



UNEP



กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

มลพิษปนตะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ



หนังสือในชุดเดียวกัน

1. ก๊าซเรือนกระจก
2. ชั้นโอโซน
3. ช้างแอฟริกา
4. มลพิษอากาศในเมือง
5. อาหารปนเปื้อน
6. มลพิษในแหล่งน้ำจืด
7. ผลกระทบจากการทำลายชั้นโอโซน
8. ปรากฏการณ์เอลนีโญ
9. ธารน้ำแข็งกับสิ่งแวดล้อม
10. ผลกระทบเมื่อภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง
11. ความหลากหลายทางชีวภาพของโลก
12. มลพิษในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ
13. ผลกระทบของภูมิอากาศต่อการประมง



ทะเลสาบในกัมพูชาซึ่งใช้ประโยชน์อย่างหนัก
จนเสียหายจากการทับถมของดินตะกอน
และเกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน

มลพิษในทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ

The Pollution of Lakes and Reservoirs

ของ UNEP



แปลโดยนักแปลเครือข่ายของกรมวิชาการ

นิคม กายราช

The Pollution of Lakes and Reservoirs

UNEP 1994

หนังสือชุดสิ่งแวดล้อม เล่มที่ 12

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ ในโรบี

หนังสือแปลอันดับที่ 178
สาขาสังแวดล้อม



ลิขสิทธิ์ฉบับภาษาไทยเป็นของกระทรวงศึกษาธิการ
สถาบันการแปลหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ แปลและจัดพิมพ์
ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2544 จำนวนพิมพ์ 15,000 เล่ม

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
สหประชาชาติ. โครงการสิ่งแวดล้อม.

มลพิษในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ. = The Pollution of Lakes and Reservoirs.-- กรุงเทพฯ:
สถาบันการแปลหนังสือ กรมวิชาการ, 2544.

48 หน้า.

1. มลพิษในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ. I. หน่วยเฝ้าระวังโลก (เฮอร์ทวอดซ์).
II. นิคม กายราช, ผู้แปล. III. กรมวิชาการ. IV. ชื่อเรื่อง.

363.7394

ISBN 974-269-045-6



ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง อนุญาตให้ใช้หนังสือในโรงเรียน

ด้วยกรมวิชาการได้จัดทำหนังสือแปลชุดสิ่งแวดล้อม รวม 13 เล่ม ได้แก่ 1) ก๊าซเรือนกระจก 2) ชั้นโอโซน 3) ช้างแอฟริกา 4) มลพิษอากาศในเมือง 5) อาหารปนเปื้อน 6) มลพิษในแหล่งน้ำจืด 7) ผลกระทบจากการทำลายชั้นโอโซน 8) ปรากฏการณ์เอลนีโญ 9) ชารน้ำแข็งกับสิ่งแวดล้อม 10) ผลกระทบเมื่อภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง 11) ความหลากหลายทางชีวภาพของโลก 12) มลพิษในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ และ 13) ผลกระทบของภูมิอากาศต่อการประมง โดยแปลจากหนังสือชุดสิ่งแวดล้อม ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ และระบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโลก (UNEP/GEMS Environment Library) เพื่อใช้เป็นหนังสือความรู้สำหรับครู นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนประชาชนทั่วไป

กระทรวงศึกษาธิการพิจารณาแล้ว อนุญาตให้ใช้หนังสือนี้ในโรงเรียนได้

ประกาศ ณ วันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2544

(นายอรรุจ จันทวานิช)

รองปลัดกระทรวง ปฏิบัติราชการแทน

ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

สิ่งแวดล้อมมีคุณค่าอนันต์แก่มวลชีวิตบนโลก และก่อความรำคาญจนถึงขั้นเป็นอันตรายรุนแรงได้เช่นเดียวกัน สิ่งแวดล้อมใกล้ตัวและสิ่งแวดล้อมโลกมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงโดยธรรมชาติ หากเราทุกคนร่วมกันดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว ระบบสิ่งแวดล้อมทั้งโลกย่อมยั่งยืนและน่าอยู่ตลอดไป

กรมวิชาการเห็นว่าหนังสือชุดสิ่งแวดล้อมของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ และระบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโลก (UNEP/GEMS Environment Library) ประกอบด้วยประเด็นสิ่งแวดล้อมหลักๆ ของโลกรวม 13 เรื่อง เสนอสาระที่น่าเรียนรู้อย่างมาก ก่อให้เกิดความตระหนักในเรื่องสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตเราสมควรเผยแพร่ให้แพร่หลาย จึงได้จัดประชุมปฏิบัติการนักแปลเครือข่าย ของกรมวิชาการ เพื่อร่วมกันแปลหนังสือชุดนี้ สำหรับใช้ในโรงเรียนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป และเผยแพร่แก่สาธารณชนทั้งหลาย

กรมวิชาการขอขอบคุณนักแปลเครือข่าย ผู้ตรวจ วิทยากร และผู้เกี่ยวข้องทุกคนที่ร่วมกันจัดทำหนังสือนี้ และขอขอบคุณโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติเป็นพิเศษที่เอื้อเพื่อลิขสิทธิ์การแปล



(นายประพัฒน์พงศ์ เสนาฤทธิ์)

อธิบดีกรมวิชาการ

22 มิถุนายน 2544

สารบัญ

คำนำ	
ถ้อยแถลง	6
บทนำ	7
ภูมิหลังทางวิทยาศาสตร์	9
คุณค่าของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ	13
การใช้น้ำ	14
การประมงและชนสง	15
การท่องเที่ยวและพักผ่อน	15
ความหลากหลายทางชีวภาพ	16
การควบคุมอุทกภัย	16
มรดกทางวัฒนธรรมและคุณค่าทางสุนทรียภาพ	18
ความเสี่ยงโทรมของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ	21
ยูโทรฟิเคชัน	21
การขึ้นลงของระดับน้ำ	22
การทับถมของตะกอน	25
สารเคมีที่เป็นพิษ	27
การกลายเป็นกรด	29
การทำลายระบบนิเวศในทะเลสาบ	31
การป้องกันและฟื้นฟู	34
การตรวจสอบ	34
การจัดการแบบยั่งยืน	34
การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	37
การจัดการทะเลสาบที่ดีและที่ด้อย	39
การถ่ายโอนเทคโนโลยี	40
เทคโนโลยีทางนิเวศ	40
เทคโนโลยีที่เหมาะสม	44
การประชาสัมพันธ์ประโยชน์ของทะเลสาบ	45
แหล่งอ้างอิง	47

ถ้อยแถลง

เมื่อมองโลกจากอวกาศจะเห็นเป็นดาวเคราะห์สีน้ำเงิน หรือดาวเคราะห์แห่งน้ำ ส่วนใหญ่มีประโยชน์ต่อมนุษย์โดยตรงน้อยมาก เพราะมากกว่าร้อยละ 97 เป็นน้ำเค็มจากปริมาณน้ำจืดของโลกร้อยละ 69.6 เป็นน้ำแข็ง และร้อยละ 30.1 ถูกกักเก็บไว้ใต้พื้นดินซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำธรรมชาติที่มีน้ำเข้ามาเติมให้เต็มซ้ำมาก น้ำที่เราใช้ได้ง่ายที่สุดที่พบในแม่น้ำลำคลองและทะเลสาบนั้นมีเพียงร้อยละ 0.26 ของปริมาณน้ำจืดที่มีในโลก เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนมากขึ้น ถ้าน้ำจืดทั้งหมดของเราสามารถบีบอัดให้อยู่ในภาชนะบรรจุขนาด 5 ลิตร น้ำในแม่น้ำและทะเลสาบจะมีปริมาณเพียง 2 ขอนชากว่า ๆ เท่านั้น

น้ำเพียง 2 ขอนชานี้เป็นทรัพยากรที่มีค่ามากที่สุดอย่างหนึ่งของโลก ประชากรโลกส่วนใหญ่พึ่งพาน้ำจำนวนนี้เพื่อใช้ในบ้านเรือน การชลประทาน และอุตสาหกรรม พืชผลมากมายที่เราผลิตล้วนได้รับน้ำจากทะเลสาบ แม่น้ำ และอ่างเก็บน้ำบนผิวดิน ปริมาณโปรตีน 1 ใน 4 ที่ประชากรจำนวนมากในประเทศกำลังพัฒนาบริโภคล้วนมาจากปลาน้ำจืด ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำคือแหล่งเก็บน้ำจืดของเรา หากปราศจากแหล่งน้ำเหล่านี้ ฝนที่ทำให้เรามีชีวิตอยู่ได้ก็จะไหลตรงลงไปสู่แม่น้ำและทะเลเสียก่อนที่จะเรามีโอกาสได้ใช้ประโยชน์ให้มากกว่านี้

เนื่องจากน้ำจืดมีความสำคัญต่อชีวิตมาก มนุษย์จึงเลือกที่จะอาศัยอยู่ใกล้น้ำเสมอ ถ้ามีโอกาสเลือกได้ นี่คือเหตุผลสำคัญที่ทำให้ทะเลสาบและแม่น้ำหลายแห่งของเราในขณะนี้ถูกคุกคามอย่างน่าอันตรายจากมลพิษหลายรูปแบบ และจากการรบกวนทางนิเวศที่คุกคามอนาคตของแหล่งน้ำในฐานะทรัพยากรที่มีประโยชน์ วิกฤตการณ์ที่กำลังคุกคามทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำของเราจึงหนักหนาสาหัส หนังสือเล่มนี้แสดงให้เห็นถึงหายนะทางระบบนิเวศที่รุนแรงมาก เปรียบเทียบในด้านความสำคัญแล้วเท่ากับการตัดไม้ทำลายป่าเขตร้อนและการกลายเป็นทะเลทรายทีเดียว

หนังสือเล่มนี้เป็นเอกสารหลักฐานที่ชี้ให้เห็นสภาพทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำของโลก และแนะนำวิธีการจัดการกับแหล่งน้ำเหล่านี้ให้ดีขึ้น โดยยืนยันว่าการจัดการทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำของโลกนั้นย่อมขึ้นอยู่กับการที่ประชาชนเห็นคุณค่าของทรัพยากรน้ำจืดที่มีค่าเหล่านี้ จึงจำเป็นที่จะต้องเผยแพร่ข้อเท็จจริงพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำอย่างกว้างขวางในทุกระดับของสังคม รวมทั้งเผยแพร่สิ่งที่สามารถกระทำได้เพื่อให้ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำมีสภาพที่ดีขึ้น ข้าพเจ้ามั่นใจว่าหนังสือเล่มนี้จะมีบทบาทสำคัญในกระบวนการดังกล่าวนี้

แยน ดับเบิลยู. ฮุสมานส์

ผู้ช่วยผู้อำนวยการบริหาร

ฝ่ายประสานงานและประเมินผลสิ่งแวดล้อมของหน่วยเฝ้าระวังโลก

บทนำ

ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำบนพื้นผิวของโลก (อ่างเก็บน้ำใต้ดินไม่รวมอยู่ในหนังสือเล่มนี้) อาจเป็นทรัพยากรน้ำจืดที่สำคัญที่สุดของดาวเคราะห์ของเรา แหล่งน้ำเหล่านี้ให้น้ำใช้ภายในบ้านสำหรับประชากรโลกส่วนใหญ่ เป็นแหล่งสำคัญแหล่งหนึ่งของน้ำที่ใช้เพื่อการชลประทานสำหรับการผลิตพืชผลถึง 1 ใน 3 ของโลกซึ่งไม่สามารถผลิตโดยใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียวได้ ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำผิวโลกยังเป็นทรัพยากรที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรม และเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของพลังงานที่ผลิตขึ้นใหม่ในรูปของพลังน้ำ

การใช้น้ำโดยตรงเหล่านี้จะคู่กันไปกับการใช้น้ำโดยทางอ้อม ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำจึงเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ในรูปของปลาที่ให้โปรตีนร้อยละ 25 ของโปรตีนที่ประชาชนจำนวนมากในประเทศกำลังพัฒนาบริโภค ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำยังเป็นทรัพยากรที่สำคัญสำหรับการท่องเที่ยวและการพักผ่อน และเป็นที่อยู่อาศัยขององค์ประกอบที่สำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพของโลก 1 ใน 3 ของปลาทุกชนิดในโลกอาศัยอยู่ในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ แหล่งน้ำเหล่านี้ยังมีบทบาทสำคัญในการควบคุมน้ำท่วม และท้ายที่สุดทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำยังมีความสำคัญทางวัฒนธรรมและสุนิษภาพสำหรับมนุษย์ทั่วโลก

แต่กระนั้น ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง กำลังตกอยู่ในอันตรายที่หนักหนาสาหัส เพราะเมื่อทะเลสาบตื้นเขินให้มีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มลพิษจากน้ำไหลผ่านพื้นที่ทำการเกษตรและสารเคมีที่มีพิษเป็นอันตรายยิ่งเพิ่มมากขึ้น โครงการชลประทานก็เป็นสาเหตุสำคัญของการขึ้นลงของระดับน้ำในทะเลสาบและ

...ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ
รวมทั้งสิ่งแวดล้อมที่
เกี่ยวเนื่อง กำลังอยู่
ในอันตรายที่หนักหนา
สาหัส

รูปข้างล่างและรูปในหน้า
ถัดไป แสดงให้เห็นตัวอย่าง
สิ่งแวดล้อมในทะเลสาบ
ที่มีสภาพดีและไม่ดี
รูปแรกเป็นรูปทะเลสาบ
อาคัน ในประเทศญี่ปุ่น
และรูปที่สองเป็นรูปชายฝั่ง
ของทะเลสาบในประเทศ
เยอรมนี ทั้ง 2 รูป ได้มา
จากหนังสือ 'Your World'
ของโครงการสิ่งแวดล้อม
แห่งสหประชาชาติ
(ฮาร์วิลล์, 1992)



ในการวิเคราะห์
ครั้งสุดท้าย...
การปรับปรุงที่สำคัญ
เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม
ของทะเลสาบขึ้นอยู่กับ
การที่ประชาชนเข้าใจ
คุณค่าที่แท้จริง
ของทะเลสาบและ
อ่างเก็บน้ำของตน

อ่างเก็บน้ำมากมายหลายแห่ง และการตัดไม้ทำลายป่าทำให้เกิดการกัดกร่อนของดินและนำไปสู่การทับถมของตะกอนอย่างรวดเร็ว จนทำให้อายุขัยของอ่างเก็บน้ำที่สำคัญ ๆ หลายแห่งสั้นลง ฝนกรดทำลายสิ่งมีชีวิตหลายรูปแบบที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบในทวีปอเมริกาเหนือและยุโรปตะวันตกเฉียงเหนือ และการนำพืชและสัตว์ที่ไม่ใช่พันธุ์ดั้งเดิมในท้องถิ่นมาปลูกหรือเลี้ยง ก็เป็นการทำลายระบบนิเวศในทะเลสาบหลายแห่ง แต่โชคดีที่มีวิธีแก้ไขปัญหาล้วนใหญ่ แม้ว่าจะแก้ไขไม่ได้ทั้งหมดก็ตาม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาลเหล่านี้ ระบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโลกของ UNEP จึงได้ขยายและปรับปรุงเครือข่ายของสถานีตรวจสอบและควบคุมน้ำทั่วโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการประเมินคุณภาพน้ำในทะเลสาบอย่างถูกต้องแม่นยำมากขึ้นและบ่อยครั้งขึ้น ศูนย์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศของ UNEP ที่เปิดดำเนินงานในประเทศญี่ปุ่นใน ค.ศ. 1992 มีสำนักงาน 2 แห่ง โดยที่สำนักงานแห่งหนึ่งทุ่มเทให้กับการจัดการทะเลสาบน้ำจืดและอ่างเก็บน้ำ ด้วยวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อเร่งการถ่ายโอนเทคโนโลยีที่ประสบผลสำเร็จในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมของทะเลสาบไปยังส่วนต่างๆ ของโลกที่สิ่งแวดล้อมของทะเลสาบกำลังถูกคุกคามอย่างรุนแรง

อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมของทะเลสาบที่สำคัญและยืนยาว ขึ้นอยู่กับการที่ประชาชนเข้าใจในคุณค่าที่แท้จริงของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำของตน รวมทั้งเข้าใจในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำด้วย



ภูมิหลังทางวิทยาศาสตร์

ในโลกนี้มีน้ำเกือบ 14×10^8 ลูกบาศก์กิโลเมตร แต่ร้อยละ 97.5 ของน้ำจำนวนนี้เป็นน้ำเค็มและมีน้ำจืดเพียงร้อยละ 2.53 เท่านั้น ประชาชนจำนวนมากต้องอาศัยน้ำจืดจากทะเลสาบและแม่น้ำ ซึ่งแหล่งน้ำเหล่านี้มีน้ำจืดเพียงร้อยละ 0.26 และ 0.006 ตามลำดับของน้ำจืดทั้งหมด น้ำจืดที่ผิวโลกมากกว่าร้อยละ 68 จะเก็บอยู่ในน้ำแข็งทวีป จากรูปที่ 1 ได้สรุปการกระจายของน้ำในโลก โดยแสดงให้เห็นถึงน้ำที่มีอยู่คิดเป็นร้อยละของน้ำจืดและน้ำเค็มทั้งหมดในโลก

การมีน้ำจืดขึ้นอยู่กับอัตราการหมุนเวียนตามวัฏจักรของน้ำมากกว่าจำนวนน้ำที่มีอยู่ในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น ในขณะที่น้ำใต้ดินมีปริมาณมาก แต่มีการหมุนเวียนตามวัฏจักรของน้ำช้ามาก โดยเฉลี่ยทุก 1,400 ปีหรือมากกว่า ระยะเวลาการกักเก็บน้ำของทะเลสาบและแม่น้ำจะสั้นกว่ามาก กล่าวคือ ทะเลสาบจะใช้เวลาโดยเฉลี่ย 1.2 ปี และแม่น้ำใช้เวลาโดยเฉลี่ย 12 วัน



รูปที่ 1 การกระจายของน้ำในโลก
ข้อมูลจาก I.A. Shikloman, 'Global water resources' ใน Nature and resources, เล่มที่ 26 ฉบับที่ 3, 1990

น้ำไหลผ่านจากหยาดน้ำฟ้าประจำปีในประเทศที่คัดเลือกมา			
	จำนวนทั้งหมด (ลูกบาศก์กิโลเมตร)	ต่อเฮกตาร์ (1,000 ลูกบาศก์เมตร)	ต่อคน (1,000 ลูกบาศก์เมตร)
ประเทศที่มีน้ำมาก			
ไอซ์แลนด์	170	16.96	685.48
นิวซีแลนด์	397	14.78	117.53
แคนาดา	2,901	3.15	111.74
นอร์เวย์	405	13.16	97.40
บราซิล	5,190	6.14	36.69
ออสเตรเลีย	343	0.45	21.30
แคนเมอรูน	208	4.43	19.93
สหรัฐอเมริกา	2,478	2.70	10.23
ประเทศที่มีน้ำน้อย			
จีน	2,800	3.00	2.58
อินเดีย	1,850	6.22	2.35
เปรู	40	0.31	1.93
แอฟริกาใต้	50	0.41	1.47
โปแลนด์	49.40	1.62	1.31
เนเธอร์แลนด์	10.00	2.95	0.68
เคนยา	14.80	0.26	0.66
ซาอุดีอาระเบีย	2.20	0.01	0.18
อียิปต์	1.00	0.01	0.02

