อให้เกิดปัญหา เพราะว่าโลหะประเภทนี้สามารถพบได้ตามธรรมชาติในปริมาณความเข้มข้นสูง หรือจากการไหลผ่านพื้นที่อุตสาหกรรม ในอดีตใช้เป็นยาฆ่าแมลง ดังนั้นจึงทำให้ปนเปื้อนในระบบนิเวศแหล่งน้ำ การใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ก็เป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่เป็นการเพิ่มอัตราการปล่อยอะเซนิก

การปนเปื้อนสารกัมมันตภาพรังสีของแหล่งน้ำโดยทั่วไปสามารถเกิดขึ้นได้ สารปนเปื้อนตั้งต้นคือ ไอโซโทปของเรเดียม เรดอน และยูเรเนียม ประมาณ 1% ของน้ำดื่มมีการปนเปื้อนด้วยเรเดียม (สูงกว่าระดับที่ยอมรับได้) นอกจากนี้เรเดียมและยูเรเนียมยังสามารถพบได้ในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ผลกระทบส่วนใหญ่ของสารกัมมันตภาพรังสีเกี่ยวกับงแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตพบมากในบริเวณท้ายน้ำ ซึ่งเกิดจากโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

10.4 สารพิษอินทรีย์ (Organic pollutants)

สารประกอบอินทรีย์มีหลายล้านชนิด และมากกว่า 10,000 ชนิดถูกใช้โดยมนุษย์ ในแต่ละปีมีการผลิตสารอินทรีย์ใหม่เพิ่มขึ้นหลายร้อยชนิด ดังนั้นการควบคุมจึงทำได้ยาก ปัจจุบันพบว่ามีการ

ปล่อยสารพิษอินทรีย์เข้าไปในสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพของมนุษย์

สารพิษอินทรีย์บางอย่างตรวจพบในระบบนิเวศแหล่งน้ำโดยผ่านบรรยากาศ มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าสารประกอบออร์กาโนคลอรีนสามารถแพร่กระจายไปทั่วโลก ปริมาณของสารประกอบจากบรรยากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ซึ่งส่วนใหญ่จะพบสารอินทรีย์ระเหยอยู่บริเวณขั้วโลก

การผลิตปิโตรเลียม คือ หนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ น้ำที่ไหลผ่านชุมชนจะมีการปนเปื้อนน้ำมัน โดยน้ำมันดังกล่าวถูกบริโภคโดยจุลินทรีย์หรือไหลออกสู่ทะเล สำหรับความเสียหายต่อแหล่งที่อยู่อาศัยของระบบนิเวศน้ำจืดยังไม่ทราบแน่ชัด

Chlorinated hydrocarbons เป็นสารที่ต้องกังวลเมื่อมีการปนเปื้อนในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เพราะสารดังกล่าวเป็นสารที่สามารถก่อมะเร็ง การบำบัดของโสโครกชุมชนเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีการปล่อยสารนี้ เนื่องจากกระบวนการบำบัดดังกล่าวมีการเติมคลอรีน เพื่อฆ่าเชื้อโรค

หนทางหนึ่งสำหรับการจัดการสารพิษอินทรีย์เรียกว่า **bioremediation** วิธีนี้จะใช้สิ่งมีชีวิตเข้ามาช่วยในการบำบัด เช่น การใช้แบคทีเรียท้องถิ่น เพื่อช่วยในการย่อยสลายสารพิษอินทรีย์ด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 11 พื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทย

11.1 ความหมายของพื้นที่ชุ่มน้ำ

พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) หมายถึง พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ราบลุ่ม พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะ พื้นที่ฉ่ำน้ำ มีน้ำท่วม มีน้ำขัง พื้นที่พรุ พื้นที่แหล่งน้ำ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ทั้งที่มีน้ำขังหรือท่วมอยู่ถาวรและชั่วครั้งชั่วคราว ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหล ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม รวมไปถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเล และพื้นที่ของทะเลในบริเวณซึ่งเมื่อน้ำลดลงต่ำสุดมีความลึกของระดับน้ำไม่เกิน 6 เมตร

พื้นที่ซึ่งมีลักษณะจัดได้ว่าเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำรวมถึง ห้วย หนอง คลอง บึง บ่อ กระพัง (ตระพัง) บาราย แม่น้ำ ลำธาร แคว ละหาน ชายคลอง ฝั่งน้ำ สบน้ำ สระ ทะเลสาบ แอ่ง ลุ่ม กุด ทุ่ง กว๊าน มาบ บุ่ง ทาม พรุ สนุ่น แก่ง น้ำตก หาดหิน หาดกรอด หาดทราย หาดโคลน หาดเลน ชายทะเล ชายฝั่งทะเล พืดหินปะการัง แหล่งหญ้าทะเล แหล่งสาหร่ายทะเล คุ้ง อ่าว ดินดอนสามเหลี่ยม ช่องแคบ ชะวากทะเล ตะกาด หนองน้ำ กร่อย ป่าพรุ ป่าเลน ป่าชายเลน ป่าโกงกาง ป่าจาก ป่าแสม รวมทั้งนาข้าว นากุ้ง นาเกลือ บ่อปลา อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

11.2 คุณค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำ

คุณค่าโดยรวมของพื้นที่ชุ่มน้ำได้แก่ การเป็นแหล่งน้ำ แหล่งเก็บกักน้ำฝนและน้ำท่า ป้องกันน้ำเค็มมิให้รุกเข้ามาในแผ่นดิน ป้องกันชายฝั่งพังทลาย ดักจับตะกอนและแร่ธาตุ ดักจับสารพิษ เป็นแหล่งทรัพยากรและผลผลิตธรรมชาติที่มนุษย์เข้าไปเก็บเกี่ยวใช้ประโยชน์ มีความสำคัญต่อการคมนาคมในท้องถิ่น แหล่งรวมสายพันธุ์พืชและสัตว์ มีความสำคัญทางนิเวศวิทยา และการอนุรักษ์ธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแหล่งของผู้ผลิตที่สำคัญในห่วงโซ่อาหารความสำคัญด้านนันทนาการและการท่องเที่ยว ประวัติศาสตร์ สังคม วัฒนธรรม ประเพณีท้องถิ่น และเป็นแหล่งศึกษาวิจัยทางธรรมชาติวิทยา อาจกล่าวได้ว่าโดยรวมแล้ว พื้นที่ชุ่มน้ำคือระบบนิเวศที่มีบทบาทหน้าที่ ตลอดจนคุณค่า และความสำคัญต่อวิถีชีวิต ทั้งของมนุษย์ พืช และสัตว์ ทั้งทางนิเวศวิทยา เศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ ระดับภูมิภาค และระดับนานาชาติ

11.3 คนไทยกับการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำ

สำหรับประเทศไทย คนไทยมีความคุ้นเคย อยู่ร่วมและใช้ประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำมาเป็นเวลานาน

การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศไทย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ใช้ประโยชน์จากผืนดินหรือที่ดิน และใช้ประโยชน์จากผืนน้ำ การใช้ประโยชน์จากผืนดินหรือที่ดิน

ได้แก่ การทำนา ปลูกพืชไร่ พืชสวนครัว ปลูกไม้ประดับ ใช้เป็นที่เลี้ยงสัตว์และทุ่งเลี้ยงสัตว์ เป็นที่ตั้งโครงการพัฒนาและระบบสาธารณูปโภคต่างๆ เป็นต้น

สำหรับการใช้ประโยชน์จากผืนน้ำได้แก่ การใช้น้ำเพื่อการเกษตร น้ำประปา การประมงจับปลาและสัตว์น้ำ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ปลูกพืชน้ำ เลี้ยงปลาในกระชัง ดูดทราย รวมทั้งโครงการพัฒนาที่อาศัยน้ำ เช่น การสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำเพื่อประโยชน์ทางการชลประทาน และเพื่อผลิตไฟฟ้าเป็นต้น ชุมชนท้องถิ่นใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อการยังชีพ เช่น ชุมชนเกือบทั้งหมดรอบบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำบึงบอระเพ็ด ที่หาเลี้ยงครอบครัวด้วยการประมง ปัจจุบันมีระบบประปาหมู่บ้าน น้ำสำหรับการบริโภคจึงใช้น้ำจากระบบประปา ในหลายพื้นที่แหล่งน้ำในเขตพื้นที่ชุ่มน้ำถูกใช้เป็นแหล่งน้ำดิบ เพื่อผลิตน้ำประปา เช่น กว๊านพะเยา และหนองเล็งทรายในภาคเหนือ เป็นต้น

การใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรเป็นการใช้ประโยชน์ที่เห็นชัดที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ชุ่มน้ำบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออก ซึ่งได้ชื่อว่าเป็น “อู่ข้าวอู่น้ำของไทย” เพราะผลผลิตพืชอาหารหลักที่สำคัญคือ ข้าว ซึ่งเป็นสินค้าส่งออกสำคัญของประเทศไทย รวมทั้งเป็นแหล่งทำการประมงที่อุดมสมบูรณ์ เป็นที่มาของคำว่ากล่าวที่ว่า “ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว”

การท่องเที่ยวจัดว่าเป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำอีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งใช้ประโยชน์ทั้งผืนดินและผืนน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำมีคุณค่าทางนันทนาการและการท่องเที่ยว เพราะมีทัศนียภาพที่สวยงาม พื้นที่ชุ่มน้ำหลายแห่งของประเทศไทย คือแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงทั้งระดับนานาชาติ และระดับชาติ เช่น พัทยา อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า-หมู่เกาะเสม็ด หมู่เกาะช้าง อุทยานแห่งชาติดอยขุนตาล เป็นต้น หรือแหล่งท่องเที่ยวระดับชาติและระดับท้องถิ่น เช่น อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเมี่ยง-ภูทองในภาคเหนือ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ดอนหอยหลอดในภาคกลางและภาคตะวันออก เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง หนองหานสกลนครในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น พื้นที่เหล่านั้นบางพื้นที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ ศิลปวัฒนธรรม และการท่องเที่ยวเชิงวิชาการและเชิงอนุรักษ์ที่กำลังเป็นที่นิยมแพร่หลาย พื้นที่ชุ่มน้ำหลายแห่งของประเทศมีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวหรืออยู่ในระหว่างการพัฒนา เช่น หนองหานกุมภวาปี เขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น การที่พื้นที่ชุ่มน้ำเป็นแหล่งท่องเที่ยว ทำให้สร้างรายได้แก่ท้องถิ่นเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้พื้นที่ชุ่มน้ำยังเป็นเส้นทางคมนาคม และขนส่งทางน้ำที่สำคัญมายาวนานและที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ซึ่งการคมนาคมทางบกไปไม่ถึง

พื้นที่ชุ่มน้ำมีคุณค่าความสำคัญต่อวิถีชีวิตไทย วัฒนธรรมไทย และเอกลักษณ์ความเป็นไทยเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือพื้นที่ชุ่มน้ำมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องใกล้ชิดกับสังคมไทย วัฒนธรรม ประเพณี ประวัติศาสตร์ และศาสนา วิถีชีวิตจะเห็นได้จากการตั้งถิ่นฐานชุมชนไปตามแนวลำน้ำ สังคมท้องถิ่นบริเวณตลาดน้ำ วัดวาอารามสองฝั่งน้ำ วัฒนธรรมประเพณีไทยของประชาชนในภาคกลางและภาคตะวันออก เช่น ประเพณีลอยกระทง ประเพณีชักพระ ประเพณีการโยนบัว-รับบัว ประเพณีการแข่ง

เรือ การเล่น-ร้องเพลงเรือ สักวา ดอกสร้อย เพลงอีแซว กิจกรรมเหล่านี้ล้วนขาดพื้นที่ชุ่มน้ำไม่ได้ทั้งสิ้น หรือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชุมชนบริเวณเขตพื้นที่ชุ่มน้ำแม่น้ำมูล กุดปลาคูณ หนองสามหมื่น ดูนลำพัน เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง ลุ่มน้ำโมง หนองหานสกลนคร เป็นต้น ชุมชนเก่าที่สุดมีอายุมากกว่า 200 ปี วัฒนธรรมประเพณี และวิถีชีวิตของชุมชน ไม่ว่าจะเป็นประเพณีแข่งเรือ บุญบั้งไฟ ก่อเจดีย์ทราย สงกรานต์ พิธีทำขวัญข้าวขึ้นยุ้ง ต่างก็เกี่ยวพันกับพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นที่น่าสังเกตว่าพื้นที่ชุ่มน้ำไม่ว่าจะอยู่ภาคไหนของประเทศจะมีที่สถิตแหล่งศักดิ์สิทธิ์ เช่น พระราชานุสาวรีย์สมเด็จพระสุริโยทัยในทุ่งภูเขาทอง-ทุ่งมะขามหย่อง พระพุทธองค์ตื้อ วัดศรีภูมิองค์ตื้อในบริเวณลุ่มน้ำโมงตอนล่าง ที่ประดิษฐ์สถูปเจดีย์ของเจ้าอินทวิชยานนท์เจ้าผู้ครองนครเชียงใหม่องค์ที่เจ็ดในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ เป็นต้น ซึ่งอยู่ในภาคตะวันออกและภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ

11.4 คุณค่าตามธรรมชาติของพื้นที่ชุ่มน้ำ

นอกจากคุณค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำในแง่ของการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์ พื้นที่ชุ่มน้ำยังทำหน้าที่ตามธรรมชาติ ได้แก่ ป้องกันการชะล้างและพังทลายของหน้าดิน รวมทั้งชายฝั่งทะเล และช่วยป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็ม โดยเฉพาะในฤดูแล้งช่วยเก็บกักตะกอนดิน ธาตุอาหารส่วนเกิน ของเสีย และสารพิษที่จะไหลจากแผ่นดิน ลงสู่ทะเลอ่าวไทย เป็นการช่วยรักษาระบบนิเวศและคุณภาพน้ำชายฝั่งและทะเลไม่ให้เสื่อมโทรมลง คุณค่าที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำคือคุณค่าในเชิงอุทกวิทยา คือ ช่วยควบคุมและรักษาระดับน้ำในธรรมชาติ และทำหน้าที่ชะลอ รองรับน้ำและเก็บกักน้ำที่ไหลบ่า เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำอันกว้างใหญ่ของที่ราบลุ่มแม่น้ำยมเป็นที่รองรับมวลน้ำในฤดูน้ำหลาก หรือพื้นที่ชุ่มน้ำภาคกลางและตะวันออกที่เปรียบเสมือนปราการด่านสุดท้ายที่ทำหน้าที่รองรับและเก็บกักน้ำที่ไหลบ่าลงมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนไว้ โดยเฉพาะน้ำจากภาคเหนือก่อนไหลลงสู่ทะเล ช่วยควบคุมการไหลบ่าของน้ำ ทำหน้าที่เป็น "แก้มลิง" ช่วยป้องกันน้ำท่วม หากไม่มีพื้นที่ชุ่มน้ำ สภาวะน้ำท่วมจะรุนแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคกลางและภาคตะวันออก

11.5 แหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพ

พื้นที่ชุ่มน้ำมีความสำคัญในแง่ของการเป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางชีววิทยา ทั้งในเชิงจำนวนองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต แหล่งพันธุกรรม เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยหากินและแพร่ขยายพันธุ์พืชและสัตว์นานาชนิด โดยเฉพาะที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ เช่น นกเจ้าฟ้าหญิงสิรินธร พบที่บึงบอระเพ็ดในภาคเหนือ ปูทูลกระหม่อมหรือปูแป้งพบที่ดูนลำพัน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้พื้นที่ชุ่มน้ำยังเป็นที่พักแวะและหากินของสัตว์ต่างๆ เช่น นกน้ำ ที่บริเวณแอ่งเชียงแสน กว๊านพะเยา หนองเล็งทราย หนองฮ่างและหนองหลวงในภาคเหนือ อ่าวไทยและสามร้อยยอดใน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคกลางและภาคตะวันออก เขตห้ามล่าสัตว์ป่าหนองแวง เขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบินใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น

11.6 การจัดลำดับความสำคัญพื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทย

11.6.1.พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติ

เกณฑ์สำหรับจำแนกวินิจฉัยพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศภายใต้ มาตรา 2 ของอนุสัญญาพื้นที่ชุ่มน้ำนี้ ได้รับการรับรองจากการประชุมสมัชชาภาคีที่เมืองบริสเบน ประเทศออสเตรเลีย พ.ศ. 2539 (ค.ศ.1996) มีใจความดังต่อไปนี้

1) เกณฑ์สำหรับประเมินคุณค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำที่เป็นตัวแทน หรือที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ

พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญระหว่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นตัวอย่างที่ดี หรือเป็นประเภทที่แสดงลักษณะพื้นที่ชุ่มน้ำของภูมิภาคนั้น พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาให้ได้รับเลือกภายใต้กฎเกณฑ์