รูปที่ 2 การกระจายของ
ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ
ในโลก ทะเลสาบที่มี
พื้นที่ผิวมากกว่า 500
ตารางกิโลเมตร จะแสดง
ด้วยรูปวงกลมสีดำ
และอ่างเก็บน้ำที่รับน้ำ
ได้ 10 ลูกบาศก์กิโลเมตร
จะแสดงด้วยรูป
สามเหลี่ยมสีแดง



น้ำจืดที่มีปริมาณจำกัดถูกนำมาใช้อย่างมากในพื้นที่ส่วนใหญ่ของโลก ของเสียจากอุตสาหกรรม ของเสียจากบ้านเรือน และน้ำไหลผ่านจากการเกษตร สามารถทำให้แม่น้ำและทะเลสาบมีสารเคมี ของเสียและธาตุอาหาร และน้ำที่เป็นพิษมากเกินไปได้ ตะกอนที่มาจากกรกัดกร่อนของดินสามารถทำให้เขื่อน แม่น้ำ และโครงการไฟฟ้าพลังน้ำอยู่ในสภาพตื้นเขิน โครงการชลประทานที่สร้างอย่างไม่ถูกต้องจะดูดน้ำใต้ดินที่ไม่สามารถหามาแทนได้ให้หมดไป และด้วยเหตุที่น้ำจะยังคงอยู่ในทะเลสาบเป็นแรมเดือนหรือแรมปี ไม่เหมือนกับน้ำในแม่น้ำที่ไหลอย่างรวดเร็ว ดังนั้นน้ำในทะเลสาบจึงเกิดมลพิษได้ง่ายกว่ามาก คุณภาพน้ำในทะเลสาบจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้ากิจกรรมของมนุษย์เข้มข้นขึ้น และประชากรในพื้นที่ระบายน้ำรอบๆ ทะเลสาบเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มความเอาใจใส่ต่อเรื่องนี้ให้มาก เพื่อรักษาสังแวดล้อมในทะเลสาบให้มีสภาพดี และเพื่อการใช้ทรัพยากรในทะเลสาบอย่างยั่งยืน ซึ่งหมายความว่าไม่ใช่เฉพาะตัวทะเลสาบเท่านั้น แต่บริเวณลุ่มน้ำหรือ 'พื้นที่รับน้ำ' ของทะเลสาบต้องมีการจัดการอย่างระมัดระวังด้วย

สภาพน้ำจืดของโลกยังมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับสุขภาพของมนุษย์ ในทุกๆ วัน มีประชากรจำนวน 25,000 คนเสียชีวิตอันเป็นผลมาจากน้ำที่มีคุณภาพต่ำ ประชากรประมาณ 1,700 ล้านคน ซึ่งมากกว่า 1 ใน 3 ของประชากรโลก ไม่มีน้ำดื่มที่ปลอดภัย ผลที่เกิดขึ้นตามมาก็คือ มีผู้ป่วยเป็นโรคท้องร่วงประมาณ 900 ล้านคนในแต่ละปี ซึ่งคร่าชีวิตคนมากกว่า 3 ล้านคนที่ส่วนมากจะเป็นเด็กในทุกปี ประชากรประมาณ 1,200 ล้านคนขาดสิ่งอำนวยความสะดวกด้านสุขาภิบาลที่ถูกต้อง และในชั่วเวลาหนึ่งๆ ประชากรมากกว่า 200 ล้านคน ได้รับความทุกข์ทรมานจากโรคชิสโตโซไมเอซิส (schistosomiasis) โรคที่มาทางน้ำ ซึ่งทำให้อ่อนเพลียและบางครั้งเป็นอันตรายถึงชีวิต

ไม่เพียงแต่มวลของทะเลสาบที่มีความสำคัญเท่านั้น แต่เสถียรภาพของทะเลสาบก็มีความสำคัญด้วยเช่นกัน เนื่องจากการไหลของน้ำในแม่น้ำทำให้เกิดการขึ้นลงของระดับน้ำอย่างกว้างขวาง มนุษย์จึงได้สร้างทะเลสาบขึ้นมาซึ่งเรียกว่า อ่างเก็บน้ำบนพื้นโลก โดยการสร้างเขื่อนกันแม่น้ำ ทำให้กลายเป็นแหล่งน้ำที่มีเสถียรภาพสำหรับใช้ตามบ้านเรือน การชลประทานและพลังไฟฟ้าพลังน้ำ และลดการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ตอนล่างของลำน้ำ จำนวนอ่างเก็บน้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตัวอย่างเช่น ในประเทศญี่ปุ่นมีทะเลสาบธรรมชาติที่มีพื้นที่ใหญ่กว่า 1 ตารางกิโลเมตร ประมาณ 100 แห่ง แต่มีอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดเดียวกันเป็นจำนวนมากกว่าเกือบ 3 เท่า

ทะเลสาบตามธรรมชาติเป็นสิ่งธรรมชาติที่สุดที่พบทางตอนเหนือของอเมริกาเหนือและยูเรเชียที่อยู่รอบมหาสมุทรอาร์กติก เฉพาะในไซบีเรียและแคนาดา มีทะเลสาบอยู่เป็นจำนวนหลายล้านแห่ง ทะเลสาบส่วนใหญ่รวมทั้งทะเลสาบเกรตเลกส์ของอเมริกาเหนือเกิดจากการกัดเซาะของธารน้ำแข็งทวีปในยุคธารน้ำแข็งประมาณ 12,000–13,000 ปีมาแล้ว นอกจากนี้ยังมีทะเลสาบชายฝั่งที่ตื้นและทะเลสาบแม่น้ำเกิดขึ้นตามแม่น้ำใหญ่ๆ หลังยุคธารน้ำแข็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามแม่น้ำแยงซีในประเทศจีนและแถบชายฝั่งแอตแลนติกของทวีปอเมริกาใต้

ทะเลสาบที่ใหญ่ที่สุดในโลกเป็นทะเลสาบน้ำเค็มคือทะเลสาบแคสเปียน ทะเลสาบสุพีเรียเป็นทะเลสาบน้ำจืดที่มีพื้นที่ใหญ่ที่สุด ทะเลสาบไบคัลเป็นทะเลสาบที่มีปริมาตรมากที่สุด ซึ่งมีน้ำประมาณร้อยละ 20 ของปริมาณน้ำจืดที่มีบนพื้นผิวโลก และมีความลึกที่สุดถึง 1,637 เมตร ทะเลสาบไบคัลจึงเป็นทะเลสาบที่มีความลึกมากที่สุดในโลกด้วย(ทะเลสาบแคสเปียนมีความลึกที่สุดเท่ากับ 1,025 เมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับทะเลสาบขนาดใหญ่เหล่านี้และทะเลสาบเกรตเลกส์แล้ว ทะเลสาบอื่นๆ ส่วนใหญ่จัดเป็นทะเลสาบขนาดเล็ก

อย่างไรก็ตาม ความสำคัญของ

อายุเฉลี่ยของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำบางแห่ง

	อายุ (ปี)
ทะเลสาบธรรมชาติ	
ดิดิกา (เปรู/โบลิเวีย)	1,343
ทาโฮ (สหรัฐอเมริกา)	700
ไบคัล (รัสเซีย)	380
สุเปรี (แคนาดา/สหรัฐอเมริกา)	191
เกรตแบร์ (แคนาดา)	124
มิชิแกน (สหรัฐอเมริกา)	99.1
แวนเดอร์ (สวีเดน)	55.9
วิกตอเรีย (ยูกันดา/เคนยา/แทนซาเนีย)	23
บิเว (ญี่ปุ่น)	5.5
บาลาทอน (ฮังการี)	2
ไทฮู (จีน)	0.65
อ่างเก็บน้ำ	
วอลต้า (กานา)	4.3
คาริบา (แอมเบีย/ซิมบับเว)	3
ตุคูคู (บราซิล)	0.14

ปริมาณของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ ที่เลือกมา		เนื้อที่พื้นผิวของทะเลสาบน้ำจืด และทะเลสาบน้ำเค็มที่เลือกมา	
	ปริมาตร ลบ.กม.		เนื้อที่พื้นผิว ตร.กม.
ทะเลสาบธรรมชาติ		ทะเลสาบน้ำจืด	
ไบคัล (รัสเซีย)	23,000	ซูว์เรีย (แคนาดา/สหรัฐอเมริกา)	82,367
แทนแกนยิกา (บุนด์ีส/ชาอีร์/ แทนซาเนีย/แซมเบีย)	17,800	วิกตอเรีย (ยูกันดา/เคนยา/แทนซาเนีย)	68,800
ซูว์เรีย (แคนาดา/สหรัฐอเมริกา)	12,221	ออนแทรีโอ (แคนาดา/สหรัฐอเมริกา)	59,570
ไนยาซา (แทนซาเนีย/มาลาวี/โมซัมบิก)	8,400	มิชิแกน (สหรัฐอเมริกา)	58,016
มิชิแกน (สหรัฐอเมริกา)	4,871	แทนแกนยิกา (บุนด์ีส/ชาอีร์/แทนซาเนีย/ แซมเบีย)	32,000
วิกตอเรีย (ยูกันดา/เคนยา/แทนซาเนีย)	2,750	ไบคัล (รัสเซีย)	31,500
เกรตแบร์ (แคนาดา)	2,236	เกรตแบร์ (แคนาดา)	31,153
ออนแทรีโอ (แคนาดา/สหรัฐอเมริกา)	1,638	อีรี (แคนาดา/สหรัฐอเมริกา)	25,821
โทบา (อินโดนีเซีย)	1,258	เลม็อง (สวิตเซอร์แลนด์/ฝรั่งเศส)	584
เลม็อง (สวิตเซอร์แลนด์/ฝรั่งเศส)	89	ทะเลสาบน้ำเค็ม	
อ่างเก็บน้ำ		แคลเปียน (รัสเซีย/เติร์กเมนิสถาน/ คาซัคสถาน/อาเซอร์ไบจาน/อิหร่าน)	374,000
โอเวนฟอลส์ (ยูกันดา)	204	อาร์ัล* (คาซัคสถาน/อุซเบกิสถาน)	64,500
บรัดค์ (รัสเซีย)	169	บัลฮัช (คาซัคสถาน)	17,301
อัสวานไฮแดม (อียิปต์/ซูดาน)	162	มาราโคโบ (เวเนซุเอลา)	13,010
คาริบา (แซมเบีย/ซิมบับเว)	160	เดดซี (อิสราเอล/จอร์แดน)	940
		* ก่อนจะมีขนาดเล็กลง	

ทะเลสาบไม่ได้เกี่ยวข้องกับขนาดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ทะเลสาบอินบานูมะซึ่งตั้งอยู่ใน
กรุงโตเกียวมีความสำคัญเพราะเป็นแหล่งน้ำสำหรับบ้านเรือนและอุตสาหกรรมในเมือง แม้ว่าจะมี
ปริมาณน้อยกว่าทะเลสาบไบคัลหลายล้านเท่าก็ตาม ความสำคัญทางเศรษฐกิจและสังคมของ
ทะเลสาบจะเป็นตัวกำหนดให้มีความระมัดระวังในการใช้ทะเลสาบ และรู้จักจัดการคุณภาพของน้ำใน
ทะเลสาบด้วย

โดยทั่วไป ทะเลสาบที่ลึกและมีปริมาตรมากจะมีน้ำใสมาก ในขณะที่ทะเลสาบเล็กมักจะม
น้ำขุ่นเพราะถูกลมกวนน้ำให้ขุ่นได้ง่าย อีกทั้งยังมีธาตุอาหารมากเกินไปจึงทำให้สาหร่ายเจริญเติบโต
มากเกินไปจนเป็น แต่เห็นได้ชัดว่าการฟื้นฟูคุณภาพของทะเลสาบขนาดใหญ่ยากกว่าทะเลสาบ
ขนาดเล็ก เมื่อคุณภาพของน้ำและระบบนิเวศของทะเลสาบขนาดใหญ่เสื่อมโทรมลงครั้งหนึ่งแล้วการ
ฟื้นฟูจะทำได้ยาก เพราะน้ำในทะเลสาบต้องใช้เวลาานกว่าที่จะทำให้กลับสู่สภาพเดิม

คุณค่าของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ

นอกจากคุณค่าของทะเลสาบในฐานะที่เป็นแหล่งน้ำแล้ว ทะเลสาบน้ำจืดยังมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์เสมอมาด้วยเหตุผลอื่นๆ หลายประการ ทะเลสาบเป็นแหล่งประมง สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ และเส้นทางขนส่ง ทะเลสาบยังให้ประโยชน์ใช้สอยและประโยชน์ทางสุข นิเวศวิทยาอื่นๆ อีกมากมาย ทะเลสาบน้ำเค็มซึ่งมีประมาณ 1 ใน 4 ของทะเลสาบขนาดใหญ่ของโลกก็มีบทบาทสำคัญในด้านการประมง การเดินเรือ และอื่นๆ อีกมากมาย

การพัฒนาอย่างมีความหมายนั้นต้องเป็นการพัฒนาแบบยั่งยืน เพราะฉะนั้นทรัพยากรน้ำจะต้องได้รับการจัดการแบบยั่งยืนด้วย อย่างไรก็ตาม ควรถือว่าน้ำไม่ได้เป็นเพียงทรัพยากรอย่างหนึ่งเท่านั้น แต่ยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบนิเวศ และยังเป็นพาหะนำสารที่สำคัญในวัฏจักรชีวิตของเคมีของโลก ในการพัฒนาแบบยั่งยืน ถ้าพิจารณาถึงหน้าที่ที่แตกต่างกันทั้งหมดของน้ำแล้ว จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าจะต้องมีการจัดการทรัพยากรน้ำในที่สุดน้ำทั้งหมด การส่งเสริมแนวคิดนี้เป็นยุทธศาสตร์หลักของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ

การประเมินค่าพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศแคนาดา

ในอดีตนั้น คุณค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศแคนาดา ส่วนใหญ่เข้าใจกันว่าเป็นศักยภาพของพื้นที่นั้นๆ เพื่อเปลี่ยนไปให้มีการใช้ประโยชน์มากกว่าเดิม ความล้มเหลวในการแสดงปริมาณที่แท้จริงในคุณค่าของพื้นที่ชุ่มน้ำ เพื่อที่จะเปรียบเทียบกับการใช้ที่ดินที่เป็นการแข่งขันหรือเป็นทางเลือกอื่น มีผลทำให้เกิดการสูญเสียบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำอย่างน่าสังเกต แท้ที่จริงแล้วพื้นที่ชุ่มน้ำเป็นทรัพยากรทางเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับแคนาดา มีค่าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของเศรษฐกิจโดยรวมของชาติ ตารางทางด้านขวาได้ลำดับหน้าที่ที่สำคัญบางอย่างของพื้นที่ชุ่มน้ำ และประมาณการคุณค่าประจำปีของมัน

แม้ว่าความรู้เกี่ยวกับคุณค่าและหน้าที่ของพื้นที่ชุ่มน้ำมีเพิ่มขึ้นอย่างมากในทศวรรษที่ผ่านมา แต่ก็ยังมีช่องว่างที่สำคัญในความรู้ นั้น จึงจำเป็นต้องมีการทบทวนเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น อุปสรรคที่สำคัญอีกประการในความพยายามที่จะอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำเป็นผลจากข้อเท็จจริงที่ว่าพื้นที่ชุ่มน้ำส่วนมากเอื้อประโยชน์ต่อสาธารณชนโดยทั่วไปและไม่ได้ให้ประโยชน์แก่เจ้าของแต่เพียงผู้เดียว

คุณค่าทางเศรษฐกิจของพื้นที่ชุ่มน้ำของแคนาดา

ประโยชน์	มูลค่าประจำปีที่มีประมาณไว้ (ล้านเหรียญแคนาดา)
- กีฬาดกปลาและล่าสัตว์ที่ไม่ใช่เพื่อการบริโภค	1,434
- การพักผ่อน	3,000
- การจับสัตว์ขนยาว	70
- การผลิตพืช	679
- การจับปลาเพื่อการค้า	80
- การกักให้น้ำบริสุทธิ์	1,350
- การลดระดับน้ำท่วมช่วงสูงสุด	2,700
- การป้องกันชายฝั่ง	ไม่มีข้อมูล
รวม	9,320 ล้านเหรียญแคนาดา

การใช้น้ำ

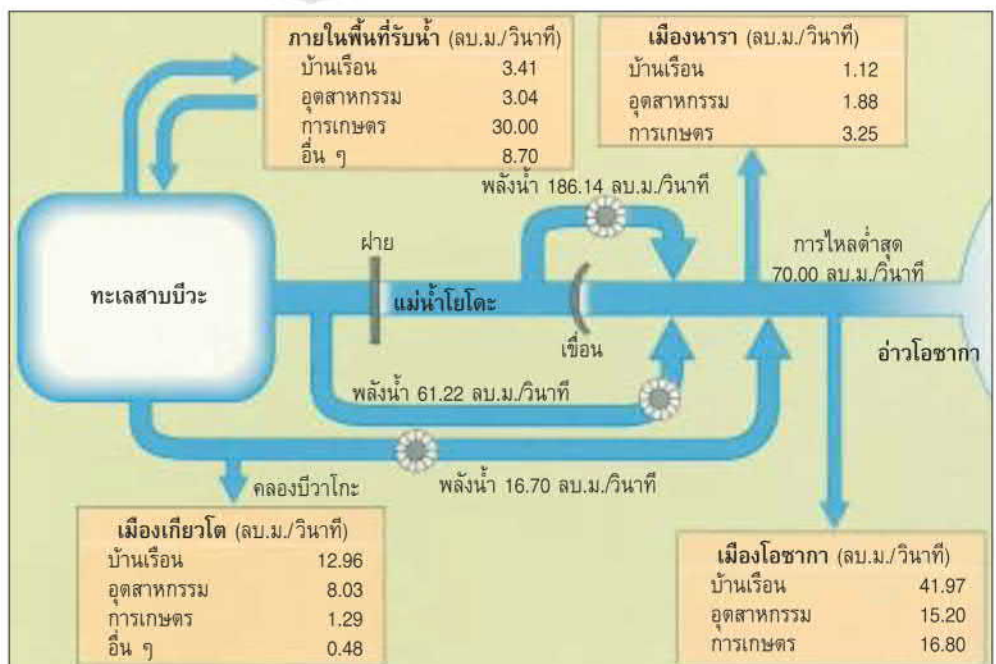
บทบาทสำคัญอย่างหนึ่งของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำก็คือ เป็นแหล่งน้ำเพื่อการบริโภคโดยตรงของมนุษย์เพื่อการเกษตร การอุตสาหกรรม รวมทั้งให้พลังงานจากน้ำ มนุษย์เลือกอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีน้ำจืดเสมอถ้าสามารถทำได้ ตัวอย่างเช่น ทะเลสาบปีวะและแม่น้ำในประเทศญี่ปุ่น หนึ่งแหล่งน้ำดื่มของประชาชนถึง 14 ล้านคน