- เป็นตัวอย่างของประเภทที่หายากหรือที่ไม่ธรรมดาในเขตชีวภูมิศาสตร์ที่สมควร(1a) หรือ
- เป็นตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีซึ่งแสดงลักษณะพื้นที่ชุ่มน้ำในภูมิภาคที่สมควร(1b) หรือ
- เป็นตัวแทนที่ดีของประเภททั่วไปซึ่งพื้นที่นั้นมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ในข้อ2(1c) หรือ
- เป็นตัวแทนของประเภทที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของพื้นที่ชุ่มน้ำรวม ที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยอันอุดมสมบูรณ์ พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีคุณค่าระดับชาติสามารถได้รับการพิจารณาเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่สำคัญระหว่างประเทศได้ หากมีบทบาทสำคัญทางด้านอุทกวิทยา ชีววิทยา หรือนิเวศวิทยาในระบบลุ่มน้ำ หรือระบบชายฝั่งทะเลระหว่างประเทศ (1d) หรือ
- เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศกำลังพัฒนาที่มีคุณค่า สำคัญทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ภายใต้กรอบการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนและการอนุรักษ์ แหล่งที่อยู่อาศัย ทั้งนี้เนื่องจากมีบทบาทสำคัญทางอุทกวิทยา ชีววิทยา หรือนิเวศวิทยา (1e)

2) เกณฑ์ทั่วไปสำหรับการใช้พืชหรือสัตว์ในการจำแนกวินิจฉัยพื้นที่ชุ่มน้ำที่สำคัญ

พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญระหว่างประเทศหาก

- เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของชนิดพืช สายพันธุ์ ของพืชและสัตว์ที่หายาก มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์หรือใกล้สูญพันธุ์ หรือ
- เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของประชากรพืชและสัตว์ดังกล่าว มากกว่าหนึ่งชนิดพันธุ์ในจำนวนหนึ่ง (2a) หรือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- มีคุณค่าพิเศษในการดำรงความหลากหลายของพันธุกรรมและระบบนิเวศของภูมิภาค เนื่องเพราะคุณภาพและลักษณะพิเศษของพันธุ์พืชหรือพันธุ์สัตว์ในพื้นที่นั้น(2b) หรือ
- มีคุณค่าพิเศษในฐานะที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของพืชหรือสัตว์ในช่วงสำคัญของวงจรชีวิต (2c) หรือ
- มีคุณค่าพิเศษสำหรับชนิดหรือสังคมพืชและสัตว์เฉพาะถิ่น (endemic species) (2d)

3) เกณฑ์เฉพาะสำหรับการใช้นกน้ำในการจำแนกวินิจฉัยพื้นที่ชุ่มน้ำที่สำคัญ

พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญระหว่างประเทศหาก

- ตามปกติสามารถให้นกน้ำอาศัยอยู่ได้ 20,000 ตัวอยู่ได้ตลอดเวลา (3a) หรือ
- ตามปกติสามารถให้นกน้ำจำนวนพอสมควรจากกลุ่มสำคัญ ซึ่งเป็นดัชนีแสดงคุณค่าความอุดมสมบูรณ์หรือความหลากหลายของพื้นทีชุ่มน้ำอยู่ได้ตลอดเวลา (3b) หรือ
- ในกรณีที่มีข้อมูลประชากรนกน้ำ ตามปกติสามารถให้นกน้ำจำนวนร้อยละ 1 ของประชากรในชนิดพันธุ์หรือสายพันธุ์หนึ่งอยู่ได้ตลอดเวลา (3c)

4) เกณฑ์เฉพาะสำหรับการใช้พันธุ์ปลาในการจำแนกพื้นที่ชุ่มน้ำที่สำคัญ

พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญระหว่างประเทศหาก

- เป็นถิ่นที่อยู่ของสายพันธุ์ ชนิดพันธุ์ หรือวงจรชีวิตและปฏิสัมพันธ์ของชนิดพันธุ์ของปลาพื้นบ้านในสัดส่วนที่มีนัยสำคัญ และ/หรือ ของประชากรปลาที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ชุ่มน้ำและ/หรือ คุณค่าที่เกื้อหนุนต่อความหลากหลายทางชีวภาพของโลก (4a) หรือ
- เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับปลา แหล่งเพาะพันธุ์วางไข่ แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และ/หรือ เป็นเส้นทางในการอพยพ ซึ่งประชากรปลาไม่ว่าภายในพื้นที่ชุ่มน้ำหรือจากแหล่งน้ำอื่นๆ ต้องพึ่งพาอาศัย (4b)

I.6.2. พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับชาติ มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ 3 ข้อ ดังนี้

1) เกณฑ์สำหรับประเมินความเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่เป็นตัวแทนที่ดี หรือที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ

พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญระหว่างประเทศหาก

- เป็นตัวอย่างหรือตัวแทนที่ดีของพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติหรือใกล้เคียงธรรมชาติประเภทใดประเภทหนึ่งซึ่งพบเห็นได้ทั่วไปในประเทศไทย หรือ
- เป็นตัวอย่างที่ดีของพื้นที่ชุ่มน้ำประเภทใดประเภทหนึ่ง ซึ่งมีคุณลักษณะโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ หาได้ยากในประเทศไทย หรือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- เป็นตัวอย่างหรือตัวแทนที่ดีของพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในระบบธรรมชาติ วิทยาชีววิทยา นิเวศวิทยา หรืออุทกวิทยา หรือ
- เป็นตัวแทนหรือตัวแทนที่ดีของพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งมีคุณค่าสำคัญต่อการดำรงไว้ซึ่งวิถีชีวิตไทยและวัฒนธรรม

2) เกณฑ์ที่ประเมินจากพืชและสัตว์ในพื้นที่ชุ่มน้ำ

พื้นที่ชุ่มน้ำหนึ่งจะได้รับพิจารราว่ามีความสำคัญระดับชาติ หาก

- เป็นถิ่นที่อยู่ของพืชหรือสัตว์ที่หาได้ยาก ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง หรือใกล้สูญพันธุ์ หรือมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ ในประเทศไทย หรือ
- มีคุณค่าพิเศษต่อการดำรงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย หรือ
- มีคุณค่าพิเศษต่อการดำรงอยู่ของชนิดพันธุ์หรือสังคมของพืชหรือสัตว์พื้นเมืองหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งชนิดของไทย

3) เกณฑ์ที่ประเมินจากสถานภาพทางกฎหมายและการจัดการ

พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญระดับชาติ หากเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่อยู่ภายในเขตพื้นที่อนุรักษ์หรือในเขตพื้นที่คุ้มครองตามกฎหมายของไทย

11.6.3. พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับท้องถิ่น มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ 2 ข้อ ดังนี้

1) เกณฑ์ที่ประเมินจากสถานภาพทางกฎหมายและการจัดการ

พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญระดับท้องถิ่น หากเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำในบัญชีรายชื่อแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ของท้องถิ่น ตามมติคณะรัฐมนตรี (7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2532)

2) เกณฑ์ที่ประเมินจากความสำคัญที่มีต่อท้องถิ่น

- พื้นที่ชุ่มน้ำจะได้รับการพิจารณาว่ามีความสำคัญระดับท้องถิ่น หากมีความสำคัญต่อวิถีชีวิตชุมชนท้องถิ่นไทยเป็นแหล่งกำเนิดของปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ เช่น เป็นแหล่งน้ำ แหล่งอาหาร สมุนไพร เชื้อเพลิง พืชเส้นใย และวัตถุดิบในการประกอบอาชีพ หรือ
- มีคุณค่าทางสังคม ประเพณี วัฒนธรรม ศาสนา ประวัติศาสตร์ ตำนานพื้นบ้าน นันทนาการท้องถิ่น ตลอดจนเป็นเส้นทางสัญจร หรือ
- มีความสำคัญต่อระบบนิเวศท้องถิ่น เช่น ช่วยป้องกันน้ำท่วม ช่วยรักษาสมดุลของภูมิอากาศเฉพาะถิ่น ช่วยรักษาคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 11.1 : ประเภท จำนวน และเนื้อที่ของพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร) ชุ่มน้ำของประเทศไทย (แยกตามภาค)