การใช้น้ำจืดเพื่อการเกษตรชลประทานมีประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในโลก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 เป็นต้นมา พื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่า คือ ประมาณ 270 ล้านเฮกตาร์ 1 ใน 3 ของอาหารในโลกปลูกในพื้นที่ชลประทาน แม้ว่าจะมีเนื้อที่เพียงร้อยละ 18 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดก็ตาม

น้ำในทะเลสาบเป็นแหล่งพลังงานจากน้ำที่มีศักยภาพ ตัวอย่างเช่น เขื่อนอัสวานเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้าใน ค.ศ. 1967 และเมื่อถึง ค.ศ. 1984 สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 88 ของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดตามทฤษฎี (ประมาณ 8,000 ล้านกิโลวัตต์ต่อปี) ในค.ศ. 1986 เขื่อนอัสวานจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า 1 ใน 3 ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศอียิปต์ หลังจากที่ได้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด ร้อยละ 53 ใน ค.ศ. 1974 ก่อนที่จะมีการสร้างสถานีผลิตกระแสไฟฟ้าอื่นๆ นอกจากนี้เขื่อนอัสวานยังจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โรงงานผลิตปุ๋ยแห่งใหม่ซึ่งมีกำลังผลิต 200,000 ตันต่อปี รวมทั้งโรงงานผลิตสารเคมีอื่นๆ ในเขตอัสวานด้วย

ปริมาณน้ำจำนวนมากยังนำไปใช้ทางด้านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการฉลุลึก เหล็กกล้า กระดาษ และสารเคมีต่างๆ

รูปที่ 3 การใช้ประโยชน์จากน้ำ (ในปริมาณลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ในลุ่มน้ำทะเลสาบปีวะ



การประมงและขนส่ง

ทั้งทะเลสาบธรรมชาติและอ่างเก็บน้ำเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของประชากรในท้องถิ่นนั้นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนา อาหารที่รับประทานกันทั่วไปในทวีปแอฟริกา มีปลาเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 20 ของโปรตีนที่ได้จากสัตว์

การขนส่งทางน้ำในทะเลสาบหลายแห่งมีประสิทธิภาพมาก ทำได้ง่าย และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นวิธีการขนส่งที่เหมาะสมเพียงวิธีเดียวในทะเลสาบบางแห่ง การขนส่งทางน้ำมีความสำคัญไม่เพียงต่อผู้โดยสารเท่านั้น แต่มีความสำคัญต่อการขนส่งสินค้าไปยังตลาดในท้องถิ่น และในการเคลื่อนย้ายสินค้าจำนวนมากจำพวกผลผลิตทางการเกษตรและผลผลิตของทะเลสาบ โดยบรรทุก กากเป็นระยะทางไกลๆ

การท่องเที่ยวและพักผ่อน

สิ่งพิมพ์เกี่ยวกับการสำรวจสถานะภาพทะเลสาบของโลก (*Survey of the state of world lakes*) ของ UNEP/ILEC ซึ่งครอบคลุม ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำจำนวน 215 แห่งทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำในโลกจำนวนมากสามารถพัฒนาเพื่อการท่องเที่ยวได้ และพบว่าร้อยละ 80 ของทะเลสาบในทวีปเอเชียและแปซิฟิก ร้อยละ 91 ของทะเลสาบในทวีปยุโรป ร้อยละ 62 ในทวีปแอฟริกา ร้อยละ 92 ในทวีปอเมริกาเหนือ และร้อยละ 83 ในทวีปอเมริกาใต้ มีศักยภาพสำหรับการท่องเที่ยว

ศักยภาพนี้จะเพิ่มสูงขึ้น ถ้าทะเลสาบมีพืชและสัตว์ที่หายากหรือใกล้สูญพันธุ์ มีระบบนิเวศ ภูมิทัศน์ และกระบวนการทางธรรมชาติที่ไม่ธรรมดา มีแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีความหลากหลายสูง และมีการเปลี่ยนแปลงความสูงทอดผ่านบริเวณนั้นที่เห็นได้อย่างชัดเจน การพักผ่อนและการท่องเที่ยวส่งผลอย่างเห็นได้ชัดต่อเศรษฐกิจระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับชาติ ทั้งในประเทศพัฒนาแล้ว (ตัวอย่างเช่น ทะเลสาบลอกเนสในสหราชอาณาจักร และทะเลสาบเอเวอร์เกลดส์ในสหรัฐอเมริกา) และในประเทศกำลังพัฒนา (ตัวอย่างเช่น ทะเลสาบคาริบาในประเทศซิมบับเวและแซมเบีย ทะเลสาบโทบาในประเทศอินโดนีเซีย ทะเลสาบนากูรูในประเทศเคนยา และทะเลสาบดัลในประเทศอินเดีย)



เรือกำลังขนถ่ายวัสดุทางอุตสาหกรรมสำหรับโรงงานแห่งหนึ่งที่ตั้งอยู่บนฝั่งทะเลสาบตุงกิงในประเทศจีน

เรือประมงขนาดเล็ก
ในทะเลสาบสงขลา
ประเทศไทย



ความหลากหลายทางชีวภาพ

ปลาน้ำจืดมีอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของปลาทุกชนิดในโลก ความหลากหลายของพันธุ์ปลาในทะเลสาบเก่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นพิเศษ ในทะเลสาบแทนแกนยิกา หนึ่งในจำนวนทะเลสาบเก่าแก่ที่สุดของโลก พบว่ามีปลามากกว่า 250 ชนิด ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 ของปลาเหล่านี้จะพบเฉพาะในทะเลสาบแห่งนี้เท่านั้น เมื่อทะเลสาบมีระบบกักปิดปลาจึงไม่มีทางหนีออกไปจากความเสื่อมโทรมของทะเลสาบ ดังนั้นปลาเหล่านี้จึงเปราะบางต่อการรบกวนทางระบบนิเวศ

ฝั่งหรือเขตชายฝั่งมีกิจกรรมและอัตราการผลิตทางชีวภาพสูงที่สุดในระบบนิเวศของทะเลสาบ ดังนั้นจึงมีผลอย่างมากต่อทรัพยากรชีวภาพของทะเลสาบโดยรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทะเลสาบน้ำตื้นขนาดเล็ก ในอีกด้านหนึ่ง กิจกรรมของมนุษย์ที่มักจะรวมตัวอยู่ที่ชายฝั่งทะเลสาบ มีผลให้ระบบนิเวศชายฝั่งเผชิญกับความไม่สงบและการถูกทำลายยิ่งกว่านั้น เนื่องจากชายฝั่งทะเลสาบเป็นที่พักอาศัยของนกซึ่งอพยพมาจากแหล่งอื่น ทะเลสาบจึงสามารถมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศของพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลออกไปในภูมิภาคอื่นๆ ได้ด้วยเช่นกัน

การควบคุมอุทกภัย

ทะเลสาบใหญ่ในประเทศกัมพูชา เป็นทะเลสาบที่ในฤดูฝนได้รับน้ำและตะกอนจากแม่น้ำโขงซึ่งระบายน้ำมาจากบริเวณที่เป็นภูเขาในประเทศไทย ประเทศลาว และชายแดนประเทศจีน ดังนั้นทะเลสาบสามารถรักษาระบบน้ำไหลที่ไหลลงสู่ประเทศ

ผลกระทบจากเขื่อนอัสวานต่อผลผลิตปลา

ในช่วงก่อนที่จะมีการสร้างเขื่อนอัสวานในประเทศอียิปต์ ผลผลิตปลาที่ได้จากทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและเขื่อนอัสวานรวมกัน มีปริมาณมากกว่าผลผลิตปลาที่ได้จากทะเลเมดิเตอร์เรเนียนแห่งเดียว ดังนั้น ผลกระทบทั้งหลายของเขื่อนอัสวานต่อผลผลิตปลาในประเทศอียิปต์จึงเป็นไปได้ทั้งทางบวกอย่างมาก และไม่ได้เป็นไปได้ทั้งลบตามที่หนังสือเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมบางเล่มนำเสนอไว้

องค์การทะเลสาบซึ่งรับผิดชอบในการพัฒนาทะเลสาบและสิ่งแวดล้อมของทะเลสาบ สนับสนุนผู้คนที่เคยอาศัยอยู่เดิมให้กลับมายังพื้นที่และช่วยกันพัฒนาอุตสาหกรรมประมงและอุตสาหกรรมฟิชในขณะนี้ มีชาวประมงประมาณ 7,000 คนที่ทะเลสาบแล้ว

ปลาชนิดต่าง ๆ ในทะเลสาบเก่า

	อายุของทะเลสาบ (ล้านปี)	จำนวนชนิด ของปลา	อัตราของปลาชนิดต่างๆ ที่มีเฉพาะในแหล่งนั้น
ทะเลสาบแทนแกนิกา (แอฟริกา)	5-20	> 250	> ร้อยละ 80
ทะเลสาบวิกตอเรีย (แอฟริกา)	0.75	> 240	> ร้อยละ 80
ทะเลสาบมาลาวี (แอฟริกา)	2	> 260	> ร้อยละ 80
ทะเลสาบไบคัล (เอเชีย)	20-30	40*	ร้อยละ 50*
ทะเลสาบบีวะ (เอเชีย)	2	60*	ร้อยละ 20*
* ค่าโดยประมาณ			

เวียดนามให้คงตัวได้โดยการขวางกั้นน้ำไหลที่เกิดจากน้ำท่วม นอกจากนี้ยังช่วยรักษาคุณภาพน้ำในบริเวณนั้น และเพิ่มผลผลิตทางชีวภาพสำหรับสัตว์น้ำและพืชน้ำในแม่น้ำและสำหรับชุมชนในภูมิภาคนั้นด้วย

ในทวีปอเมริกาใต้ กิจกรรมในพื้นที่รับน้ำของประเทศบราซิลในแม่น้ำพารานา โดยเฉพาะการตัดไม้ทำลายป่า การผันน้ำ และการทำเหมืองแร่ ล้วนแล้วแต่ทำให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับอนาคตของปันตานัล—พื้นที่ชุ่มน้ำใหญ่ที่สุดในโลกซึ่งตั้งคร่อมเขตแดนของประเทศบราซิล ปารากวัย และโบลิเวีย ยิ่งไปกว่านั้น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายในเขตปันตานัลเอง รวมทั้งการลดพื้นที่ป่าไม้และการขยายพื้นที่เพาะปลูก ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบน้ำท่วมของแม่น้ำพารานาตามทางน้ำส่วนใหญ่ในตอนกลางของประเทศปารากวัยและอาร์เจนตินา

ทะเลสาบติติกา

แม้จะมีความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (3,810 เมตร) ประชาชนก็ยังอาศัยอยู่โดยรอบทะเลสาบติติกา มาตั้งแต่ก่อนยุคอินคา ก่อนการมาถึงของชาวยุโรป ทะเลสาบก่อให้เกิดเศรษฐกิจที่อุดมสมบูรณ์จากการเลี้ยงแกะอัลปากา (alpaca) และลามะ (llama) การจับปลาและการค้า ปัจจุบันประชากรส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ริมทะเลสาบยังพึ่งพาสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ชุ่มน้ำเป็นอย่างมาก สัตว์เลี้ยงตามบ้านในขณะนี้ประกอบด้วย vicuña และวัวควาย และมีการนำปลาเทราต์เข้ามา มีการเก็บพีชน้ำมาประดิษฐ์สิ่งของและใช้เป็นอาหาร พีชน้ำ 'ยักโก' (Yacco) ใช้เป็นอาหารวัวและกกโทโทรา (Totora) ทำเรือและทำแปลงพีชลอยน้ำ ในแต่ละปีสามารถจับปลาได้ประมาณ 5,000–6,000 ตัน

มรดกทางวัฒนธรรมและคุณค่าทางสุนทรียภาพ

ทะเลสาบมักเป็นส่วนประกอบหลักในภูมิทัศน์ของภูมิภาคที่อยู่รอบๆ ทำให้เกิดความหลากหลายและเป็นจุดศูนย์รวมในการชมภูมิทัศน์ ทั้งภูมิทัศน์และคุณค่าทางสุนทรียภาพที่เกี่ยวข้อง เป็นเรื่องยากที่จะสร้างขึ้นมาทดแทนใหม่ได้ถ้าถูกทำลายไป

ทะเลสาบจำนวนมากทั้งขนาดใหญ่และเล็ก มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของภูมิภาคที่เกี่ยวข้องมาหลายศตวรรษ ชุมชนข้างทะเลสาบจะดำรงชีวิตตามวิถีการธรรมชาติของทะเลสาบอย่างใกล้ชิด ด้วยการปรับตัวให้เข้ากับการเคลื่อนไหวตามฤดูกาลของปลา การเจริญเติบโตของพืชพรรณ และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ ในระบบของทะเลสาบเกือบทั้งหมด ประชากรในท้องถิ่นจะใช้ความหลากหลายของทรัพยากร รวมทั้งปลา

ทะเลสาบเบอร์ลีย์กริฟฟิน
ในกรุงแคนเบอร์รา เป็น
ทะเลสาบเทียมที่สร้างขึ้น
เพื่อวัตถุประสงค์ทางด้าน
ทัศนียภาพ





ทะเลสาบเป็นภูมิทัศน์
ที่สวยงามและมี
ความหมายมากที่สุด
ทะเลสาบเป็นดวงตา
ของโลก การมองเข้าไป
ในทะเลสาบทำให้
ผู้มองวัดความลึกใน
ธรรมชาติของตัวเองได้

Walden

ของเฮนรี เดวิด ทอโร

(Henry David Thoreau)

เพื่อการบริโภคหรือเพื่อจำหน่าย ใช้พืชพรรณสำหรับการเลี้ยงสัตว์และการก่อสร้าง และใช้พื้นที่ชายฝั่งที่ชุ่มชื้นเพื่อปลูกผักและพืชอื่นๆ

ชุมชนหลายชุมชนใช้สถานที่ที่มีลักษณะพิเศษสำหรับกิจกรรมทางศาสนาและทางจิตวิญญาณ หรือให้คุณค่ากับสถานที่นั้นเพราะมีเหตุการณ์ทางศาสนาหรือจิตวิญญาณที่เราเชื่อว่าจะเกิดในบริเวณนั้น การอุทิศตนให้แก่สถานที่หนึ่งอาจหลอมรวมเข้าไปในวิถีชีวิตของชุมชนซึ่งไม่ได้ปรากฏให้ผู้สังเกตจากภายนอกเห็นได้ในทันที ทะเลสาบมักใช้เป็นสถานที่ในลักษณะดังกล่าวข้างต้น

นอกจากนั้น ผู้คนในท้องถิ่นอาจมีความผูกพันทางจิตใจอย่างแรงกล้ากับสถานที่เพราะครอบครัวหรือชุมชนของพวกเขาเคยใช้สถานที่นั้นกันมาหลายชั่วอายุคนหรืออาจเป็นเพราะเกี่ยวข้องกับลักษณะต่างๆ ทางวัฒนธรรมของพวกเขา ในหลายกรณีเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้ที่จะหาสิ่งอื่นใดมาทดแทนการสูญเสียสถานที่เช่นนั้นไป ซึ่งโดยคำนิยามเป็นสถานที่ที่มีอยู่หนึ่งเดียวในโลก

การยกระดับคุณค่าทางการท่องเที่ยวของทะเลสาบซี-หู

ด้วยเนินเขาที่สวยงาม ทะเลสาบซี-หู (ทะเลสาบตะวันตก) ทะเลสาบน้ำตื้นซึ่งอยู่ติดกับเมืองหางโจวในประเทศจีน เป็นทะเลสาบที่มีชื่อเสียงทางด้านความสวยงามทางภูมิทัศน์มาตั้งแต่สมัยราชวงศ์ถัง (ค.ศ. 618–907) จึงมีความพยายามอย่างยิ่งที่จะรักษาชายฝั่งอันสวยงามของทะเลสาบไว้ และทะเลสาบก็ดึงดูดนักท่องเที่ยวจำนวนมากได้ ในค.ศ. 1983 ได้มีการดำเนินโครงการพัฒนาทะเลสาบโดยรวม ซึ่งกำหนดให้การท่องเที่ยวเป็นหน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งของทะเลสาบด้วย

องค์การด้านสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่นได้ดำเนินการหลายวิธีในการลดสภาวะยูโทรฟิเคชันและรักษาภูมิทัศน์ของทะเลสาบ ทั้งนี้รวมถึงการก่อสร้างโรงบำบัดน้ำเสีย การผันน้ำสะอาดจากแม่น้ำใกล้เคียงเข้ามาในทะเลสาบ การย้ายหรือปิดแหล่งมลพิษจากอุตสาหกรรม การขุดลอกตะกอนที่ก้นทะเลสาบ การสร้างแนวหินชายฝั่งเพื่อป้องกันการไหลเข้าของโคลนเลนและธาตุอาหารจากไหลผ่านที่เกิดจากพายุ การเปลี่ยนเรือสำราญที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลมาใช้เครื่องยนต์ไฟฟ้า การลดระดับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยการห้ามใช้เหยื่อจับปลา และการควบคุมมลพิษที่มีสาเหตุมาจากการมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก การสกัดกั้นน้ำเสียและการผันน้ำสะอาดเข้ามาทำให้เกิดความแตกต่างพื้นฐานในส่วนดูลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในทะเลสาบ และทำให้ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลดลงร้อยละ 71 และ 74 ตามลำดับ

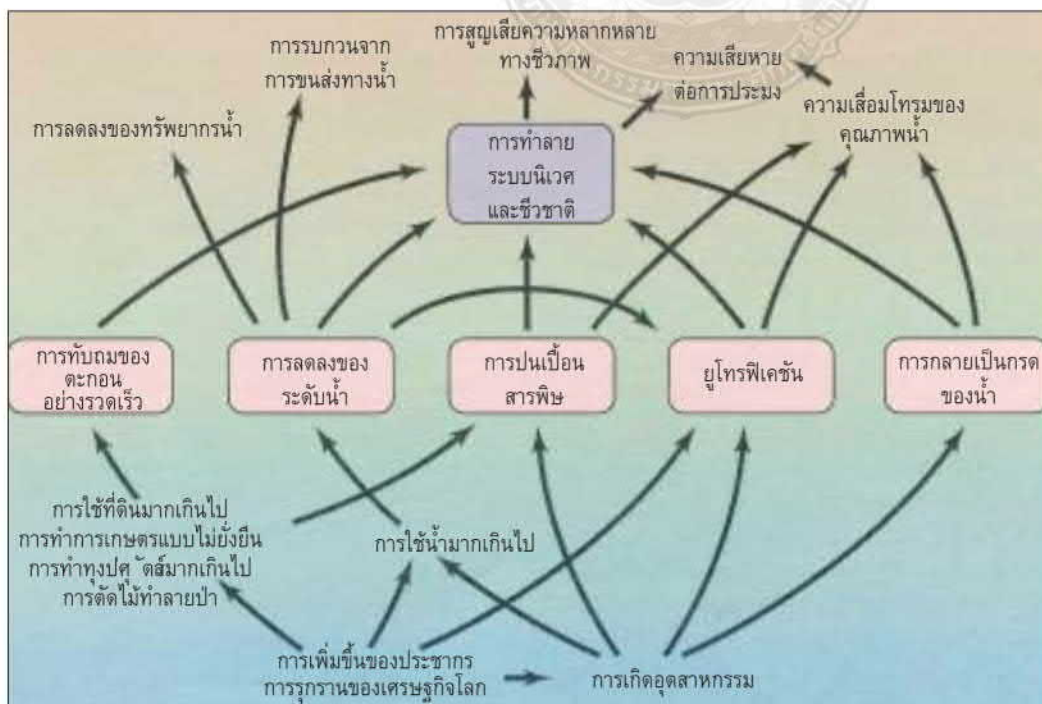
ความเสื่อมโทรมของทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ

รายงานการสำรวจสภาพทะเลสาบทั่วโลกจากโครงการร่วมของ UNEP/ILEC แสดงถึงปัญหาหลัก 6 ประการที่เกิดขึ้นในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ (ดูรูปที่ 4) เมื่อพิจารณาถึงความสำคัญที่เพิ่มมากขึ้นของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำในด้านที่เป็นแหล่งน้ำจืด ปัญหาเหล่านี้จึงแสดงถึงความท้าทายด้านระบบนิเวศที่รุนแรง เทียบความสำคัญได้เท่ากับการตัดไม้ทำลายป่าเขตร้อนและการกลายเป็นทะเลทรายของพื้นที่ดินที่เคยอุดมสมบูรณ์

การเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำและระบบนิเวศน้ำที่เป็นผลตามมา รวมทั้งปริมาณของน้ำจืดที่มีอยู่ลดลง เป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมของโลกในความหมายที่ว่าสิ่งนี้กำลังเกิดขึ้นพร้อมๆ กันในพื้นที่ส่วนใหญ่ของโลก

ยูโทรฟิเคชัน

ยูโทรฟิเคชัน—กระบวนการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำเนื่องจากมีธาตุอาหารมากเกินไป—ทำให้ผู้อยู่อาศัยรอบทะเลสาบในเขตประชากรหนาแน่นของโลกขาดน้ำที่มีคุณภาพดี แม้การพัฒนาโรงบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งจะช่วยลดสภาวะยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบหลายแห่งในประเทศอุตสาหกรรม แต่การฟื้นตัวของคุณภาพน้ำยังไม่สมบูรณ์เนื่องจากความยากลำบากในการควบคุมแหล่งแพร่กระจายธาตุอาหาร เช่น น้ำที่ไหลผ่านจากพื้นที่การเกษตรและพื้นที่เมืองลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ



รูปที่ 4 ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ 6 ประการ ที่พบในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำทั่วโลก จากภาพแสดงให้เห็นวิธีที่ปัญหาเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน

ในเมืองใหญ่ของประเทศกำลังพัฒนาส่วนมากไม่มีระบบระบายน้ำเสียหรือมีจำกัด จึงจำเป็นต้องมีการลงทุนทั้งเงินและเวลาอย่างมากมายมหาศาลในการก่อสร้างระบบเหล่านี้ ในปัจจุบันทะเลสาบบางแห่งในประเทศกำลังพัฒนา กำลังประสบปัญหายูโทรฟิเคชันอย่างมาก จนพืชและสัตว์ประจำถิ่นจำนวนมากที่เคยอาศัยอยู่ในทะเลสาบต้องตายไป

ในการสำรวจทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำจำนวน 215 แห่ง โดย UNEP/ILEC พบว่ามีทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำในภูมิภาคต่าง ๆ ที่ประสบปัญหายูโทรฟิเคชันคิดเป็นร้อยละดังต่อไปนี้ เอเชียและแปซิฟิกร้อยละ 54 ยุโรปร้อยละ 53 แอฟริการ้อยละ 28 อเมริกาเหนือร้อยละ 48 และอเมริกาใต้ร้อยละ 41

การเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบเดียนซี

ในทะเลสาบเดียนซีใกล้เมืองคุนหมิง เมืองหลวงของมณฑลยูนนานประเทศจีน สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Microcystis) เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วปกคลุมพื้นผิวทะเลสาบเกือบตลอดปี และทำให้พืชน้ำพื้นเมือง ปลา และหอยตายไปร้อยละ 90 และยังทำลายอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงปลาอีกด้วยเนื่องจากน้ำในทะเลสาบขาดออกซิเจน น้ำประปาสำหรับผู้อยู่อาศัยในเมืองคุนหมิงจำนวน 1.2 ล้านคนกำลังขาดแคลน และในค.ศ. 1992 นครคุนหมิงเริ่มใช้น้ำจากทะเลสาบที่มีธาตุอาหารอยู่มากนี้เป็นแหล่งผลิตน้ำประปา โรงบำบัดน้ำเสียแห่งแรกเริ่มทำงานในฤดูร้อน ค.ศ. 1993 แต่ก็สามารถบำบัดน้ำเสียจากเมืองได้เพียงร้อยละ 10 เท่านั้น



การขึ้นลงของระดับน้ำ

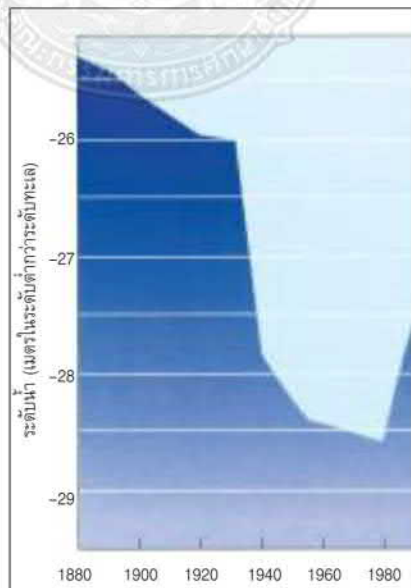
การนำน้ำจากทะเลสาบหรือลำน้ำสาขาของทะเลสาบมาใช้มากเกินไป มีผลทำให้เนื้อที่ของทะเลสาบและปริมาณน้ำในทะเลสาบลดลง รวมทั้งเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชันและการสะสมตัวของแร่ธาตุในน้ำ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่ออุตสาหกรรมที่ต้องอาศัย

ทรัพยากรในทะเลสาบรวมทั้งทำลายระบบนิเวศในทะเลสาบอีกด้วย ในกรณีของทะเลสาบอาร์ล ทะเลสาบแห่งนี้ต้องสูญเสียพื้นที่ไป 1 ใน 3 และสูญเสียน้ำไปอีก 2 ใน 3 รวมทั้งสูญเสียสิ่งมีชีวิตประจำถิ่นไปเกือบทั้งหมดในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ทะเลสาบอาร์ลถือเป็นตัวอย่างซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไป ลักษณะที่คล้ายคลึงกับทะเลสาบอาร์ลยังเกิดขึ้นกับบริเวณที่แห้งแล้งในทะเลสาบอื่นๆ อีกด้วย เช่น ทะเลสาบบัลฮัสในประเทศคาซัคสถาน ทะเลสาบชิงไห่ในประเทศจีน และทะเลสาบโมโนในสหรัฐอเมริกา การใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำและการชลประทานทำให้ระดับน้ำลดลงถึง 18 เมตร และก่อให้เกิดสภาวะยูโทรฟิเคชันอย่างรุนแรงในทะเลสาบซีแวนในประเทศอาร์เมเนียในระหว่าง ค.ศ. 1935–1976 มีตัวบ่งชี้ว่า การลดลงของระดับน้ำเพียงแค่ 2–3 เมตร ก็สามารถทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมได้ (เช่น ที่เกิดในทะเลสาบเอโอไฮในมลรัฐอินดีแอนาของปะเทศจีน) อย่างไรก็ดี จำเป็นจะต้องศึกษาเรื่องการขึ้นลงของระดับน้ำต่อไป ตัวอย่างเพิ่มเติมของการขึ้นลงของระดับน้ำอีก 2 ตัวอย่างได้อธิบายไว้ข้างล่างนี้

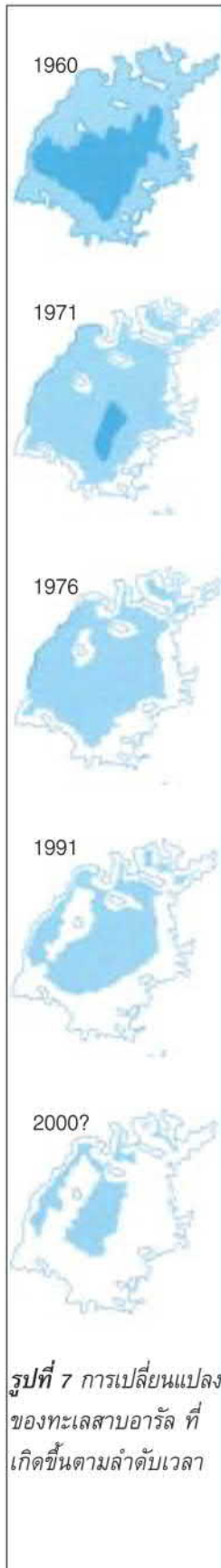
ทะเลสาบแคสเปียน

แม้ว่าทะเลสาบแคสเปียนอยู่ไม่ไกลจากทะเลสาบอาร์ล แต่ระดับน้ำของทะเลสาบแคสเปียนเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีหลักฐานบ่งชี้ว่าระดับน้ำของทะเลสาบปิดขนาดใหญ่แห่งนี้ผันผวนตลอดระยะเวลาในประวัติศาสตร์ที่ผ่านมา การลดลงของระดับน้ำอย่างรุนแรงครั้งหนึ่งเกิดขึ้นในระหว่าง ค.ศ. 1932–1945 เนื้อที่ของทะเลสาบลดลง 37,000 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่แล้วเกิดขึ้นในบริเวณที่ตื้นเขินแถบตอนเหนือของทะเลสาบ ท่าเรือทั้งหมดต้องสร้างใหม่เพื่อปรับให้เข้ากับระดับน้ำที่ลดต่ำลง พื้นที่วางไข่ของปลาก็ลดลง ส่งผลให้เกิดความสูญเสียในผลผลิตปลา และยังมีทะเลทรายเกลือปรากฏขึ้นในบริเวณทะเลสาบด้วย

ปลายทศวรรษ 1970 ระดับน้ำเริ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว สูงกว่าระดับต่ำสุดประมาณ 1.5 เมตร สาเหตุ สืบเนื่องมาจากปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่เพิ่มขึ้นในบริเวณที่ลุ่มทะเลสาบ ในปัจจุบันจึงต้องปรับเศรษฐกิจของทะเลสาบให้เข้ากับระดับน้ำที่สูงขึ้น เมืองทั้งหลาย เขตที่พักอาศัย ทางรถไฟและถนนทั้งหมดจะต้อง

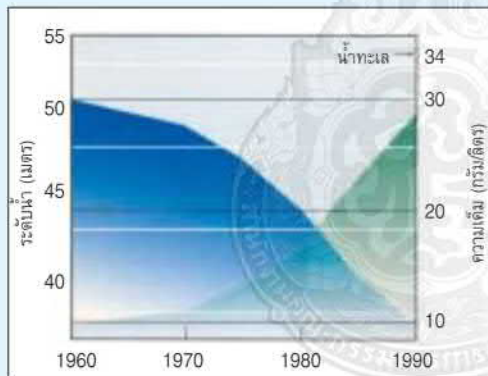


รูปที่ 5 การขึ้นลงของระดับน้ำในทะเลสาบแคสเปียน (ตัวเลขวัดมีหน่วยเป็นเมตรในระดับต่ำกว่าระดับทะเล)



ความหายนะของทะเลสาบอารัล

ทะเลสาบอารัล ครั้งหนึ่งเป็นทะเลสาบที่ใหญ่เป็นอันดับที่สี่ของโลก แต่ในปัจจุบันกลับตกไปอยู่อันดับที่หก เพราะใน ค.ศ. 1960 น้ำส่วนใหญ่จากแม่น้ำอามูและแม่น้ำไซร์ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบถูกนำไปใช้เพื่อการเกษตร จนทำให้ปริมาณน้ำที่เหลือไม่เพียงพอต่อการหักกลบลบกันกับการระเหยของน้ำจากผิวน้ำทะเลสาบ ด้วยเหตุนี้ระดับน้ำจึงลดลงและความเค็มเพิ่มขึ้นจากอัตราการไหลเข้าของน้ำในปัจจุบัน พื้นที่ของทะเลสาบอารัลหดเล็กลงเรื่อยๆ และจะมีขนาดเล็กลงเหลือเพียง 2 ใน 3 ของขนาดในปัจจุบัน ภายใน ค.ศ. 2000



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและระดับความเค็มในทะเลสาบอารัล



สภาพเรือที่ถูกทิ้งไว้ให้เกยตื้นในบริเวณที่น้ำเหือดแห้งไปของทะเลสาบอารัล

ครั้งหนึ่งของการลงทุนในการเกษตรบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบอารัลใน 30 ปีที่ผ่านมา เป็นการลงทุนด้านการชลประทาน แต่ทว่าคลองชลประทานส่วนใหญ่ไม่มีการดาดผิวตลิ่งและพื้นคลอง จึงทำให้สูญเสียน้ำไปเป็นจำนวนมาก ทะเลสาบจึงมีขนาดเล็กลงตั้งแต่ตอนต้นทศวรรษ 1960 ในขณะที่ความเข้มข้นของเกลือในน้ำในทะเลสาบเพิ่มมากขึ้น บริเวณที่เป็นท้องทะเลสาบแต่เดิมขณะนี้กลายเป็นทะเลทรายเกลือซึ่งเกลือถูกลมพัดให้กระจัดกระจายไป ความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมนี้ทำให้คุณภาพน้ำในทะเลสาบไม่เป็นที่ยอมรับเพื่อการบริโภค มีปริมาณเกลือลอยปะปนอยู่ในอากาศมาก และมีการตกค้างของสารฆ่าศัตรูพืชในระดับสูงทั้งหมดนี้ล้วนมีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์ที่อาศัยอยู่ในลุ่มน้ำทะเลสาบอารัลทั้งสิ้น

อัตราการเสื่อมโทรมบริเวณตอนล่างของแม่น้ำไซร์ เพิ่มขึ้นถึง 20 เท่าในระยะเวลา 20 ปี ที่ผ่านมา ในบางพื้นที่ อัตราการเสียชีวิตของทารก มีมากกว่า 110 คนต่อทารกจำนวน 1,000 คน ซึ่งเป็น 3 เท่าของอัตราเฉลี่ยของสหภาพโซเวียตเดิม และเทียบได้กับตัวเลขของประเทศด้อยพัฒนาที่สุด อัตราการเสียชีวิตของทารกในสาธารณรัฐปกครองตนเองการากัลปักกายาเป็น 7 เท่าของ สหภาพรวมทั้งหมด ประชากรที่นั่นมากกว่าร้อยละ 90 ป่วยเป็นโรคโลหิตจาง สตรีประมาณร้อยละ 46 จะมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป และที่เมืองหลวงนูกูส น้ำนมจากมารดาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง 35 คนไม่เหมาะสมใช้เลี้ยงทารก เป็นเรื่องที่เห็นเด่นชัดว่าพื้นที่ที่อยู่ติดกับทะเลสาบตกอยู่ในสภาพของภัยวิบัติทางสิ่งแวดล้อม และบริเวณที่ลุ่มน้ำของทะเลสาบอารัลทั้งหมดก็ไม่อยู่ในสภาพที่ดีไปกว่ากันมากนัก

ได้รับการป้องกันจากระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น การใช้ประโยชน์ต่อไปจากบริเวณที่เป็นบ่อน้ำมัน กำลังจะกลายเป็นปัญหา กรณีของทะเลสาบแคสเปียนนี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการควบคุมและวางแผนจัดการที่ลุ่มทะเลสาบทั้งหมดในระยะยาว



สภาพเมืองอันซาลี
ในประเทศอิหร่าน
ถูกน้ำท่วมไหลป่า
ซึ่งเป็นผลมาจาก
ระดับน้ำที่สูงขึ้น
ในทะเลสาบแคสเปียน

ทะเลสาบชาด

ทะเลสาบน้ำจืดในเขตซาเฮล ซึ่งเป็นทะเลสาบปิดและน้ำตื้นนั้น กำลังประสบภัยพิบัติจากระดับน้ำที่ลดต่ำลงเนื่องจากการผันแปรของภูมิอากาศ เนินทรายหลายแห่งที่มีอยู่ในทะเลสาบแสดงให้เห็นว่าภัยพิบัตินี้ได้ขยายพื้นที่มากขึ้น และทำให้ทะเลสาบหดเล็กลงตลอดเวลา ทะเลสาบแห่งนี้เคยมีขนาดเป็น 5 เท่าของขนาดปัจจุบันเมื่อหลายพันปีมาแล้ว ในช่วงหลายปีที่แล้งจัดในทศวรรษ 1970 ทำให้ครึ่งหนึ่งของทะเลสาบทางตอนเหนือเหือดแห้งไป ลุ่มน้ำทางใต้กลายเป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณหนาแน่น รวมทั้งมีหนองน้ำและแอ่งน้ำเปิดกระจายอยู่โดยทั่ว ทะเลสาบแห่งนี้ซึ่งตั้งแต่อดีตจนถึงทศวรรษ 1960 เคยมีพื้นที่ถึง 25,000 ตารางกิโลเมตร กลับมีขนาดเล็กลงเหลือเพียงประมาณ 1 ใน 10 ของพื้นที่เดิมในตอนปลายทศวรรษ 1970

การทับถมของตะกอน

ทะเลสาบจำนวนมากในประเทศกำลังพัฒนา ทั้งทะเลสาบธรรมชาติและทะเลสาบที่มนุษย์สร้างขึ้น กำลังได้รับความเสียหายจากการทับถมของตะกอน ซึ่งเกิดจากการกัดกร่อนของดินเพิ่มมากขึ้นจากการใช้ผืนดินมากเกินไป หรือการใช้ผืนดินที่เป็นทุ่งหญ้าอันอุดมสมบูรณ์และผืนป่าภายในพื้นที่รับน้ำของทะเลสาบอย่างไม่ถูกต้อง ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเพราะวิธีดั้งเดิมในการใช้ผืนดินแบบที่ยืนกำลังหายไปอย่างรวดเร็ว จากการที่ประชากร

การหดตัวของทะเลสาบตุงติง

ทะเลสาบตุงติงในภาคกลางของ ประเทศจีนที่รับน้ำเอ่อล้นมาจากแม่น้ำ เชียง-เจียง (แม่น้ำแยงซี) ในทุกๆฤดูร้อน นั้น เมื่อ 150 ปีที่ผ่านมา ทะเลสาบแห่งนี้ (6,200 ตารางกิโลเมตร) มีขนาดใหญ่ กว่าในปัจจุบัน (2,740 ตารางกิโลเมตร) มาก การตกตะกอนของดินที่เป็นไป อย่างรวดเร็ว และการหักล้างถางพง เป็นผลให้เกิดมีทะเลสาบแยกจากกัน ไม่ต่ำกว่า 3 แห่ง—ตุงติงตะวันตก ตุงติงใต้ และตุงติงตะวันออก อย่างไรก็ตาม เมื่อถึงช่วงฤดูน้ำหลากในหน้าร้อน ทะเลสาบทั้งสามแห่งก็จะรวมเป็นผืนน้ำ เดียวกันมีขนาดประมาณ 3,900 ตาราง-กิโลเมตร ในปัจจุบันเกิดการพอกพูน ของตะกอนแห่งใหม่ในทะเลสาบตุงติง ซึ่งเพิ่มขึ้นในอัตรา 5-6 เซนติเมตรต่อปี

อันเป็นผลมาจากการเพาะปลูกตาม ไร่ลู่เขาอย่างกว้างขวางแถบช่วง ต้นน้ำ และนั่นหมายความว่าทะเลสาบ ซึ่งมีความลึกเฉลี่ย 6.7 เมตรอาจจะถูก ถมจนเต็มภายในเวลาประมาณ 100 ปี ปัญหานี้เป็นปัญหาเศรษฐกิจและ สังคมที่สำคัญ ซึ่งยากเป็นอย่างมากที่จะแก้ไขด้วยมาตรการทางด้านเทคนิค เพียงอย่างเดียว



การกัดกร่อนของดินทางตอนบนของ แม่น้ำเชียง-เจียง (ไร่ยาสูบในมณฑล ยูนนาน ประเทศจีน)

เพิ่มจำนวนขึ้น และจากการรุกรานของเศรษฐกิจเพื่อการค้า แม้แต่ในพื้นที่ชนบทห่างไกลออกไป อันที่จริง ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบมักจะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับ ร้อยละของที่ดินในพื้นที่รับน้ำของทะเลสาบที่ถูกนำไปใช้ในการเกษตร

ในการสำรวจทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำจำนวน 215 แห่ง โดย UNEP/ILEC พบว่ามีทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำในภูมิภาคต่างๆ ที่มีปัญหาเรื่องการทับถมของตะกอน อย่างรุ นแรงจัดเป็นร้อยละได้ดังต่อไปนี้ เอเชียและแปซิฟิกร้อยละ 14 ยุโรปร้อยละ 5 แอฟริการ้อยละ 19 อเมริกาเหนือร้อยละ 13 และอเมริกาใต้ร้อยละ 16

ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำสามารถลดผลที่เกิดจากการไหลบ่าของน้ำท่วมที่ทำให้ เกิดความเสียหายทางตอนปลายน้ำได้ ด้วยการกักเก็บหยาดน้ำฟ้าไว้และปล่อยน้ำไหล ผ่านออกไปอย่างสม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น ทะเลสาบโปยง ทะเลสาบน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ ที่สุ ดในประเทจ ล้อมรอบไปด้วยพื้นที่ขุ มัฉีกว้างใหญ่ และสามารถกักเก็บน้ำจืดได้ 1 ใน 3 ของน้ำท่วมประจำปีที่มาจากมณฑลเจียงซี ทะเลสาบแห่งนี้สามารถลดระดับสูงสุด

สารประกอบจุนสีในทะเลสาบเมนโดตา

วิธีการบำบัดเพื่อลดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่กำลังเจริญเติบโตวิธีหนึ่งคือ การใช้สารประกอบจุนสีรอยเหนือผิวน้ำ ทองแดงในรูปของไอออน (Cu^{++}) เป็นยาพิษทางชีวภาพชนิดหนึ่ง แต่ถ้าใช้อย่างเหมาะสมในความเข้มข้นต่ำ ก็จะสามารถฆ่าสาหร่ายได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อปลาหรือสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นๆ วิธีนี้เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กันระหว่าง ค.ศ. 1912 และ 1958 เพื่อลดการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเกิดขึ้นในหมู่ทะเลสาบในเมืองเมดิสัน รัฐวิสคอนซิน สหรัฐอเมริกา นั่นคือ ทะเลสาบเมนโดตา ทะเลสาบโมโนมา ทะเลสาบวาลูเบซา และทะเลสาบเคกอนซา ซึ่งจะเชื่อมต่อกันด้วยแม่น้ำยาฮารา ตลอดระยะ

เวลา 46 ปีที่ผ่านมา สารประกอบจุนสีจำนวนพันๆ ตันถูกนำมาใช้เพื่อทำให้เกิดสภาพน้ำใสขึ้นในทะเลสาบเหล่านี้ ในช่วงระหว่าง ค.ศ. 1926-1936 ได้มีการใช้สารประกอบจุนสีประมาณปีละ 27-45 ตันเพื่อลดการเจริญเติบโตของสาหร่าย สารประกอบจุนสีที่เติมลงไป ในขณะที่กลายเป็นชั้นของตะกอนที่อุดมด้วยแร่ทองแดงทับถมอยู่ใต้ท้องทะเลสาบ อันเป็นเครื่องเตือนความจำที่เป็นประโยชน์สำหรับนักวิทยาศาสตร์ในอนาคตถึงความพยายามที่ไร้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหายูโทรฟิเคชันอันเกิดจากน้ำมือของมนุษย์ โดยไม่มีการกำจัดของเสียที่เต็มไปด้วยธาตุอาหารออกไป

ของน้ำท่วมเมื่อเดือนมิถุนายน ค.ศ. 1954 ได้ถึงครึ่งหนึ่ง ทะเลสาบตุ๊อิงทะเลพื้นที่ชุ่มน้ำรอบทะเลสาบก็สามารถลดน้ำท่วมในทำนองเดียวกันนี้ได้ไม่นาน ลูหนาน ในปัจจุบัน การทับถมของตะกอนในทะเลสาบขัดขวางการควบคุมอุทกภัยอย่างมีประสิทธิภาพของทะเลสาบเหล่านี้

สารเคมีที่เป็นพิษ

การปนเปื้อนของน้ำ ตะกอน และอินทรีย์สารในทะเลสาบจากสารเคมีที่เป็นพิษเป็นปัญหาหนึ่งที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ในประเทศอุตสาหกรรมที่มีปัญหานี้เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก ปัญหานี้ยังคงมีอยู่ ตัวอย่างเช่น ที่ทะเลสาบเกรตเลกส์ในทวีปอเมริกาเหนือ มีการควบคุมการบริโภคปลาที่จับได้จากทะเลสาบในบางพื้นที่เพราะปนเปื้อนด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนปนอยู่ เช่น สารพีซีบี สารฆ่าศัตรูพืช และโลหะหนัก ในปัจจุบันการปนเปื้อนคล้ายๆ กันนี้ ได้แพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของโลกที่กำลังพัฒนา แต่ข้อมูล



รูปที่ 8 เส้นทางเดินของมลพิษ

การปนเปื้อนของสารฆ่าศัตรูพืชในทะเลสาบเกรตเลกส์

ในสหรัฐอเมริกา ยุโรปทางตะวันตกของเทือกเขาบูราลส์ และตะวันออกไกล มีการใช้สารอินทรีย์ฆ่าศัตรูพืชจำนวนมาก ข้อมูลที่สำคัญในอเมริกาเหนือได้ติดตามข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารฆ่าศัตรูพืชและภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในระบบนิเวศน้ำในทะเลสาบเกรตเลกส์ ได้ตรวจพบสารอินทรีย์ที่ใช้ฆ่าศัตรูพืชที่มีความเข้มข้นในระดับสูงมากปนอยู่ในตะกอนของทะเลสาบ ปลากินเนื้อ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในทะเลสาบเหล่านี้ ไม่ว่าจะเป็นขนาดใดก็ตาม ความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนบางประเภทสูงมากจนต้องมีการควบคุม มกการโคปลบางชนิดที่จับได้จากทะเลสาบเหล่านี้

ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ฆ่าศัตรูพืชส่วนใหญ่จะลดลงไปเอง ซึ่งมักจะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อเวลาผ่านไป 25 ปีแล้ว อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการลดลงของสารประกอบอินทรีย์คลอรีนบางชนิดคงที่ สาเหตุส่วนหนึ่งก็คือบรรยากาศในปัจจุบันได้กลายเป็นแหล่งสำคัญของสารประกอบอินทรีย์คลอรีนไปแล้ว



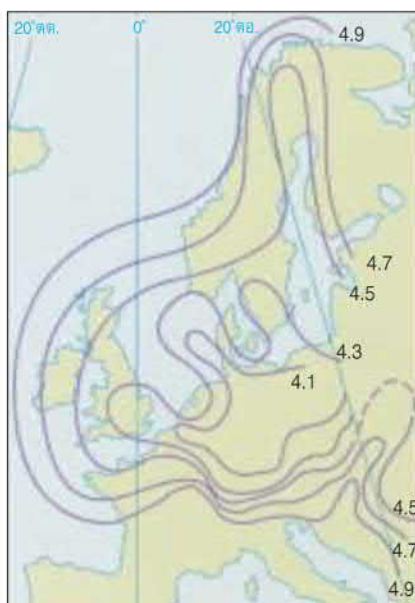
รูปที่ 9 การกระจายของ DDT ในพื้นผิวชั้นบนสุดที่หนา 3 เซนติเมตร ของตะกอนในทะเลสาบมิชิแกน

เฉพาะเรื่องยังคงขาดแคลน จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาในเรื่องนี้ให้มากขึ้น เพื่อเติมเต็มช่องว่างทางด้านสารสนเทศโดยผ่านเครือข่ายตรวจสอบระดับโลก

การปนเปื้อนจากน้ำมันเป็นรูปแบบหนึ่งของมลพิษร้ายที่มองไม่ค่อยเห็น ซึ่งโชคดียที่เกิดขึ้นในบริเวณกว้าง เฉพาะในทะเลสาบไม่กี่แห่งที่มีการขนส่งน้ำมันในปริมาณมาก หรือมีการกลั่นน้ำมัน กิจกรรมทั้งสองอย่างนี้เกิดขึ้นในทะเลสาบมาราไคโบ ทะเลสาบน้ำกร่อยขนาดใหญ่ในประเทศเวเนซุเอลาซึ่งมีบ่อน้ำมันกว่า 5,000 บ่อ ทะเลสาบแห่งนี้จึงได้รับความเสียหายซ้ำแล้วซ้ำเล่าจากการล้นหกของน้ำมันระหว่างการขุดเจาะ การกลั่นและการขนส่ง และจากอุบัติเหตุที่เกี่ยวโยงกับน้ำมันซึ่งตั้งอยู่บริเวณชายฝั่ง การล้นหกเช่นนี้ส่งผลต่อระบบนิเวศในทะเลสาบมาราไคโบ การขาดข้อมูลในช่วงเวลาก่อนการใช้ประโยชน์จากน้ำมัน ทำให้ประเมินผลกระทบอันเกิดจากการล้นหกของน้ำมันที่มีต่อระบบนิเวศได้ยาก การแก้ปัญหาอย่างเป็นทางการก็ยังไม่บังเกิดผล หกทศวรรษผ่านไปโดยปราศจากมาตรการที่มีประสิทธิภาพที่จะปกป้องลุ่มทะเลสาบได้

การกลายเป็นกรด

การกลายเป็นกรด และการตายของปลาและสัตว์อื่นๆ ซึ่งเกิดจากการกลายเป็นกรดนั้น เป็นปัญหาค้างคั่งอยู่เฉพาะในทะเลสาบทางตะวันตกเฉียงเหนือของยุโรปและทางตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา รวมทั้งบริเวณที่ติดต่อกับประเทศแคนาดา อาการเช่นนี้ยังไม่ปรากฏชัดในส่วนอื่นๆ ของโลกที่ได้รับน้ำฝนที่มีสภาพเป็นกรดที่คล้ายคลึงกัน เหตุผลสำหรับเรื่องนี้เป็นไปได้ที่จะเกี่ยวกับธรรมชาติของดินในภูมิภาคเหล่านั้น ซึ่งมีความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดสูง และสามารถกลบฝังความเป็นกรดของน้ำฝน

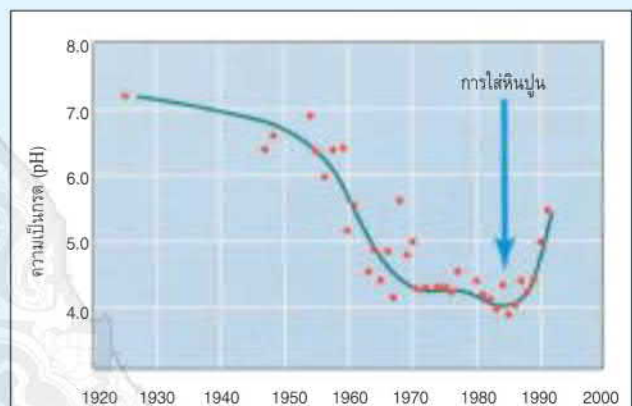


รูปที่ 10 ระดับความเป็นกรดในหยาดน้ำฟ้าในยุโรป และทางตะวันออกเฉียงเหนือของอเมริกาเหนือ น้ำฝนที่มีกรดน้อยกว่าพีเอช 5.6 จัดว่าเป็นฝนกรด

การกลายเป็นกรดในทะเลสาบโอตา ในประเทศอิตาลี

ภาวะมลพิษในทะเลสาบโอตา ในประเทศอิตาลี เริ่มเกิดเมื่อปลายค.ศ. 1926 เมื่อมีโรงงานผลิตผ้าไหมเทียม (เรยอง) โดยใช้กรรมวิธีทองแดงผสมแอมโมเนีย โรงงานดังกล่าวตั้งขึ้นที่ตอนใต้สุด (ต้นน้ำ) ของทะเลสาบ ภายในเวลาไม่กี่ปี คุณสมบัติทางเคมีของน้ำในทะเลสาบแสดงอาการชัดเจนว่ากำลังกลายเป็นที่ที่อันตรายส่วนใหญ่ซึ่งมีอยู่ในทะเลสาบนั้น ไม่สามารถอาศัยอยู่ต่อไปได้ ใน ค.ศ. 1958 มีการตั้งโรงงานฟื้นฟูสภาพน้ำขึ้นและปริมาณทองแดงจากโรงงานก็ลดลงอย่างมาก อย่างไรก็ตาม โรงงานยังทิ้งแอมโมเนียซัลเฟตที่ยังไม่ได้รับการบำบัดลงในทะเลสาบต่อไป จนกระทั่งถึงต้นทศวรรษ 1980 มีการสร้างโรงงานบำบัดน้ำเสียขึ้น และมีแผนการบำบัดรักษาทะเลสาบด้วยการโปรยผงหินปูนธรรมชาติลงไปในทะเลสาบ การใช้หินปูนนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางบวกในคุณสมบัติ

ทางเคมีของทะเลสาบ และยังมีส่วนช่วยในการสร้างชุมชนชีวภาพที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนกว่าเดิมขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องดำเนินงานต่อไปจนกว่าการฟื้นฟูอย่างถาวรของทะเลสาบจะได้รับการรับประกัน



รูปที่ 11 วิวัฒนาการของสภาพกรดโดยเฉลี่ยในทะเลสาบโอตา

ก่อนที่จะไหลลงสู่แม่น้ำและทะเลสาบได้ อย่างไรก็ตามการผ่อนความเป็นกรดของดินอาจไม่คงอยู่ตลอดไปในภูมิภาคนั้น ในที่สุดสารทั้งหลายในดินที่ผ่อนความเป็นกรดอาจจะหมดไป ถ้ายังมีหยาดน้ำฟ้าที่มีสภาพเป็นกรดตกอยู่ต่อไป ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายกำลังพยายามทำนายว่าเมื่อใดสภาวะดังกล่าวจะสามารถเกิดขึ้นในดินประเภทที่แตกต่างกันออกไป

ทะเลสาบและแม่น้ำในประเทศสวีเดนและนอร์เวย์ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยกลุ่มแรก ที่ได้รับความเสียหายอย่างเห็นได้ชัดจากอันตรายของฝนกรดที่เกิดอย่างกว้างขวางมากกว่า 1 ใน 5 ของทะเลสาบ 85,000 แห่งในประเทศสวีเดน ทั้งขนาดกลางและขนาดใหญ่ กำลังอยู่ในสภาพเป็นกรด ซึ่งในจำนวนนี้มีทะเลสาบประมาณ 4,000 แห่งที่อยู่ในสภาพเป็นกรดอย่างรุนแรง ในประเทศนอร์เวย์ จำนวนปลาหายไปจากท้องน้ำในเนื้อที่ 13,000 ตารางกิโลเมตรใน ค.ศ. 1980 และหมดสิ้นไปจากท้องน้ำในเนื้อที่อีก 20,000 ตารางกิโลเมตร

การถ่ายระบบนิเวศในทะเลสาบ

ระบบนิเวศในทะเลสาบ รวมทั้งพันธุ์สัตว์และพันธุ์ไม้ประจำถิ่นที่อยู่ในทะเลสาบนั้น ปกติแล้วจะมีวิวัฒนาการอย่างช้าๆ ตลอดเวลาที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามการนำพืชและสัตว์ ชนิดใหม่เข้ามาทันทีทันใด สามารถทำลายระบบนิเวศที่มีเสถียรภาพมาหลายศตวรรษ หรือเป็นพันปีมาแล้วได้อย่างรวดเร็ว ผลที่ทำให้เกิดความเสียหายได้เท่าๆ กันสามารถ เกิดขึ้นได้เมื่อสภาพของทะเลสาบเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น ผลของการมีไนโตรเจนมาก เกินไปในน้ำที่ไหลผ่านจากพื้นที่ทำการเกษตรเป็นสาเหตุทำให้พืชหรือสัตว์พันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง หรือหลายๆ พันธุ์ ครอบงำอย่างฉับพลันทันใด ซึ่งก่อนหน้านี้มีความสมดุล ธรรมชาติอื่นๆ ในระบบนิเวศ

ผลกระทบของหอยซีบรามัสเซลต่อระบบนิเวศในทะเลสาบเกรตเลกส์

ซีบรามัสเซลเป็นหอยสองฝาขนาดเล็กพันธุ์ หนึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปยุโรป หอยชนิดนี้มักจะเกาะติดกับพื้นผิวของอะไรก็ได้และจะรวมตัวกันแน่นเป็นก้อน พบ ครั้งแรกในทวีปอเมริกาเหนือในทะเลสาบ เซนต์แคลร์ เมื่อเดือนมิถุนายน ค.ศ. 1988 ระหว่าง ค.ศ. 1989 และ 1990 มีรายงานว่า พบหอยชนิดนี้ในทะเลสาบทั้งห้าแห่งของทะเลสาบเกรตเลกส์ ภายใน ค.ศ. 1991 หอยพันธุ์ ดังกล่าวแพร่กระจายไปตามแม่น้ำเซนต์ลอเรนซ์ ลงไปจนถึงแม่น้ำฮัดสันและแม่น้ำโมฮ็อก ในรัฐนิวยอร์ก โดยผ่านคลองอีรี และเข้าสู่แม่น้ำอัลลิสนอยส์ โดยผ่านคลองชิคาโกแซนิตารี ในบริเวณที่มีหอยซีบรามัสเซลชุกชุม กลุ่มหอยที่เกาะติดกันแน่นจะอุดปากทางเข้าของ ท่อน้ำ (ดูภาพด้านบน) และระบบส่งน้ำของเทศบาล อุตสาหกรรม และสถานียพลังไฟฟ้า กลุ่ มหอยเหล่านี้จะทำให้ตัวเรือและทางน้ำเข้าของเครื่องยนต์เรือเสียหาย และยังเปลี่ยน หาดทรายให้กลายเป็นกองเปลือกหอยอีกด้วย



กลุ่มหอยซีบรามัสเซล ที่เกาะติดและอุดตัน ด้านในของท่อส่งน้ำ

นอกจากนี้ หอยดังกล่าวยังสามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มหนาที่บดและทำให้เครื่องมือ บันทึบที่มีความไวสูง อาทิเช่น เครื่องมือตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่าง และเครื่องมือตรวจ วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ไม่สามารถทำงานได้ จึงทำให้เป็นปัญหาสำคัญใน การตรวจวัดสิ่งแวดล้อมในทะเลสาบ ศูนย์บริการด้านสัตว์น้ำและสัตว์ป่าของสหรัฐอเมริกา ได้ประมาณการว่า หอยซีบรามัสเซลอาจทำให้โรงงาน เรือ โรงงานผลิตไฟฟ้า การประมง และการประปาในสหรัฐอเมริกาและแคนาดาได้รับความเสียหายเป็นมูลค่า 5,000 ล้านดอลลาร์ สหรัฐในทศวรรษต่อไป

การเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของวัชพืชในทะเลสาบ

ในช่วงฤดูเจริญเติบโต บรรดาวัชพืชน้ำสามารถทำให้เกิดปัญหาร้ายแรงต่อการเดินเรือ และเมื่อถูกน้ำพัดพามาสู่บริเวณชายฝั่ง กลิ่นเหม็นของวัชพืชเน่าเปื่อยยังทำให้คุณภาพน้ำในบริเวณชายฝั่งเสื่อมโทรมอีกด้วย ในทะเลสาบโรโตรัว ประเทศนิวซีแลนด์ แพวัชพืชน้ำ *Lagarosiphon major* มีมากที่สุด ดในทศวรรษ 1960 ปัจจุบันแม้วัชพืชน้ำ *L.major* และ *Eloдея canadensis* กลับไปเจริญเติบโตในบริเวณซึ่งมีที่กำบังและบริเวณปากลำธาร แต่ยังมีอันตรายบางอย่างอยู่คือวัชพืชน้ำ *L.major* และ *E.canadensis* อาจถูกแทนที่ด้วยวัชพืชน้ำ *Egeria densa* ซึ่งเจริญเติบโตและงอกงามได้ดีในระดับน้ำที่มีแสงสว่างน้อยกว่า ในอีกทางหนึ่ง การที่แพลงก์ตอนพืชลดลงเนื่องจากขาดอาหารลดลง อาจนำไปสู่การเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ของวัชพืชน้ำ *L.major* และ *E.canadensis* การเกิดมีวัชพืชน้ำ *Ceratophyllum demersum* ที่เพิ่มมีในทะเลสาบโรโตรัวเมื่อไม่นานมานี้ ทำให้เกิดความยุ่งยากไปอีก อาจเป็นไปได้ว่าการแพร่กระจายของวัชพืชเหล่านี้เกิดขึ้นพร้อมกับการเกิดสภาพอุดมสมบูรณ์และภาวะมลพิษในทะเลสาบของประเทศนิวซีแลนด์ มากกว่าเกิดขึ้นเพราะการแพร่กระจายของวัชพืชเอง

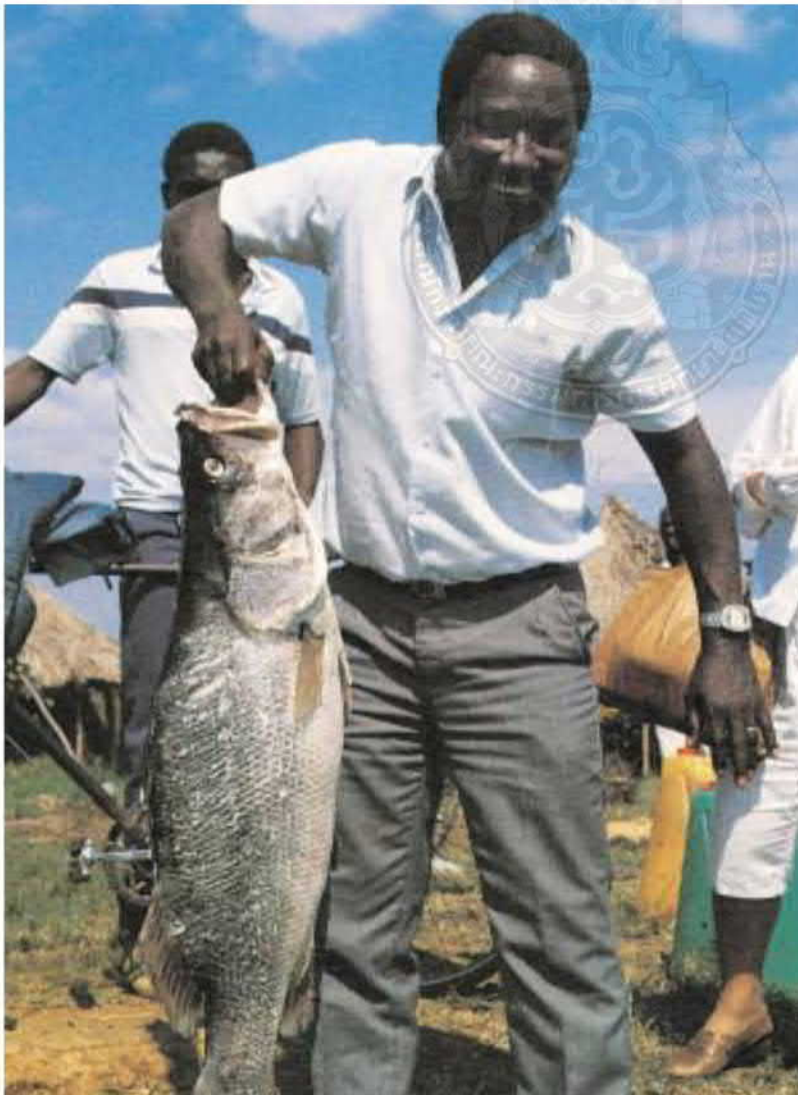
การเจริญเติบโต
อย่างผิดปกติของ
วัชพืชน้ำต่างถิ่น
ในทะเลสาบปีวะ
(วัชพืชน้ำ *Eloдея
nuttallii* มีถิ่นกำเนิด
ในทวีปอเมริกาเหนือ)



พันธุ์สัตว์ต่างถิ่นในทะเลสาบวิกตอเรีย

จากการนำปลาทิลapiaขนาดใหญ่และปลาเพิร์ชแม่น้ำไนล์ซึ่งเป็นปลากินเนื้อ มาปล่อยในทะเลสาบวิกตอเรีย ผลที่เกิดขึ้นตามมาคือ ความเสียหายอย่างร้ายแรงที่เกิดขึ้นกับชุมชนปลาน้ำจืดในทะเลสาบแห่งนี้ สถานการณ์มีความรุนแรงมากจนจะจับปลาพื้นเมืองไม่ได้เลยเป็นเวลาถึง 10 ปี และปลาฮาโพลโครมินซึ่งเป็นปลาประจำถิ่นพันธุ์หนึ่งกำลังจะสูญพันธุ์ อย่างไรก็ตาม สถิติการประมงอย่างเป็นทางการแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตการประมงในปัจจุบันมีมากกว่าที่เคยมีมาหลายเท่าตัว

มีข้อทู่เถียงกันมาตลอดเกี่ยวกับเรื่องการนำปลาสายพันธุ์ใหม่เข้ามา แม้ว่าจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นก็ตาม มีการให้เหตุ ผลแต่เดิมประชาชนในท้องถิ่นสามารถจับปลาพื้นเมืองขนาดเล็กได้ง่ายแต่ปลาทิลapiaและปลาเพิร์ชแม่น้ำไนล์มีขนาดใหญ่เกินไปสำหรับชาวประมงทั่วไป และมีราคาแพงเกินไปสำหรับการบริโภคในท้องถิ่น



ปลาเพิร์ชแม่น้ำไนล์
ที่จับได้ในทะเลสาบ
วิกตอเรีย

การป้องกันและฟื้นฟู

การตรวจสอบ

โครงการตรวจสอบคุณภาพน้ำของโลก (The Global Water Quality Monitoring programme—GEMS/Water) อันเป็นโครงการร่วมระหว่างโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ องค์การอนามัยโลก องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก และองค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ เริ่มขึ้นใน ค.ศ. 1977 ถือเป็นโครงการแรกที่กล่าวถึงประเด็นเรื่องคุณภาพน้ำในระดับโลก โดยผ่านทางเครือข่ายของสถานีตรวจสอบน้ำซึ่งตั้งอยู่ตามแม่น้ำ ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำใต้ดินในทุกทวีป เป้าหมายหลักในระยะแรกของโครงการ คือ ความร่วมมือด้านเทคนิคกับประเทศกำลังพัฒนาและก่อให้เกิดการจัดตั้งและการขยายระบบควบคุมคุณภาพน้ำระดับชาติขึ้นในหลายประเทศ

ในระยะที่สองของโครงการ ซึ่งอยู่ระหว่าง ค.ศ. 1990–2000 มุ่งในเรื่องการตีความจากข้อมูลดิบ การประเมินคุณภาพน้ำของโลกและภูมิภาคต่างๆ และทางเลือกในการจัดการคุณภาพน้ำ มีการเพิ่มสถานีตรวจสอบคุณภาพน้ำและจำแนกเป็น ‘สถานีฐาน’ (ตั้งอยู่ที่ทะเลสาบต้นน้ำหรือบริเวณต้นน้ำของแม่น้ำที่ไม่ถูกรบกวนเพื่อสร้างสภาพภูมิหลัง) ‘สถานีติดตาม’ (ตั้งอยู่ตามลุ่มน้ำสำคัญๆ ทะเลสาบ และชั้นหินอุ้มน้ำ เพื่อติดตามดูการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของคุณภาพน้ำในส่วนที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอุตสาหกรรม มลพิษทางการเกษตร และมลพิษในเมือง ตลอดจนการใช้ที่ดินในรูปแบบต่างๆ) และ ‘สถานีตรวจการเปลี่ยนแปลงของแม่น้ำในโลก’ (ตั้งอยู่ที่ปากแม่น้ำที่สำคัญๆ เพื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลงประจำปีของสารมลพิษและสารอาหารที่เป็นอันตรายจากลุ่มน้ำต่างๆ ที่ไหลลงมหาสมุทร)

วัตถุประสงค์ระยะยาวของโครงการในระยะที่สองนี้ รวมไปถึงการประเมินคุณภาพน้ำ และการให้ข้อมูลสารสนเทศแก่รัฐบาล ชุมชนวิทยาศาสตร์ และสาธารณชนทั่วไป เกี่ยวกับสุขภาพของประชากรมนุษย์ระบบนิเวศน้ำ และสิ่งแวดล้อมของโลก อีกทั้งยังเสริมสร้างและเพิ่มความเข้มแข็งแก่เครือข่ายการควบคุมคุณภาพน้ำระดับชาติในประเทศกำลังพัฒนา รวมทั้งพัฒนาขีดความสามารถในการวิเคราะห์ และพัฒนาคุณภาพของข้อมูลที่หน่วยงานต่างๆ จัดทำขึ้น

การจัดการแบบยั่งยืน

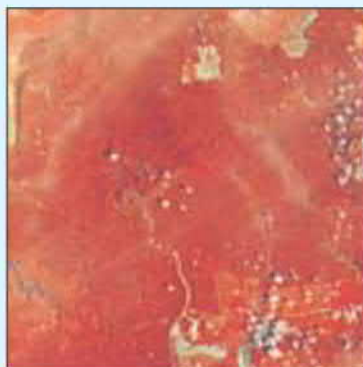
การจัดการการใช้ประโยชน์จากผืนดินในที่ลุ่มทั้งหมด เป็นเรื่องจำเป็นสำหรับการจัดการแบบยั่งยืนและการพัฒนาบริเวณที่ลุ่มแม่น้ำ รวมทั้งการควบคุมมลพิษที่ไม่มีแหล่งเกิดที่แน่นอน ควรมีการหลอมรวมยุทธศาสตร์ที่ใช้ในการควบคุมปริมาณและคุณภาพน้ำเข้าด้วยกัน ในการจัดการลุ่มน้ำขนาดใหญ่จะต้องปรับปรุงการจัดการดิน (เพื่อลดการ

การควบคุมด้วยดาวเทียม

ใน ค.ศ. 1972 สหรัฐอเมริกาปล่อยดาวเทียมสำรวจโลกดวงแรกของโลกที่มีชื่อว่าแลนด์แซต-1 ซึ่งเป็นเวลานานกว่า 20 ปีมาแล้ว ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา เทคโนโลยีโทรสัมผัสได้พัฒนาไปอย่างมากมาย ปัจจุบันเทคโนโลยีนี้สามารถให้ข้อมูลสารสนเทศที่เราต้องการได้มากมาย ตัวอย่างเช่น ข้อมูลบางด้านเกี่ยวกับคุณภาพน้ำหรือพืชพรรณที่ปกคลุมในทะเลสาบและพื้นที่ชุ่มน้ำที่เข้าไปถึงได้ยาก หรือในบริเวณที่มีพื้นที่กว้างใหญ่ที่ต้องทำการสำรวจและค่าใช้จ่ายในการสำรวจทางภาคพื้นดินมีราคาสูงเกินไป

ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีราคาไม่แพงนัก สามารถนำมาใช้ในการประมวลผลจากดาวเทียมได้ แม้ว่าจะยังมีปัญหาบางประการอยู่ ตัวอย่างเช่น การหาภาพที่ปราศจากเมฆ เป็นอุปสรรคสำคัญในประเทศเขตร้อนชื้น แต่ภาพจากดาวเทียมสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมการจัดการลุ่มน้ำในประเทศกำลังพัฒนาได้ อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นจะต้องมีการพัฒนาต่อไป รวมทั้งจำเป็นที่จะต้องจัดการฝึกอบรมที่ถูกต้องให้แก่ผู้สนใจด้วย

ภาพจากดาวเทียมด้วยการใช้วิธีโทรสัมผัสแสดงให้เห็นถึงไรสวนขนาดใหญ่ที่บุกรุกเข้ามาในบริเวณรอบๆ ทะเลสาบตาเซเบรา ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำแห่งหนึ่งในคาบสมุทรมาเลเซีย ในช่วงค.ศ. 1979 และ 1988



การจัดการป่าไม้ในบริเวณลุ่มน้ำของทะเลสาบบีวะ

ทางตอนใต้ของที่ลุ่มน้ำทะเลสาบบีวะ ในประเทศญี่ปุ่น' เกิดความกดดันด้านจำนวนประชากรทำให้เกษตรกรต้องใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าไม้มากเกินไป พื้นที่บางส่วนซึ่งก่อนหน้านี้เป็นป่า กลายเป็นที่ลาดชันว่างเปล่าจนเกือบไม่มีพืชพรรณปกคลุม มีการตัดไม้ทำลายป่าอย่างมากมาย โดยเฉพาะที่เทือกเขาทานาคามิทางตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลสาบบีวะ รัฐบาลได้ดำเนินการฟื้นฟูพื้นที่นั้นโดยการนำและดัดแปลงเทคโนโลยีควบคุมการกัดกร่อนของดินจากยุโรปตะวันตกมาใช้เป็นเวลานาน ตั้งแต่ทศวรรษ 1970 แม้ว่าผลการฟื้นฟูจะประสบความสำเร็จเป็นส่วนใหญ่แล้วก็ตาม แต่ในปัจจุบันก็ยังฟื้นฟูบริเวณดังกล่าวต่อไป และปล่อยให้ป่าสนเกิดขึ้นเพื่อฟื้นคืนสภาพบริเวณดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอ

ในทางตรงกันข้าม ทางตอนเหนือของที่ลุ่มน้ำทะเลสาบ มีการตัดต้นไม้ในป่าผลัดใบเพื่อนำไม้ไปใช้ทำฟืนและถ่าน ป่าไม้จะถูกตัดทุกๆ 20-30 ปี เพื่อนำไปเผาถ่านและปล่อยให้เกิดขึ้นใหม่ตามธรรมชาติ การตัดไม้ซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นเวลาหลายศตวรรษทำให้ต้นไม้พันธุ์ที่รุกรานได้อย่างรวดเร็วเท่านั้น ที่จะสามารถอยู่รอดในป่าได้ ป่าใหม่นี้เกิดอย่างรวดเร็วจนทำให้หมดปัญหาเรื่องการสีกกร่อนและความเสื่อมโทรมของดิน แม้ในบริเวณไหล่เขาที่สูงชัน ดังนั้น นี่คือรูปแบบในอุดมคติของการใช้ประโยชน์จากพลังงานจากป่าไม้อย่างยั่งยืน



ภาพถ่ายเปรียบเทียบเทือกเขาทานาคามิในบริเวณที่ลุ่มน้ำของทะเลสาบบีวะใน ค.ศ. 1908 และ 1992 จากภาพแสดงให้เห็นการกัดกร่อนของดินอย่างรุนแรงในบริเวณไหล่เขา และการฟื้นตัวของป่าสนที่เกิดขึ้นในภายหลัง

กีดร่อนและการกลายเป็นดินเค็ม) ซึ่งจำเป็นจะต้องมีแผนการใช้ที่ดินที่เหมาะสมสำหรับบริเวณที่ลุ่ม วมโดยรวม

แต่การจัดการนี้ไม่สามารถทำได้โดยปราศจากการพิจารณาถึงลักษณะทางธรรมชาติของลุ่มน้ำอย่างถูกต้อง รวมทั้งการวิเคราะห์กระบวนการที่นำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังไม่สามารถทำได้ถ้าปราศจากการพิจารณาถึงวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมในที่ลุ่มน้ำ ใน ค.ศ. 1986 UNEP ได้เริ่มดำเนินโครงการบริหารและจัดการทรัพยากรน้ำที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม (The Environmentally Sound Management of Inland Waters: EMINWA) เพื่อจัดการกับประเด็นเหล่านี้ในระดับภูมิภาค

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะนำวิธีการแบบผสมผสานมาใช้ในการวางแผนและจัดการทรัพยากรน้ำจัดทั่วทั้งบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้น จึงเป็นการส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนของระบบน้ำภายในพื้นดินโดยรวม โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะช่วยรัฐบาลในการพัฒนาโครงการการจัดการน้ำที่เหมาะสม การฝึกอบรมผู้เชี่ยวชาญ และการจัดตั้งเครือข่ายการฝึกอบรมขึ้นในประเทศกำลังพัฒนา และเพื่อเตรียมการจัดทำหนังสือคู่มือเกี่ยวกับหลักการและแนวทางในการดำเนินงาน

ภารกิจแรกของ EMINWA คือ ช่วยเหลือประเทศต่างๆ ซึ่งมีที่ลุ่ม วมร่วมกันในการพัฒนาทรัพยากรน้ำแบบยั่งยืน และใช้ทรัพยากรเหล่านั้นโดยปราศจากความขัดแย้ง โครงการแรกดำเนินการที่แม่น้ำแซมเบซี ซึ่งมีทะเลสาบคาริบาเป็นส่วนประกอบสำคัญ โครงการที่ 2 เป็นการเตรียมแผนแม่บทสำหรับการพัฒนาและการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมของทรัพยากรธรรมชาติในบริเวณที่ลุ่มน้ำดั้งเดิมในทะเลสาบชาด โครงการได้สิ้นสุดลงในเดือนสิงหาคม ค.ศ. 1991 ทะเลสาบอาร์ลิกเป็นเป้าหมายอีกแห่งหนึ่งของ EMINWA และที่ลุ่ม วมขึ้นอื่นๆ จะเป็นเป้าหมายต่อไปในอนาคต

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental impact assessment : EIA) เป็นเครื่องมือทางด้านนโยบายที่จำเป็นสำหรับผนวกการพิจารณาเรื่องสิ่งแวดล้อมเข้าไปในโครงการพัฒนา EIA เกี่ยวข้องกับการประเมินเชิงวิทยาศาสตร์และสหวิทยาการในผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นโดยโครงการลงทุนและโครงการพัฒนาต่างๆ โดยทำการประเมินก่อนที่จะมีการดำเนินการโครงการ ดังนั้น EIA จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการตัดสินใจจัดทำนโยบายที่เหมาะสม

เมื่อใดก็ตามที่โครงการต่างๆ มีความเป็นไปได้ที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของทะเลสาบ ก็ควรนำ EIA มาใช้ ตัวอย่างเช่น การเพิ่มขึ้นของเชื้อโรคประจำถิ่นอาจจะ

มาจากการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ดังนั้น EIA จำเป็นต้องรวมเอาการศึกษานิเวศวิทยาของพาหะนำเชื้อโรค และศึกษาค้นคว้าถึงผลกระทบที่เป็นไปได้ของการพัฒนาการเกิดเชื้อโรคประจำถิ่นไว้ด้วย ในทำนองเดียวกัน การลดความเค็มของทะเลสาบน้ำกร่อยลงเพื่อให้เหมาะสมกับการชลประทานเพื่อการเกษตรจะส่งผลกระทบต่อผลิตผลปลา ประสิทธิภาพของญี่ปุ่นในกรณีของทะเลสาบคาซึมิงาอูระและทะเลสาบนากะอุมิ ถือเป็นแบบอย่างของผลกระทบที่คาดการณ์เอาไว้ล่วงหน้า การศึกษาด้วยสถานการณ์จำลอง

การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสีย

คุณภาพน้ำในทะเลสาบบาลาทอน ซึ่งอยู่ในประเทศฮังการีเสื่อมโทรมลงในหลายทศวรรษที่ผ่านมา อันเป็นผลมาจากสภาวะยูโทรฟิเคชัน ดังนั้น เพื่อเป็นการลดปริมาณของธาตุอาหาร จึงได้มีการสร้างอ่างเก็บน้ำ (พื้นที่ชุ่มน้ำ) ขึ้นแห่งหนึ่ง ในลุ่มน้ำซาลาโน ค.ศ. 1985 โดยมีพื้นที่ผิวน้ำ 18 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ย



พื้นที่ชุ่มน้ำสร้างขึ้นเพื่อกักเก็บธาตุอาหารที่ทะเลสาบบาลาทอน

1.14 เมตร และระยะเวลาการกักเก็บน้ำ 44 วัน อ่างเก็บน้ำนี้สามารถลดระดับของไนเตรตในรูปไนโตรเจนได้ร้อยละ 57-69 และลดฟอสเฟตในรูปฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 57-90 ในขณะนี้ประเทศฮังการีกำลังสร้างอ่างเก็บน้ำแห่งที่สองในดอนปลายน้ำ

ทะเลสาบคินเนอเรต (ทะเลกาลิลี) ในประเทศอิสราเอล เคยรองรับน้ำส่วนใหญ่จากแม่น้ำที่ไหลผ่านที่ลุ่มน้ำขังที่เต็มไปด้วยต้นกกพาฬริสในหุบเขาฮุสลา ซึ่งจะช่วยดักตะกอนและดูดธาตุอาหารจากน้ำ เมื่อมีการบุกรุกพื้นที่ลุ่มน้ำขังเหล่านั้นเพื่อทำการเกษตร จึงทำให้เกิดดินดอนสามเหลี่ยมในทะเลสาบและความขุ่นของน้ำก็เพิ่มขึ้น และเพราะการสูญเสียความสามารถในการกรองตะกอนและธาตุอาหารของที่ลุ่มน้ำขัง จึงทำให้ระดับความเข้มข้นของสารประกอบไนเตรตสูงขึ้นด้วย

ในประเทศยูกันดา บริษัทจัดการเรื่องของเสียและน้ำแห่งชาติ ส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์ที่ลุ่มน้ำขังที่มีต้นกกพาฬริสและพื้นที่ชุ่มน้ำอื่นๆ ในเขตเมืองกัมปาลา ด้วยเหตุที่ที่ลุ่มน้ำขังและพื้นที่ชุ่มน้ำเหล่านี้สามารถทำหน้าที่ดักเก็บธาตุอาหารได้นั่นเอง

แสดงให้เห็นว่า การลดความเค็มของน้ำที่ใช้ในการชลประทานน่าจะเป็นผลร้ายต่อการประมงที่มีอยู่

มีประเด็นต่างๆ หลายประเด็นที่จำเป็นต้องได้รับการประเมินด้วยการใช้ EIA เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของทะเลสาบ ประเด็นเหล่านั้นได้แก่ คุณภาพและปริมาณของน้ำ การเปลี่ยนแปลงของน้ำไหลเข้าและไหลออก การเปลี่ยนแปลงการขึ้นลงของระดับน้ำ การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ชายฝั่ง พืชพรรณ การเสื่อมโทรมของดิน การทับถมของตะกอน ถิ่นที่อยู่ของสัตว์ป่า การเปลี่ยนแปลงของสถานที่ทางวัฒนธรรม และประวัติศาสตร์ที่ไม่สามารถกลับคืนมาได้ การเปลี่ยนแปลงในการใช้ประโยชน์จากน้ำ และผืนดิน และการกลับมาตั้งถิ่นฐานใหม่ของประชากร เพื่อเป็นหลักในการดำเนินงาน จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องจำว่า **‘การป้องกันมีราคาถูกกว่าการบำบัดแก้ไข’**

แม้ว่าจะมีการบังคับใช้ EIA ในหลายๆ ประเทศก็ตาม แต่การใช้ EIA ในประเทศกำลังพัฒนายังมีข้อจำกัด ส่วนหนึ่งเป็นเพราะวิธีการของ EIA นั้นนำไปใช้ได้ยากในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในเรื่องความชำนาญ ทรัพยากร ข้อมูล และเวลา กลุ่มผู้เชี่ยวชาญโครงการด้านการประเมินสิ่งแวดล้อมและความร่วมมือในการพัฒนาขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (The Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) ได้ประเมินว่าร้อยละ 0.01 ถึงร้อยละ 1.1 ของค่าใช้จ่ายโครงการนำไปใช้ในการเตรียมการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในประเทศกำลังพัฒนา

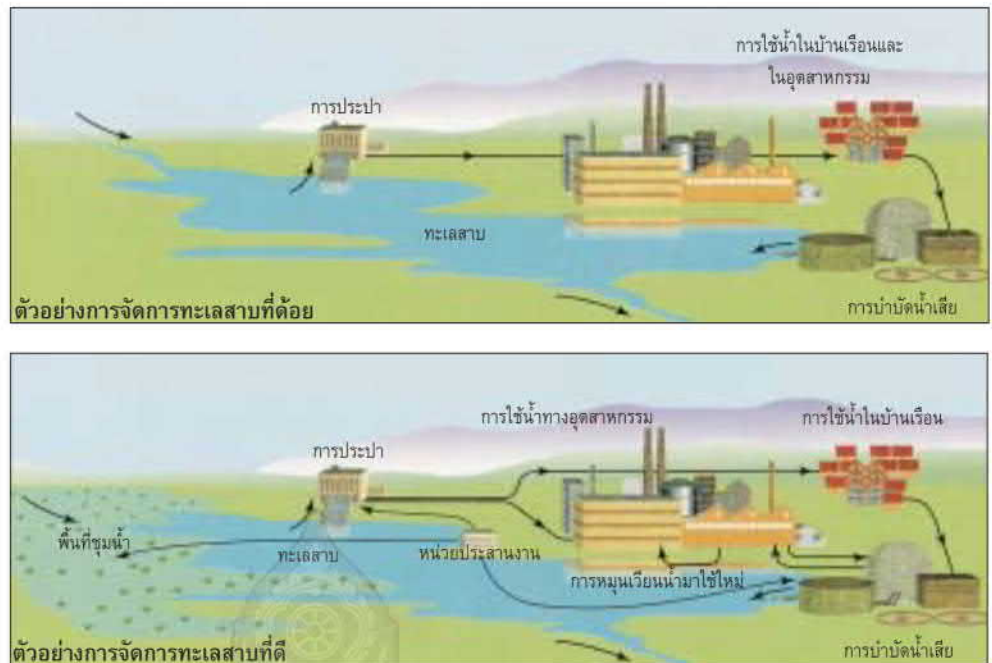
การจัดการทะเลสาบที่ดีและที่ด้อย

ยุทธศาสตร์ในการจัดการที่ดีจำเป็นต้องวิเคราะห์ปัญหาแต่ละปัญหาในแง่ของทะเลสาบโดยรวมและสิ่งแวดล้อมของทะเลสาบด้วย ตัวอย่างเช่น การประปาของทะเลสาบอาจต้องการที่จะใช้ทะเลสาบในการผลิตน้ำดื่มที่มีคุณภาพสูง และองค์กรเกี่ยวกับเรื่องน้ำเสียต้องพยายามลดผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อคุณภาพในทะเลสาบ อย่างไรก็ตาม เราจะพบว่าบ่อยครั้งมากที่ไม่มีการประสานงานระหว่างหน่วยงานทั้งสอง

การจัดการที่ดีมักจะหมายถึงการประสานงานกันระหว่างการผลิตน้ำดื่มและการบำบัดน้ำเสียเป็นอย่างแรก นอกจากนั้น ควรจะต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ อุ ดสาหกรรมบางประเภทอาจจะสามารถนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ หรือใช้น้ำบางส่วนจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว วิธีนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำดื่มและการบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งอาจลดผลกระทบของอุตสาหกรรมเหล่านี้ที่มีต่อระบบนิเวศด้วย

นอกจากนี้ ถ้าต้องการลดสภาวะยูโทรฟิเคชัน และหลีกเลี่ยงการสร้างโรงบำบัดน้ำเสียที่มีราคาแพง ควรจะต้องพิจารณาถึงการกระจายของธาตุอาหารอันเกิดจากการ

รูปที่ 12 ตัวอย่างการจัดการทะเลสาบที่ดีและด้อย



ทำการเกษตรด้วย การจัดการทะเลสาบที่ดีจะรวมถึงการดูแลรักษาพื้นที่ชุ่มน้ำตามชายฝั่งของลำน้ำสาขา เพื่อให้ทำหน้าที่เป็นที่ดักเก็บสารอาหารต่างๆ ซึ่งไหลมาจากแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน

การถ่ายโอนเทคโนโลยี

เงื่อนไขของการอนุรักษ์ทะเลสาบที่ปฏิบัติกันในประเทศหนึ่ง ย่อมยากที่จะเป็นแบบเดียวกันกับในประเทศอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ประสบการณ์จริงและทักษะทางเทคนิคที่พัฒนาขึ้นในการจัดการทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำของประเทศหนึ่ง สามารถใช้เป็นบทเรียนที่สำคัญในการอนุรักษ์ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำในประเทศอื่นๆ ได้ ถ้ารู้จักนำไปใช้อย่างเหมาะสม ทั้งการประเมินและการควบคุม การเลือกทุนสำรองและการจัดการ วิธีการฝึกอบรม และการจัดการทรัพยากรน้ำจืดนานาชาติร่วมกัน เป็นเพียงแค่ตัวอย่าง 2-3 เรื่องเฉพาะทาง ที่ควรจะต้องสำรวจการถ่ายโอนประสบการณ์และเทคโนโลยี

ศูนย์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศของ EIA (ในกรอบหน้า 43) จัดตั้งขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการถ่ายโอนเทคโนโลยีโดยเฉพาะ

เทคโนโลยีทางนิเวศ

มลพิษในทะเลสาบเป็นปัญหาที่สลับซับซ้อนและแทบจะไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการเดียว เทคโนโลยีทางนิเวศหรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าวิศวกรรมนิเวศจึงเกิดขึ้นเป็นวิธีการทางเทคโนโลยีที่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องมาจากความ

มาตรการทางกายภาพและทางกฎหมายในการฟื้นฟูสภาพของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ	
มาตรการควบคุมภายนอก	ตัวอย่าง
การคุ้มครองพื้นที่รับน้ำ	
การควบคุมอุทกวิทยาจักรและการกัดกร่อนของดิน	
การปลูกป่าในพื้นที่ต้นน้ำ	ทะเลสาบเดียน-ซี (จีน)
การดูแลไหล่เขา	ทะเลสาบบีวะ (ญี่ปุ่น)
การก่อสร้างเขตกันชนระหว่างพื้นที่	อ่างเก็บน้ำโบรอา (บราซิล)
การเกษตรและชายฝั่งทะเลสาบ	
การปลูกพืชตามแนวเส้นชั้นความสูง	อ่างเก็บน้ำบาร์ราโบนิตา (บราซิล)
ข้อบังคับในการใช้ที่ดิน	
ข้อบังคับที่เข้มงวดในการใช้ที่ดิน	ทะเลสาบทาโฮ (สหรัฐอเมริกา)
การเคลื่อนย้ายแหล่งสารมลพิษออกจากที่ลุ่มน้ำ	อ่างเก็บน้ำเฟียชุย 'ไต้หวัน)
การห้ามแปรสภาพที่ดิน	แม่น้ำคอนสแตนซ์ (เยอรมนี, ออสเตรีย, สวิตเซอร์แลนด์)
การควบคุมโรงงานที่ปล่อยสารมลพิษ	ทะเลสาบไบคัล (รัสเซีย)
การบำบัดของเสีย	
การสร้างโรงบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่	ทะเลสาบมาจอร์เร (สวิตเซอร์แลนด์, อิตาลี)
การสร้างบ่อเติมออกซิเจน	ทะเลสาบยา-เออ (จีน)
การสร้างโรงบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก	ทะเลสาบนากะอุ (ญี่ปุ่น)
การใช้ถังเกรอะ	ทะเลสาบบีวะ (ญี่ปุ่น)
การเปลี่ยนทางระบายน้ำโสโครก	ทะเลสาบแมกฮิลเวน (ซิมบับเว)
การใช้อุปกรณ์บำบัดน้ำเสียจากปศุสัตว์	ทะเลสาบฟูเร็น (ญี่ปุ่น)
การหมักก๊าซมีเทนในน้ำเสียจากชุมชน	ทะเลสาบเฉา-ฮู (จีน)
การควบคุมการใช้ปุ๋ยเคมีทางการเกษตร	ทะเลสาบคินเนอเวต (อิสราเอล)
การห้ามปล่อยสารที่เป็นพิษลงสู่แหล่งน้ำ	ทะเลสาบโอตา (อิตาลี)
การควบคุมสารอาหารในน้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำ	
การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสีย	ทะเลสาบบาลาทอน (ฮังการี)
การจัดตั้งหน่วยประสานงานในการใช้	
ที่ลุ่มแม่น้ำ/ทะเลสาบนานาชาติ	ประเทศต่างๆ ในลุ่มน้ำไรน์
การห้ามใช้ผงซักฟอกที่มีสารฟอสเฟต	ทะเลสาบมิชิแกน (สหรัฐอเมริกา)
การควบคุมการปล่อยของเสียจากวิสาหกิจ	ทะเลสาบเมอซา (นอร์เวย์)

การสร้างเขื่อนกั้นน้ำ/กั้นตลิ่งเพื่อป้องกันน้ำ ที่มีมลพิษไหลลงสู่แหล่งน้ำ การใช้ปุ๋ยทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ การนำน้ำที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ในพื้นที่ปลูกป่า การใช้อุปกรณ์บำบัดออกซิเจน	ทะเลสาบโรโตรัว (นิวซีแลนด์) ทะเลสาบโททา (โคลัมเบีย) อ่างเก็บน้ำซานโรเก (อาร์เจนตินา) ทะเลสาบบีวะ (ญี่ปุ่น)
มาตรการควบคุมภายใน	ตัวอย่าง
มาตรการทางกายภาพ การผสมและการจัดการแบ่งชั้นของน้ำด้วยความร้อน การปรับปรุงการพลิกตัวของน้ำในทะเลสาบ การปล่อยน้ำสะอาดลงสู่ทะเลสาบ การเติมอากาศ การเติมออกซิเจน การเติมอากาศที่ก้นทะเลสาบ การบังคับให้เกิดการผสมผสาน ทางแฉ่งของน้ำในอ่างเก็บน้ำ การป้องกันการทับถมของตะกอน การจัดตะกอนด้วยการขุดลอก การปิดผนึกตะกอนด้วยชั้นทราย มาตรการทางชีวภาพ การจัดด้วยวิธีเคมีและวิธีกล การเก็บวัชพืชน้ำ การเก็บสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน การกำจัดสาหร่าย การกำจัดวัชพืชน้ำประเภทผักตบชวา การจัดการทางชีวภาพและการปกป้อง การจัดการใช้อาหาร การเพาะเลี้ยงปลากินพืชแบบปล่อยเพื่อควบคุมวัชพืช การใช้ตั๊กแตนเพื่อควบคุมการเจริญเติบโต ของวัชพืชน้ำประเภทผักตบชวา การควบคุมระดับน้ำเพื่อคุ้มครองพืชพรรณต่างๆ การคุ้มครองพืชพรรณชายฝั่งทะเลสาบ การจำกัดการเดินเรือเพื่อปกป้องพืชพรรณ ตามชายฝั่งทะเลสาบ มาตรการทางเคมี การใช้ปูนขาว	ทะเลสาบเบลด (สโลวีเนีย) ทะเลสาบไอเซล (เนเธอร์แลนด์) ทะเลสาบบัลเดการ์ (สวิตเซอร์แลนด์) ทะเลสาบซางามิ (ญี่ปุ่น) ทะเลสาบทูมเมน (สวีเดน) ทะเลสาบบีวะ (ญี่ปุ่น) ทะเลสาบเลม็อง (สวิตเซอร์แลนด์และฝรั่งเศส) ทะเลสาบคาซีมีงาอูระ (ญี่ปุ่น) ทะเลสาบเมนโดตา (สหรัฐอเมริกา) ทะเลสาบคาริบา (แซมเบีย/ซิมบับเว) แอ่งน้ำขนาดเล็ก ทะเลสาบตงฮู (จีน) ทะเลสาบคาริบา (แซมเบีย/ซิมบับเว) ทะเลสาบเจา-ฮู (จีน) ทะเลสาบนอยซิดเลอร์ (ออสเตรีย) ทะเลสาบทาโป (นิวซีแลนด์) ทะเลสาบโอตา (อิตาลี)

ศูนย์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ

ศูนย์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ (The International Environmental Technology Centre: IETC) ซึ่งตั้งขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1992 เป็นส่วนหนึ่งของ UNEP เพื่อถ่ายโอนเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มีสำนักงาน IETC อยู่ในประเทศญี่ปุ่น 2 แห่ง ได้แก่ สำนักงานที่ตั้งอยู่ที่เมืองชิงะ ซึ่งมุ่งเน้นในเรื่องการจัดการทะเลสาบน้ำจืดและอ่างเก็บน้ำ รวมทั้งที่ลุ่มน้ำของทะเลสาบ ส่วนสำนักงานอีกแห่งหนึ่งตั้งอยู่ในเมืองโอซากาจะมุ่งเน้นในเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์กับเมืองใหญ่ การถ่ายโอนเทคโนโลยีของ IETC ในระยะเริ่มต้นจะเกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้

- การจัดหาสารสนเทศและข้อมูล อันประกอบไปด้วย การพัฒนาและการจัดหาฐานข้อมูล การพัฒนาฐานข้อมูลสำหรับผลการดำเนินโครงการต่างๆ และการส่งเสริมบริการห้องสมุด
- การจัดหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมขีดความสามารถในการควบคุมดูแลทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ รวมทั้งการประเมินและการจัดการ
- การวิจัย และบริการให้คำปรึกษา อันประกอบด้วย การส่งเสริมการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีโทรสัมผัส เพื่อการควบคุมและจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ
- การส่งเสริมความเข้าใจของสาธารณชนผ่านทางการผลิตสิ่งพิมพ์ และการให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบโครงการและกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรเอกชน



สำนักงานศูนย์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ ณ เมืองชิงะของ UNEP ซึ่งให้ความสำคัญในการถ่ายโอนเทคโนโลยีการจัดการน้ำจืด

ล้มเหลวของเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมที่ปฏิบัติกันมา เทคโนโลยีทางนิเวศน์ใช้ประโยชน์จากความสามารถของทะเลสาบและสิ่งแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียง ในการทำให้น้ำบริสุทธิ์ด้วยตนเอง ตัวอย่างเช่น การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อทำให้น้ำเน่าเสียบริสุทธิ์ ทะเลสาบที่ใช้ป่าไม้เพื่อช่วยให้การกักตร่อนของดินและระบบน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปมามีเสถียรภาพ เทคโนโลยีทางนิเวศเสนอข้อบ่งชี้กว้างๆ ของความเป็นไปได้ที่หลากหลาย แต่จำเป็นต้องนำไป

ใช้ควบคู่กันกับเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุด วิธีการนี้สามารถใช้ในการจัดการกับมลพิษที่มีแหล่งที่มาไม่แน่นอน หรือใช้ในการเปลี่ยนทะเลสาบที่เสื่อมโทรมให้คืนสู่ความสมดุล ทางธรรมชาติ

เทคโนโลยีที่เหมาะสมจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศจีน

หลายศตวรรษมาแล้วที่ประเทศญี่ปุ่นมีการใช้ระบบพิเศษในการแยกเก็บ การบำบัด และการนำอุจจาระมนุษย์กลับมาใช้อีก วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและค่าใช้จ่ายถูกกว่าระบบระบายน้ำเสียที่ราคาแพง อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างทางวัฒนธรรมอาจขัดขวางการนำเทคโนโลยีธรรมดาๆ นี้ไปใช้ในประเทศอื่นๆ

ทะเลสาบไท-ฮู ในประเทศจีน ทะเลสาบน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นอันดับ 3 ของประเทศกำลังเผชิญกับความต้องการที่รุนแรงและยากลำบาก 2 ประการ นั่นคือ ความต้องการในการเพิ่มผลผลิตทางน้ำและความต้องการในการเพิ่มคุณภาพน้ำ ทั้งนี้เพื่อสนองความต้องการของประชากรที่เพิ่มมากขึ้นในที่ลุ่มน้ำ จึงได้มีการพัฒนารูปแบบใหม่ของการเกษตรกรรมทางน้ำ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากโซ่อาหารของทะเลสาบ การเกษตรกรรมแบบใหม่จะเป็นการรวมการเพาะเลี้ยงปลาและการเพาะปลูกพืชเข้าไว้ด้วยกัน โดยนำพืชน้ำที่ได้อัดเลือกมาไปปลูกในบริเวณรอบๆ กระชังเลี้ยงปลาและใช้เป็นอาหารสำหรับปลาด้วย ในแต่ละปียังสามารถย้ายบริเวณที่ทำกรเพาะปลูกพืชและเพาะเลี้ยงปลาได้ เพื่อรักษาคุณภาพน้ำและเพื่อให้ตะกอนที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารใต้กระชังเลี้ยงปลาเป็นแหล่งปุ๋ยของพืชน้ำต่อไป พืชน้ำยังช่วยให้เกิดคลื่นและช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการดูดซึมเอาธาตุอาหารและช่วยเพิ่มออกซิเจนที่ละลายในน้ำ รูปแบบการเกษตรกรรมดังกล่าวสามารถให้ผลผลิตปลาประมาณปีละ 22-30 ตันต่อเนื้อที่ 1 เฮกตาร์ ได้โดยประหยัดค่าใช้จ่าย

เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ในขณะที่การถ่ายโอนเทคโนโลยีโดยทั่วไปคิดกันว่ามุ่งเน้นไปในซีกโลกเหนือและใต้ จึงจำเป็นอย่างมากที่จะต้องดำเนินการเพื่อปรับปรุงการสื่อสารระหว่างประเทศระหว่างนักวิทยาศาสตร์และนักจัดการทั้งหลาย แต่ก็ควรส่งเสริมโอกาสในการนำความรู้มาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางให้มากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น ประสบการณ์ในการจัดการทะเลสาบในประเทศจีน อาจนำไปประยุกต์ใช้ในประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆ ได้ ประสบการณ์ของประเทศฮังการีในการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อกักธาตุอาหารแทนโรงงานบำบัดน้ำที่ต้องใช้เงินลงทุนสูงมาก ก็อาจจะเอื้อประโยชน์ให้กับประเทศที่มีพื้นที่กว้างใหญ่ซึ่งที่ดินมีราคาถูก

อย่างไรก็ดี มาตรการบางอย่างที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในทะเลสาบหนึ่ง อาจจะไม่สามารถใช้ได้กับทะเลสาบอื่นๆ จึงควรจะต้องเลือกใช้เทคโนโลยีต่างๆ อย่างระมัดระวัง ตามสภาพเศรษฐกิจ เทคนิค และวัฒนธรรมของพื้นที่ที่เกี่ยวข้องนั้นๆ

โรงเรียนลอยน้ำในทะเลสาบบิเว

ตั้งแต่ ค.ศ. 1983 คณะผู้ปกครองเมืองชิงะ ประเทศญี่ปุ่น ได้จัดโรงเรียนค้างแรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นที่ทะเลสาบบิเว บนเรือชื่ออูมิโนโกะ โครงการนี้จัดขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่หาได้ยากในชั้นเรียน หลักสูตรบรรจุเรื่องการสังเกตแปลงกักตอนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ การตรวจวัดความใสของน้ำในทะเลสาบ กิจกรรมการทำความสะอาดตามบริเวณชายฝั่งทะเลสาบ และการฝึกหัดพายเรือเล็ก การเรียนบนเรืออูมิโนโกะนี้ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักปรับตัวให้เข้ากับสังคม และรู้สึกชื่นชมในจังหวัดของตัวเอง รวมทั้งให้ความตื่นเตนในการได้พักค้างแรมบนเรือกับเพื่อนร่วมชั้นเรียนอีกด้วย เรือโรงเรียนลอยน้ำอูมิโนโกะออกเดินทางปีละ 100 เที่ยว และจนถึง ค.ศ. 1993 มีนักเรียนที่ได้เข้าร่วมโครงการนี้มาแล้วเป็นจำนวน 185,000 คน



เรือโรงเรียนลอยน้ำอูมิโนโกะ

การประชาสัมพันธ์ประโยชน์ของทะเลสาบ

ในขณะที่คนจำนวนมากได้รับประโยชน์จากทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ แต่มีคนเพียงจำนวนเล็กน้อยเท่านั้นที่จะรู้ซึ่งในคุณค่าที่แท้จริงของทะเลสาบ ถ้าผู้คนเข้าใจถึงคุณค่าที่แท้จริงของทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ และตระหนักถึงกิจกรรมที่จำเป็นต้องทำเพื่อรักษามันเอาไว้ มาตรการการป้องกันและการแก้ไขอาจไม่จำเป็นต้องนำมาใช้ และด้วยเหตุนี้ไม่มี

ทะเลสาบ 2 แห่งใดที่มีสภาพธรรมชาติและสภาพเศรษฐกิจสังคมแบบเดียวกัน ดังนั้นข้อกำหนดเพื่อการใช้ทะเลสาบแบบยั่งยืนจึงแตกต่างกันสำหรับทะเลสาบแต่ละแห่ง การแลกเปลี่ยนข่าวสารเกี่ยวกับความสำเร็จและความล้มเหลวในการจัดการทะเลสาบจึงมีความสำคัญมาก จำเป็นจะต้องถ่ายโอนข่าวสารจากสังคมทุกระดับ ทั้งการถ่ายโอนในกลุ่มเยาวชน ครูผู้สอน สาธารณชนทั่วไป ผู้ที่ใช้ทรัพยากรทะเลสาบในท้องถิ่นและผู้กำหนดนโยบาย ทั้งสิ่งพิมพ์ หลักสูตรการฝึกอบรม การประชุม และการพัฒนาการศึกษาในโรงเรียนล้วนมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวด เพื่อให้ทะเลสาบในโลกได้รับการจัดการที่ดีขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้นด้วย

การฝึกอบรมครูในห้องปฏิบัติการธรรมชาติ

ใน ค.ศ. 1986 มหาวิทยาลัยเซาเปาโลในประเทศบราซิล ได้เริ่มฝึกอบรมครูในโรงเรียนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำอย่างยั่งยืน และเพื่อให้รู้จักใช้ประโยชน์จากการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำในท้องถิ่นให้เป็นห้องปฏิบัติการทางธรรมชาติเท่าที่จะเป็นไปได้ ในระหว่างการออกปฏิบัติการภาคสนามและปฏิบัติงานในห้องทดลองเป็นเวลา 10 วัน กลุ่มครูจำนวน 20-25 คน จะได้รับการฝึกอบรมให้รู้จักระบบย่อยต่างๆ (สันปันน้ำของแม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ ป่าริมน้ำ ผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การทำเหมืองและการตัดไม้ทำลายป่า) และการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำของมนุษย์ ครูเหล่านี้จะเรียนรู้วิธีการสังเกตสภาพสันปันน้ำในท้องถิ่นของตน โครงการที่สองเริ่มใน ค.ศ. 1991 โครงการนี้ฝึกอบรมครูในการวัดคุณภาพน้ำและเชื่อมโยงผลการวัดที่ได้กับการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำ นอกจากนี้ยังแจกชุดเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำที่ออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้ได้ผลการวัดที่ถูกต้องไปยังโรงเรียน



การฝึกอบรมครูในประเทศบราซิลในห้องปฏิบัติการพื้นที่ชุ่มน้ำในธรรมชาติ

ในเมือง 20 แห่งของเมืองเซาเปาโล การสังเกตและการทดลองอย่างต่อเนื่องที่จะเกิดจากการใช้ชุดเครื่องมือเหล่านี้ จะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ห้วงพัฒนาการของ คุณภาพในพื้นที่ชุ่มน้ำ

แหล่งอ้างอิง

- Abu Zeid, M., Environmental impacts of the High Aswan Dam: a case study, in *Environmentally-sound water management*, Delhi, Oxford University Press, pp 247-270, 1990.
- Allan, R. J., Organic pesticides in aquatic environments with emphasis on sources and fate in the Great Lakes, in *Guidelines of lake management Vol. 4: Toxic substances management in lakes and reservoirs*, Nairobi/Otsu, UNEP/ILEC, pp 87-111, 1991.
- Biswas, A. K., Objectives and concepts of environmentally-sound water management, in *Environmentally-sound water management*, Delhi, Oxford University Press, pp 30-58, 1990.
- Calderoni, A., et al, Lago d'Orta ecosystem recovery by liming, in *Guidelines of lake management Vol. 5: Management of lake acidification*, Nairobi/Otsu, UNEP/ILEC, pp 105-144, 1993.
- Davis, J., and Claridge, C. F. (eds.), *Wetland benefits: the potential for wetlands to support and maintain development*, Kuala Lumpur, Asian Wetland Bureau, 1993.
- D'Itri, F. M., and McNabb, C., Impact of the zebra mussel on the Great Lakes ecosystem, *ILEC Newsletter*, no 22, pp 7-9, 1993.
- Dugan, P. J. (ed.), *Wetland conservation: a review of current issues and required action*, Gland, IUCN, 1990.
- Golubev, G. N., Environmental problems of large central Asian lakes, in *Proceedings of symposium on water resources management with the views of global and regional scales*, Nairobi/Otsu, UNEP/ILEC, pp 55-63, 1991.
- Golubev, G. N., Sustainable water development: implications for the future, in *Water Resources Development*, vol 9, no 2, pp 127-154, 1993.
- IIED/WRI, *World Resources 1987*, Basic Books, New York, 1987.
- ILEC and Lake Biwa Research Institute (eds.), *Survey of the State of World Lakes*, Vol I-V, Otsu/Nairobi, ILEC/UNEP, 1988-1993.
- Jørgensen, S. E., Management and modelling of lake acidification, in *Guidelines of lake management Vol 5: Management of Lake Acidification*, Nairobi/Otsu, UNEP/ILEC, pp 79-104, 1993.
- Jørgensen, S. E. and Vollenweider, R. A., Remedial techniques, in *Guidelines of lake management Vol 1: Principles of Lake Management*, Nairobi/Otsu, UNEP/ILEC, pp 99-114, 1988.
- Kira, T., State of the environments of world lakes: from the survey by ILEC/UNEP, in *Proceedings of symposium on water resources management with the views of global and regional scales*, Nairobi/Otsu, UNEP/ILEC, pp 48-54, 1991.
- Kira, T., *Lake Biwa in the Global Environment*, Kyoto, Jinbun-Shoin, 1990.
- Kurata, A., Comparative study on the data of lake environments of Lake Biwa and world lakes, in *Annual Report of Lake Biwa Research Institute*, vol 5, pp 17-37, 1987.
- Lake Biwa Research Institute (ed.), *World Lakes*, Kyoto, Jinbun-Shoin, 1993.
- Nakayama, M., Application of remote sensing technologies to monitor lakes/wetlands in developing countries, in *Towards wise use of Asian wetlands*, Otsu, ILEC, 1993.
- Rubec, C. D. A., Lynch-Stewart, P., Wickware, G.M., and Kessel-Taylor, I., Wetland utilization in Canada, in *Wetlands of Canada*, Polyscience Publication, pp 381-412, 1988.
- Speidel, D. H., and Agnew, A. F., The world water budget, in *Perspectives on water uses and abuses*, New York, Oxford University Press, 1988.
- Szilágyi, F., et al., The Kis-Balaton reservoir system as a means of controlling eutrophication of Lake Balaton, Hungary, in *Guidelines of Lake Management, Vol 3: Lake Shore Management*, Nairobi/Otsu, UNEP/ILEC, pp 127-151, 1990.
- Tundisi, J. G., et al, ILEC Environmental Education Project in Brazil, in *ILEC Environmental Education*, Otsu, ILEC, pp 9-14, 1993.
- Vallentyne, J. R., *The algal bowl—lakes and man*, Ottawa, Department of the Environment Fisheries and Marine Service, 1974.
- White, E., *Eutrophication of Lake Rotorua—a review*, DSIR Information Series No 123, 1977.
- White, G. F., The environmental effects of the High Dam at Aswan, in *Environment*, vol 30, no 7, pp 4-40, 1988.
- Yuma, M., Nature conservation of Lake Tanganyika, in *Fishes of Lake Tanganyika*, Tokyo, Heibonsya, pp 224-239, 1993.

ผู้จัดทำ

ผู้แปล

นายนิคม กายราช

ผู้ตรวจ

รองศาสตราจารย์รัชไนกร บุญ-หลง

บรรณาธิการที่ปรึกษา

นางสาวจินตนา ไบกาชูยี

ผู้อำนวยการสถาบันการแปลหนังสือ

บรรณาธิการอำนวยการ

นางสาวอุษณีย์ วัฒนพันธ์

บรรณาธิการ

นางสาวนองศิริ โชติรัตน์





ชื่อ

นิคม กายราช

ตำแหน่ง

นักแปลเครือข่ายของสถาบันการแปลหนังสือ กรมวิชาการ

อาจารย์ 2 ระดับ 7

ผู้ช่วยผู้อำนวยการโรงเรียนกุดบากพัฒนาศึกษา สกลนคร
อดีตหัวหน้าหมวดภาษาต่างประเทศ และหัวหน้าฝ่ายวิชาการ
โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูลสกลนคร พ.ศ. 2529-2541

การศึกษา

กศ.บ. สาขาภาษาอังกฤษ

Certificate หลายหลักสูตรในประเทศต่างๆ

งาน

แปลหนังสือเรื่องแนวคิดและมุมมองของการจัดการศึกษาใน
ศตวรรษที่ 21 ของกลุ่มประเทศเอเชียและแปซิฟิก

(*Education for Twenty First Century*

Asia-Pacific Perspectives)

แปลหนังสือเรื่องขันติธรรม: ประตูสู่สันติภาพ

(*Tolerance: The Threshole of Peace*) (แปลร่วม)

แปลหนังสือเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

(*The Greenhouse Effect*) (แปลร่วม)

แปลหนังสือเรื่องชั้นโอโซน (*The Ozone Layer*) (แปลร่วม)

หนังสือชุดสิ่งแวดล้อมของ UNEP/GEMS