ระบบภาค	ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลางและตะวันออก		ภาคใต้	
	จำนวน	เนื้อที่	จำนวน	เนื้อที่	จำนวน	เนื้อที่	จำนวน	เนื้อที่
ทะเล ชายฝั่ง และปากแม่น้ำ	-	-	-	-	387	670.89	869	19,513.545
แม่น้ำ ลำธาร ลำห้วย คลอง ที่ราบน้ำท่วมถึง	5,461	1,116.74	8,053	1,091.54	8,380	163.56	3,114	393.067
บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ	4,573	1,678.46	6,168	836	2,228	2,352.86	1,159	3,643.173
หนองน้ำหรือพื้นที่ชื้นแฉะ	539	26.05	368	49.79	750	142.19	336	4,916.097
ยังไม่ได้จำแนก	-	-	161	21.80	7	-	100	> 1,000
รวม	**10,573**	**2,821.25**	**14,750**	**1,999.53**	**11,752**	**3,329.5**	**5,578**	**28,465.88**

หมายเหตุ : ไม่รวมพื้นที่นาข้าว

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2542)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 11.2 ตัวอย่างพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศไทย

พื้นที่ชุ่มน้ำ	ประเภท	ที่ตั้ง	เนื้อที่ ตร.กม. (ไร่)	จำนวนนก	จำนวนปลา	เกณฑ์แรมซาร์
แอ่งเชียงแสน	ที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง หนองน้ำ มีน้ำตลอดปี และมีน้ำบางฤดูกาล	อ.เชียงแสน อ.แม่จัน จ.เชียงราย	62.4 ตร.กม. (39,000 ไร่)	121	143	1b, 2a,2b, 4a
หนองเล็งทราย	หนองน้ำ มีน้ำบางฤดูกาล มีพืชน้ำ	ต.ป่าแฝก ต.เจริญราษฎร์ อ.แม่ใจ จ.พะเยา	9.6 ตร.กม. (6,000 ไร่)	56	24	2a,4b
กว๊านพะเยา	บึงน้ำจืด มีน้ำตลอดปี หนองน้ำมีน้ำตลอดปี และมีน้ำบางฤดู ที่ราบน้ำท่วมขัง	ต.เวียง อ.เมือง จ.พะเยา	20.5296 ตร.กม. (12,831 ไร่)	14	47	1e
บึงสีไฟ	บึงน้ำจืด มีน้ำขังตลอดปี	อ.เมือง จ.พิจิตร	8.624 ตร.กม. (5,390 ไร่)	83	33	2a,4b
บึงบอระเพ็ด	บึงน้ำจืด มีน้ำขังตลอดปี และมีที่ลุ่มชื้นแฉะโดยรอบ	ต.หนองกรด ต.เกรียงไกร อ.เมือง ต.ทับกฤษ อ.ชุมแสง ต.เขาพนมเศษ อ.ท่าตะโก จ.นครสวรรค์	212.379 ตร.กม. (132,737 ไร่)	187	44	2a,2b,3a,3b,4b
หนองหาน	บึงน้ำธรรมชาติ	อ.เมือง จ.สกลนคร.	125.2 ตร.กม. (78,250 ไร่)	32	31	1b,1e,2a
หนองหานกุมภวาปี	หนองน้ำธรรมชาติ มีพืชน้ำ	อ.กุมภวาปี จ.อุดรธานี	45 ตร.กม. (28,125 ไร่)	74	39	1b,2a
บึงละหาน	หนองน้ำธรรมชาติ มีพืชน้ำ	อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ	29.09 ตร.กม. (18,181 ไร่)	56	25	1e,2a,3b
พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง	บึงน้ำธรรมชาติ มีน้ำตลอดปี	ต.บ้านต้อง ต.โสกก่าม อ.เซกา ต.บึงโขงหลง ต.โพธิหมากแข้ง อ.บึงโขงหลง จ.หนองคาย	เนื้อที่เขตห้ามล่าฯ 12.90 ตร.กม. (8,062 ไร่)	29	25	2a,3b
แม่น้ำแควน้อย	แม่น้ำมีน้ำไหลตลอดปี	อ.สังขละบุรี อ.ทองผาภูมิ อ.ไทรโยค อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	ความยาว 318 กม.	-	31	1e,2a,4b

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 11.2 (ต่อ)

พื้นที่ชุ่มน้ำ	ประเภท	ที่ตั้ง	เนื้อที่ ตร. กม. (ไร่)	จำนวนนก	จำนวนปลา	เกณฑ์แรมซาร์
แม่น้ำโขง	แม่น้ำระหว่างประเทศ	แม่น้ำโขงตอนกลางผ่าน อ.เชียงของ จ.เชียงราย และตอนล่างผ่านจังหวัดเลย หนองคาย นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี	ความยาวกว่า 2,400 กม. 60,900 ตร. กม. (38,062,500 ไร่)	-	289	1d,1e,2a,4a,4b
แม่น้ำสงคราม	แอ่งน้ำ วังน้ำในแม่น้ำ	อ.ทุ่งฝน อ.บ้านดุง จ.อุดรธานี จ.สกลนคร อ.โซ่พิสัย จ.หนองคาย และอ.ท่าอุเทน จ.นครพนม	13,001.4 ตร. กม. (8,125,875 ไร่)	-	183	2a,4b
ลำปลายมาศ	ลำน้ำ และป่าไม้พุ่มที่มีน้ำท่วมบางฤดู	อ.ลำปลายมาศ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์	19 ตร.กม. (11,875 ไร่)	5	37	2a
พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย	บึงน้ำจืดธรรมชาติ ที่มีพืชน้ำ	อ.ควนขนุน จ.พัทลุง อ.ระโนด จ.สงขลา อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	เนื้อที่เขตห้ามล่าฯ 457 ตร. กม. (285,625 ไร่)	217	29	1b,1e,2a,2b,3a,3b
ที่ราบลุ่มน้ำยม	ที่ราบน้ำท่วมถึงหนองน้ำ มีน้ำตลอดปี และมีน้ำบางฤดู	ใต้ตัวเมืองสุโขทัย ครอบคลุมมาถึงอำเภอบางระกำ จ.พิษณุโลก	496 ตร.กม. (310,000ไร่)	58	14	1e,2a,4b
แม่น้ำแม่กลอง	แม่น้ำมีน้ำไหลตลอดปี	อ.เมือง อ.ท่าม่วง อ.มะกา จ.กาญจนบุรี อ.บ้านโป่ง อ.โพธาราม อ.เมือง อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี อ.อัมพวา อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม	ความยาว 140 กม.	178	102	1e,4b
แม่น้ำแควใหญ่	แม่น้ำมีน้ำไหลตลอดปีและบางฤดู ลำธาร ลำห้วย น้ำตก หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ	อ.สังขละบุรี อ.ทองผาภูมิ อ.ศรีสวัสดิ์ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	พื้นที่แม่น้ำ 7,827.47 ตร. กม. (4,892,168.75 ไร่)	400	100	1e,2a,4b

บรรณานุกรม

สมิทธิ์ สุติบุตร์ . 2547. **คู่มือคนรักสัตว์ ชุด ปีกไพร : นกในความทรงจำ เรื่อง นกทุ่ง-นกน้ำ**. อัมรินทร์พริ้นท์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ

สรณรัชฎ์ กาญจนะวณิชย์ . 2545. **คู่มือหาชื่อสัตว์เล็กน้ำจืด**. อัมรินทร์พริ้นท์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ

สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์. 2550. **หลักการอนุรักษ์และการจัดการชีวภาพ**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2542. **พรรณไม้น้ำในประเทศไทย.** ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2542. **ทะเบียนพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติและระดับชาติของประเทศไทย.** กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

Closs, G., Downes, B. and A. Boulton. 2004. **Freshwater Ecology: A Scientific Introduction**. Blackwell

Dobson, M. and C. Frid. 1998. **Ecology of Aquatics Systems**. Longman

Dodds, W.K. 2002. **Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications**. Division of Biology , Kansas State University, Manhattan, Kansas.

Horne, A.J. and C.R. Goldman. 1994. **Limnology**. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Califonia, Berkeley.

Jeffries, M. and D. Mills. 1990. **Freshwater Ecology: Principles and Applications**. Belhaven Press

Kolbe, C.M. and M. Luedke. 2005. **A Guide to Freshwater Ecology**. Texas Commission on Environmental Quality. Available http://www.tceq.state.tx.us/publications

Moss, B. 1998. **Ecology of Fresh Waters: Man and Medium, Past to Future**. 3th ed. Blackwell Science.

http://www.onep.go.th/wetlandsthai/

http://www.fisheries.go.th/fisheries/webfish.php

http://www.usgcrp.gov/usgcrp/images/ocp2003/WaterCycle-optimized.jpg

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี