Applied Environmental Research

Volume 10 | Number 2 Article 6

1988-12-01

น้ำร้อนปลาเป็น น้ำเย็นปลาตาย

กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/aer

Part of the Environmental Studies Commons

Recommended Citation

ศรีพงศ์พันธุ์, กัณฑรีย์ (1988) "น้ำร้อนปลาเป็น น้ำเย็นปลาตาย," *Applied Environmental Research*: Vol. 10: No. 2, Article 6.
Available at: https://digital.car.chula.ac.th/aer/vol10/iss2/6

This Article is brought to you for free and open access by the Chulalongkorn Journal Online (CUJO) at Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Applied Environmental Research by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

"น้ำร้อนปลาเป็น น้ำเย็นปลาตาย?"

*กัณทรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์**

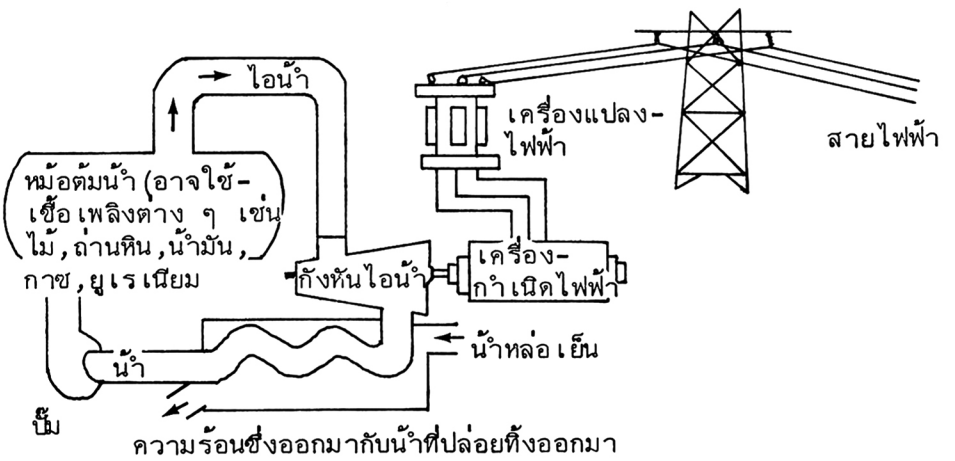
สำนวนที่ว่า "น้ำร้อนปลาเป็น" หมายถึง คำพูดที่ตรงไปตรงมาแบบขวานผ่าซาก อาจไม่ถูกใจผู้ฟัง แต่ไม่เป็นภัย และมักใช้คู่กับสำนวนไทยที่ว่า "น้ำเย็นปลาตาย" ซึ่งหมายถึง คำพูดที่ไพเราะ อ่อนหวานถูกใจผู้ฟัง แต่อาจเป็นโทษเป็นภัยได้ ส่วนเครื่องหมายปรัศนีย์ (?) ที่ใส่ไว้ข้างท้ายก็เพื่อให้ผู้อ่านติดตามแล้วสรุปความหาคำตอบให้กับตัวเองว่า น้ำร้อนจะทำให้ปลาเป็น ส่วนน้ำเย็นจะทำให้ปลาตายนั้นจริงเสมอไปหรือไม่ ?

สำหรับคำในภาษาอังกฤษที่เกี่ยวข้องกับสำนวนไทยนี้ก็น่าจะเป็นคำว่า "มลพิษทางความร้อน" (thermal pollution หรือ thermal enrichment) ซึ่งหมายถึงสภาวะการณ์ที่มีการปล่อยของเสียที่มีความร้อน ซึ่งโดยมากมักเป็นน้ำที่มีอุณหภูมิสูงลงไปสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ลงไปสู่แหล่งน้ำที่รองรับของเสีย ผลกระทบที่ตามมาก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียมากมายตามสภาพการณ์ในขณะนั้นเป็นกรณี ๆ ไป

แหล่งผลิตของเสียที่มีความร้อน (Sources of thermal waste)

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตความร้อนที่สำคัญยิ่ง อุณหภูมิของน้ำจะเป็นผลอันเนื่องมาจากอุณหภูมิของอากาศ นอกจากนั้นมนุษย์ยังสามารถช่วยเสริมให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นด้วย

แหล่งผลิตสำคัญที่ปล่อยของเสียที่มีความร้อนออกไปสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ โรงผลิตกระแสไฟฟ้า (รูปที่ 1) และโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีขั้นตอนที่ต้องใช้น้ำหล่อเย็น (cooling water) เพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากขบวนการดังกล่าว

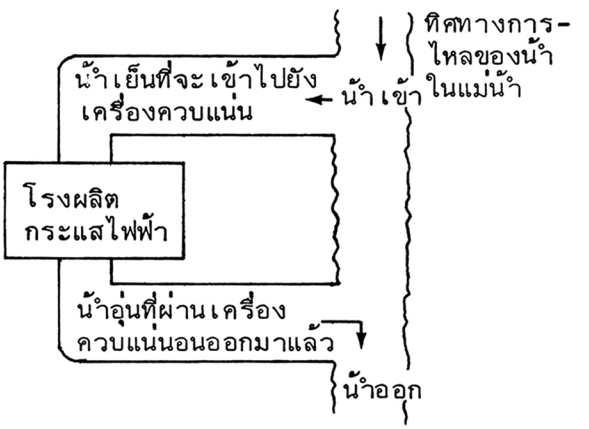


รูปที่ 1 ภาพแสดงมลพิษทางความร้อนอันเนื่องมาจากของเสียที่ร้อนซึ่งถูกปล่อยทิ้งออกมาจากโรงผลิตกระแสไฟฟ้า (ที่มา : Turk, J. and A. Turk. 1977)

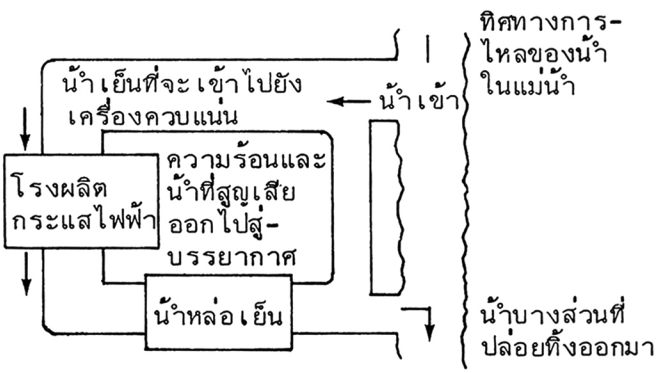
* ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 73000 โทรศัพท์ (034)-242072

ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Coefficiency of power generation)

ตามทฤษฎีแล้วโรงผลิตกระแสไฟฟ้าอาจมีประสิทธิภาพได้ประมาณถึง 60% แต่เนื่องจากความแปรปรวนอื่น ๆ ที่เราไม่สามารถควบคุมได้ เช่น อุณหภูมิของไอน้ำ ความร้อนที่สูญเสียไป ทำให้ในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้วประสิทธิภาพจะลดลงไปเหลือแค่ประมาณ 40% เท่านั้นสำหรับโรงไฟฟ้าที่ผลิตด้วยเชื้อเพลิงพวกถ่านหิน หรือน้ำมัน ส่วนอีก 60% ที่เหลือจะถูกปล่อยออกมากับน้ำหล่อเย็น (coolant) ซึ่งอาจเป็นแบบเปิด (รูปที่ 2) หรือ แบบปิด (รูปที่ 3) แล้วลงสู่สิ่งแวดล้อมในรูปของความร้อน ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศเนื่องมาจากมลพิษทางความร้อน



รูปที่ 2. การหล่อเย็นแบบเปิด หรือ แบบผ่านครั้งเดียว (open-cycle or oncethrough cooling)
(ที่มา : ReVelle, P. and C. ReVelle. 1981)



รูปที่ 3. การหล่อเย็นแบบปิด (closed cycle cooling)
(ที่มา : ReVelle, P. and C. ReVelle. 1981)

ปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของผลกระทบอันเนื่องมาจากปัญหามลพิษทางความร้อน

อัตราการไหลของน้ำภายใต้สภาวะการณ์นั้น ๆ จะมีอิทธิพลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ตามปกติน้ำหล่อเย็นที่ปล่อยลงไปสู่แหล่งน้ำมักจะทำให้แหล่งน้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 6–16°ซ. นอกจากนี้ปัจจัยอื่น ๆ เช่น กำลังผลิตกระแสไฟฟ้า ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ ฯลฯ ก็อาจมีผลต่อความรุนแรงของปัญหามลพิษทางความร้อนได้ด้วย

ผลกระทบของมลพิษทางความร้อนต่อสิ่งแวดล้อม

1. ผลกระทบทางกายภาพและทางเคมี

น้ำร้อนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะมีผลกระทบทางกายภาพในลักษณะต่าง ๆ เช่น ความหนาแน่น ความหนืด ความดันไอ แรงตึงผิว ความสามารถในการละลายของกาซ และการแพร่กระจายของความร้อน ซึ่งสมบัติทางกายภาพเหล่านี้นับว่ามีความสำคัญต่อระบบนิเวศอย่างยิ่ง เพราะการที่น้ำหล่อเย็นจากโรงผลิตกระแสไฟฟ้าทำให้แหล่งน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้เกิดสภาพอิ่มตัวอย่างยิ่ง (supersaturation) ของกาซต่าง ๆ ในบรรยากาศกาซเหล่านี้อาจเกิดเป็นฟองแล้วถูกปล่อยออกไปจากสารละลายนี้ และ The International Atomic Energy Agency (IAEA, 1974) ได้รายงานว่ามีน้ำสูญเสียไปสู่บรรยากาศอันเนื่องมาจากขบวนการน้ำหล่อเย็นของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 1 โรง ประมาณถึง 2,000 ม.^{3}/ชั่วโมง น้ำร้อนที่ปล่อยออกมานี้ก็จะทำให้เกิดการแบ่งตัวของชั้นน้ำ (stratification)

นอกจากนี้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะมีผลให้ออกซิเจนละลายในน้ำลดลง ปลาต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายของสารประกอบเคมีหลายชนิดจะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้อิทธิพลของสารมลพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำหลายชนิดมีผลเด่นขึ้น จากการคาดประมาณคร่าว ๆ พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า สำหรับทุก ๆ ค่าของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10 °ซ. (18 °ฟ.) อีกทั้งการย่อยสลายของเสียก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำด้วย เช่น มลพิษทางความร้อนเสริมด้วยการที่มีสารอาหารที่มาจากของเสียที่ยังไม่ย่อยสลายนี้จะทำให้สาหร่ายบางชนิดเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วมาก ดังนั้น มลพิษทางความร้อนจะมีส่วนทำให้น้ำสกปรกและต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสียเพิ่มขึ้นด้วย

การป้องกันไม่ให้ประสิทธิภาพของการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลงเนื่องจากมีสิ่งมีชีวิตเจริญอยู่ตามบริเวณพื้นผิวหรือไปอุดตันเครื่องควบแน่นนั้น นิยมปฏิบัติโดยการเติมคลอรีนในน้ำที่ใช้ ผลที่ตามมาคือ ปัญหาความเป็นพิษของคลอรีนต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีการปล่อยน้ำที่เติมคลอรีนลงไปนี้

อนึ่ง การปล่อยความร้อนออกไปสู่บรรยากาศบริเวณหอหล่อเย็น ก็ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ ได้เช่นกัน โดยเฉพาะต่อภูมิอากาศ เช่น การเกิดละอองน้ำ เมฆ หมอก ฝน เป็นต้น

2. ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระดับรายตัว (individuals)

อุณหภูมิของน้ำจะค่อนข้างคงที่มากกว่าอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วสิ่งมีชีวิตมักจะไม่สามารถปรับตัวได้ทัน หากอุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากและรวดเร็วเกินไป

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญมาก ซึ่งเกี่ยวข้องกับขบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) ขบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ และต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในน้ำ สัตว์เลือดอุ่นจะสามารถควบคุมเมตาโบลิซึมภายในเพื่อให้อุณหภูมิของร่างกายยังคงปกติ (constant) ในทางตรงกันข้ามสัตว์เลือดเย็นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิร่างกายอย่างในกรณีสัตว์เลือดอุ่นได้ และสิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนมากจะเป็นสัตว์เลือดเย็นซึ่งมีการผลิตความร้อนเพียงเล็กน้อย อีกทั้งฉนวนความร้อนที่ได้มาจากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ก็มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นอุณหภูมิร่างกายของสัตว์เลือดเย็นจึงมักมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอก สิ่งมีชีวิตจะมีอัตราการอยู่รอดมากน้อยขนาดไหนขึ้นอยู่กับสภาวการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ใช้กับอุณหภูมิของเครื่องควบแน่นและปัจจัยอื่น ๆ แพลงตอนขนาดเล็กและพวกสิ่งมีชีวิตที่อ่อนแอซึ่งว่ายน้ำอยู่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด พวกโคพีพอด (copepods) ขนาดใหญ่ ไข่ปลา และตัวอ่อนของสิ่งมีชีวิตก็มีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบมาก คือจะมีอัตราความเสียหายตั้งแต่ 70–100% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของโรงผลิตไฟฟ้านั้น ๆ ด้วย

การตอบสนองของปลาต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินี้จะแตกต่างกันไป สำหรับระยะต่าง ๆ ในช่วงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และ สำหรับฤดูกาลที่ต่างกัน ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเคยชินต่ออุณหภูมิต่าง ๆ ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด พฤติกรรมการว่ายน้ำของปลาหลายชนิดจะได้รับผลกระทบอันเนื่องมาจากอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่าง ๆ กันไป ซึ่งคาดว่าจะมีผลกระทบต่อความสามารถของสิ่งมีชีวิตในการล่าเหยื่อ หรือการหลบหลีกจากการตกเป็นเหยื่อด้วย

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนี้จะมีผลกระทบมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย เช่น ความเครียดอันเนื่องมาจากออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ หรือการมีสารมลพิษร่วมอยู่ด้วย จะทำให้ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิลดลง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิที่เหมาะสม และความเครียดทางอุณหภูมิสำหรับสิ่งมีชีวิตในเขตเซมิทรอปบีค (semitropic) และเขตทรอปบีค (tropic)

กลุ่มของสิ่งมีชีวิต	อุณหภูมิที่เหมาะสม (°ซ.)		ความเครียดทางอุณหภูมิ
การเจริญเติบโต และการพัฒนาของเซลสืบพันธุ์ (growth and gonadal development) ของ *Lytechinus variegatus*	27.0	29.9	ทำให้ปริมาตรของเซลล์สืบพันธุ์ (gonad volume) ลดลง 50%
		32.0	86 hr. TL_{50}
อัตราการผลิตของ *Thallasia testudinum*	30.0	31.0	จะมีผลระยะยาวทำให้การเจริญเติบโตลดลง
ความอยู่รอดของตัวอ่อนของปลาที่ออกมาจากไข่ได้ 12 ชั่วโมง	28.3	30.3	ขีดจำกัดของความทนทาน

(ที่มา : Connell, D.W. and G.J. Miller 1985)

(2.1) ปฏิกิริยาของความทนทานต่ออุณหภูมิและการตายของสิ่งมีชีวิตเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

มีการคาดคะเนกันว่าไข่ปลาแซลมอน (chinook salmon) จะตาย หากอุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำโคลัมเบียเพิ่มขึ้น 3° ซ. ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะทำให้สิ่งมีชีวิตตายเนื่องจากการแข็งตัวและเสียสภาพของโปรตีนในเซลล์ และเอ็นไซม์ (enzyme) จะไม่ไวในการทำงาน (inactive) หากอุณหภูมิไม่เหมาะสม สิ่งมีชีวิตที่คุ้นเคยกับอากาศเย็นจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมตาโบลิซึม (metabolic rates) สูงกว่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในเขตอบอุ่น ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจึงจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อให้มีความไวในการทำงานของเอ็นไซม์ในระดับที่เหมาะสม และพบว่าการลดลงของอุณหภูมิจะทำให้อัตราการสังเคราะห์โปรตีนลดลงด้วย อีกทั้งพบว่าการที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความรุนแรงของเชื้อโรคบางอย่างเพิ่มขึ้น ดังนั้น ความต้านทานเชื้อโรคของปลาก็จะลดลง

สิ่งมีชีวิตที่สามารถทนทานต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้ดีที่สุด คือสิ่งมีชีวิตในเขตเทมเพอเรต (temperate) เพราะอุณหภูมิในเขตนี้จะเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ได้มากในแต่ละฤดูกาล ซึ่งความทนทานของสิ่งมีชีวิตต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนี้จะสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ความเค็ม ระยะต่าง ๆ ในช่วงชีวิต ฯลฯ

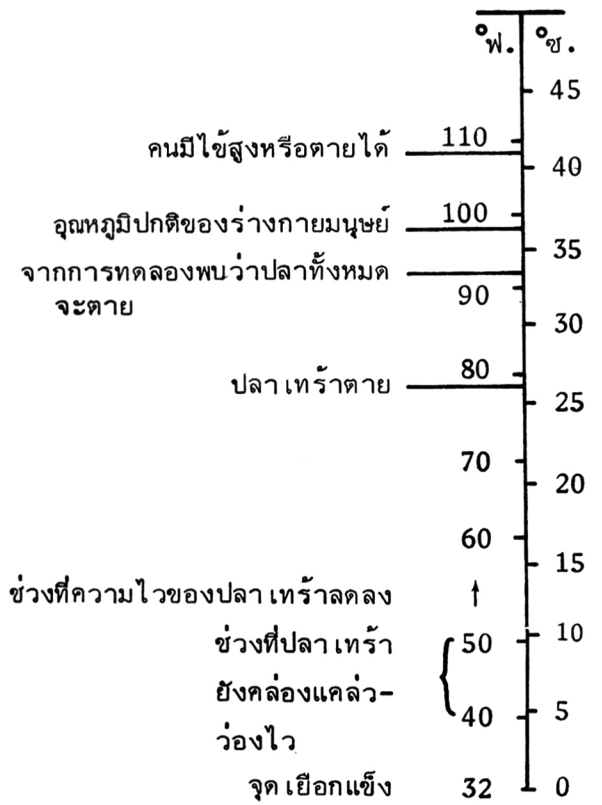
(2.2) การเจริญตลอดจนพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์และเมตาโบลิซึม

โดยทั่วไปพบว่าอุณหภูมิที่เป็นอันตราย (lethal temperature) ต่อตัวเต็มวัยของสิ่งมีชีวิตในน้ำจะสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตตามสภาพภูมิศาสตร์ และปัจจัยอื่น ๆ เช่น ในสภาพที่ได้รับออกซิเจนเพียงพอนั้น พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมตาโบลิซึมยังขึ้นกับอิทธิพลของอุณหภูมิและความเค็มด้วย

อุณหภูมิของน้ำอาจมีผลในทางบวกหรือทางลบต่อสิ่งมีชีวิตก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของสิ่งมีชีวิต ช่วงระยะเวลาหรือขั้นตอนของการพัฒนาการ ปริมาณอาหาร ความเค็ม และอื่น ๆ ตามปกติสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิช่วงหนึ่งที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ซึ่งหากอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตนั้นก็จะลดลง

ขนาดของร่างกายก็อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของอุณหภูมิที่ได้รับในตอนแรก เช่น การปล่อยน้ำหล่อเย็นจากโรงผลิตกระแสไฟฟ้าที่ตั้งอยู่บนแม่น้ำซาวานนา (Savannah) มีผลให้ปลา เต่า และแมลงบางชนิด มีร่างกายใหญ่ขึ้นกว่าปกติเมื่อโตเต็มวัย ส่วนพวกสัตว์เลือดเย็นอื่น ๆ ก็พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะทำให้ร่างกายมันมีอุณหภูมิสูงขึ้นและส่งผลให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมตาโบลิซึมเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเรื่องต่าง ๆ ตามมาด้วย เช่น ปริมาณไขมันในร่างกาย น้ำหนักสด ปริมาณคาลอรี และอื่น ๆ

ปลาจะตอบสนองต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยขบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ ในร่างกายจะเร็วขึ้น ความต้องการออกซิเจนและอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น เพราะว่าน้ำร้อนจะมีความสามารถที่จะรับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำได้น้อยกว่าน้ำเย็น หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนเกินกว่าขีดสูงสุดที่ปลาจะทนทานได้ (maximum tolerable temperature) ปลาก็จะตายเนื่องมาจากความล้มเหลวของระบบประสาท ระบบการหายใจ หรือ ขบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับเซลล์ ตามรายงานของ the Federal Water Pollution Control Administration พบว่าปลาที่พบทั่ว ๆ ไปในสหรัฐอเมริกาแทบไม่มีปลาชนิดใดเลยที่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ในน้ำที่ร้อนกว่า 93°ฟ. เช่น ปลาเทร้า (brook trout) จะว่ายน้ำเร็วขึ้นและว่องไวขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 40° ฟ. เป็น 48°ฟ. แต่อุณหภูมิช่วง 49°ฟ. ถึง 60°ฟ. จะมีผลให้ความว่องไวและความรวดเร็วในการว่ายน้ำของมันลดลง รวมทั้งความสามารถของปลาเทร้าในการจับปลามินเนาว์ (minnows) ซึ่งเป็นอาหารของมันก็จะลดลง ในขณะที่ความต้องการอาหารของปลาเทร้าจะเพิ่มขึ้น เพื่อที่จะรักษาอัตราการเกิดขบวนการเมตาโบลิซึมที่เพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในน้ำที่อุ่นขึ้น ดังนั้น ในที่สุดปลาเทร้าก็จะตายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงประมาณ 77°ฟ. (รูปที่ 4.)



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและผลกระทบที่เกิดขึ้น
(ที่มา : Turk, J. and A. Turk. 1977)

การพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และการวางไข่ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ จะต่างกันไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เช่น ไข่ และระยะตัวอ่อน (juvenile) ของปลาจะได้รับผลเสียหายมากกว่าระยะตัวเต็มวัย สำหรับปลาน้ำจืดหลายชนิดพบว่าการผสมพันธุ์อาจไม่เกิดขึ้นถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 24°ซ. ส่วนพวกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิดก็จะมีผลคล้าย ๆ กัน เช่น ไรน้ำ (Daphnia) ซึ่งเป็นแพลงตอนสัตว์ชนิดหนึ่งที่พบปริมาณมาก จะมีอายุสั้นลงหากอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 28° ซ. แต่อย่างไรก็ดีในบางพื้นที่ที่มีการปล่อยของเสียที่ร้อนลงไปเป็นเวลา 26–28 ปีมาแล้ว อาจพบว่าสิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น ปลา แมลงหลายชนิด อาจสามารถปรับตัวได้ และจากการศึกษาโดยใช้เทคนิคทางอิเล็คโตรโฟเรติค (electrophoretic) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตบางชนิดซึ่งจะสัมพันธ์กับการที่มี malate dehydrogenase isozymes เพิ่มขึ้นนอกจากนี้พฤติกรรมต่าง ๆ ก็สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เช่น การกินอาหาร การเคลื่อนไหว การขุดรู ความเร็วในการว่ายน้ำ และการอพยพ

นอกจากนี้อาจมีอันตรายจากการใช้น้ำเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจได้ หากอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความรุนแรงของอันตรายที่ได้รับจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ด้วย เช่น ระยะเวลาที่แช่อยู่ในน้ำ อัตราการเกิดเมตาโบลิซึมของผู้ว่ายน้ำเองและอุณหภูมิของน้ำ เช่น ผู้ว่ายน้ำที่สัมผัสกับน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15° ซ. เป็นเวลานานติดต่อกันกว่า 1 ชั่วโมงโดยไม่ได้มีการป้องกันไว้ก่อน จะทำให้มีโอกาสเสี่ยงสูงต่อการเป็นโรค hythermia หรือหากคนเราไปแช่อยู่ในน้ำที่ร้อนกว่า 35° ซ. เป็นเวลาติดต่อกันนาน ๆ ก็จะเกิดอันตรายได้เช่นกัน ซึ่งความทนทานต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละคนอาจมีค่าแตกต่างกันได้

3. ผลกระทบต่อระบบนิเวศและประชากร

(3.1) การแพร่กระจาย (Dispersal)

การแบ่งตัวของชั้นน้ำ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ปัจจัยทางธรรมชาติอื่น ๆ และมลพิษ อาจเป็นผลให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งจะมีผลทั้งในระยะสั้นและระยะยาวต่อการแพร่กระจายของสัตว์เลือดเย็น เช่น ในฤดูหนาวการปล่อยของเสียที่ร้อนลงไปในแหล่งน้ำทำให้ปลาและจระเข้มารวมกัน ส่วนในฤดูร้อนผลจะกลับตรงกันข้าม

(3.2) ผู้ผลิตปฐมภูมิ (Primary producer)

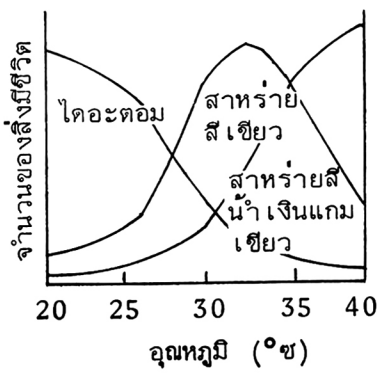
สาหร่ายแต่ละชนิดจะมีความทนทานต่ออุณหภูมิ และมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมันต่างๆ กัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้จะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดว่าควรจะมีสาหร่ายชนิดใดได้บ้างในแหล่งน้ำนั้น ๆ ตามธรรมชาติ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การมีสาหร่ายในที่ต่าง ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

Achranthes marginulata	26–41.5 °ซ.	*Nitzschia filliformis*	31–35 °ซ.
Cocconeis schlettum	34–36 °ซ.	*Phormidium valderianum*	48 °ซ.
Diploneis interrupta	48 °ซ.	*Lyngbya sp.*	48.2 °ซ.
Eunotia tenelia	25 °ซ.	*Oscillatoria chalybaea*	47 °ซ.
Mastogloia smithii	20–25 °ซ.	*Oscillatoria sancta*	41.5 °ซ.
Navicula variostriata	11–14 °ซ.	*Scytonema varium*	47.7 °ซ.

(ที่มา : Connell, D.W. and G.J. Miller. 1985)

ดังนั้นส่วนประกอบของชุมชนสาหร่ายจะเป็นผลมาจากการตอบสนองทางด้านนิเวศวิทยาของมันต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำด้วย (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของสาหร่ายชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในชุมชนที่ประกอบด้วยสาหร่ายหลายชนิดผสมกันอยู่

(ที่มา : Connell, D.W. and G.J. Miller. 1985)

พวกพืชที่อยู่กับที่จะได้รับผลกระทบมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมันไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ และจากการศึกษาพบว่าชุมชนของหญ้าทะเล (sea grass) มีความรู้สึกไวมากต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เช่น ในฤดูร้อน ซึ่งปกติจะมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 30°ซ. หากอุณหภูมินี้เพิ่มขึ้นอีก 4°ซ. จะทำให้ชุมชนของหญ้าทะเลชนิด *Thalassia* เกิดความเสียหายได้

(3.3) การผลิตขั้นทุติยภูมิ (Secondary production)

หากอุณหภูมิโดยทั่วไปต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม พบว่าการผลิตของผู้ผลิตปฐมภูมิอาจเพิ่มขึ้นได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และการไหลเวียนของพลังงานจะช่วยเพิ่มการผลิตขั้นทุติยภูมิได้ด้วย อีกทั้งพบว่าในหลายที่สามารถขยายเวลาช่วงฤดูร้อนซึ่งเป็นฤดูที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตออกไปได้โดยการเติมน้ำที่ร้อนลงไปในแหล่งน้ำนั้น

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของอุณหภูมิอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่าง ๆ ต่อความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตหลาย ๆ ชนิด เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอาจทำให้กำจัดตัวห้ำ หรือ เหยื่อ หรือ ตัวพาราไซต์ออกไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ตามมาด้วย

(3.4) โครงสร้างของชุมชน ชนิดของสิ่งมีชีวิตที่เป็นองค์ประกอบ

โดยทั่วไปแล้วการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่ใช่จะมีผลกระทบต่อปลาเท่านั้น แต่ระบบนิเวศในน้ำทั้งหมดจะได้รับอิทธิพลไปด้วย เช่น เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง อาจมีผลกระทบต่อปริมาณความมากน้อยของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่เป็นอาหารของปลาด้วย ตัวอย่างเช่น ตัวอ่อนของปลาระยะ "fry stage" จะกินอาหารพวกสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ เช่น ตัวอ่อนของโคพีพอด ดังนั้นหากการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ นี้ถูกทำให้ดำเนินไปอย่างรวดเร็วหรือ ถูกถ่วงให้ช้าลง อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ อาจทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผู้ล่าและเหยื่อไม่สัมพันธ์กัน หรือไม่อยู่ในสมดุล ความเสียหายที่เกิดขึ้นก็จะส่งผลต่อกันไปทั้งระบบ

น้ำร้อนที่ปล่อยออกมานี้ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ที่ประกอบอยู่ในพื้นที่นั้นในลักษณะต่าง ๆ เช่น อาจไปกำจัด คือ ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดที่มีความรู้สึกไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลดจำนวนลง ในทางตรงกันข้ามสิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจเพิ่มจำนวนขึ้น หากมันสามารถปรับตัวให้อยู่รอดและเจริญเติบโตได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตัวอย่างที่ดีของความทนทานต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ก็คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะเจริญเติบโตได้อย่างดี (รูปที่ 5) ในขณะที่สาหร่ายสีเขียว พืชน้ำขนาดใหญ่ และ พืชอื่น ๆ ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

4. ผลกระทบเนื่องจากน้ำที่ปล่อยออกมาจากเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ

น้ำส่วนที่เกินจะถูกปล่อยมาจากน้ำที่อยู่ที่ระดับต่ำ ๆ ในเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำลงไปสู่แม่น้ำ ซึ่งน้ำมักจะเย็นกว่าน้ำที่เข้ามา (ประมาณ 10–15°ซ.) ดังนั้นจะทำให้เกิดการแบ่งตัวของชั้นน้ำ และน้ำที่ปล่อยออกมานี้จะทำให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำลดลง มีรายงานว่าการสร้างเขื่อนในออสเตรเลียจะทำให้ปลาพันธุ์พื้นเมืองมีปริมาณลดลง เพราะว่าน้ำในแม่น้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการวางไข่ของปลาเท่านั้น แต่โดยทั่วไปแล้วผลกระทบเนื่องจากอุณหภูมิต่ำที่ได้รับนี้จะยังไม่ถึงระดับของอุณหภูมิที่จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น

อย่างไรก็ดีการใช้น้ำชั้นล่าง (hypolimnion) ซึ่งเย็นกว่าและมีธาตุอาหารมากกว่ามาเป็นน้ำหล่อเย็นแล้วปล่อยลงไปสู่น้ำชั้นบน (epilimnion) จะมีผลให้เพิ่มอัตราการผลิตเบื้องต้นของทะเลสาบชนิดโอลีโกโทรฟิค (oligotrophic lake) อันอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเรื่องชนิดของสิ่งมีชีวิตที่เป็นองค์ประกอบได้ ส่วนความรุนแรงของผลกระทบนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของแม่น้ำในแต่ละพื้นที่นั้น ๆ ด้วย

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ไขปัญหามลพิษทางความร้อน

การออกแบบระบบแบบใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า อาจเป็นการช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะต้องปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ เช่น โดยอาศัยหลักการของแมกนีโตไฮโดรไดนามิคส์ (magnetohydro dynamic, MHD) ซึ่งใช้กันอยู่ในรัสเซียจะช่วยให้การผลิตกระแสไฟฟ้ามีประสิทธิภาพถึง 60 % และของเสียที่ร้อนจะถูกระบายออกสู่อากาศ ส่วนที่เหลือซึ่งจะปล่อยออกสู่ระบบนิเวศของแหล่งน้ำจึงลดลง

นอกจากนี้เราสามารถนำของเสียที่ร้อนนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อื่น ๆ ได้ด้วย เช่น

(1) นำไปช่วยปรับปรุงให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในเรือนกระจก (green–house)

(2) นำไปใช้สำหรับการชลประทานที่จะไปสู่แปลงพืชผล เช่น ในรัฐวอชิงตัน การใช้น้ำร้อนไหลเวียนในท่อปิด (closed pipes) จะสามารถช่วยเพิ่มความร้อนให้แก่ดิน และช่วยให้ผลผลิตทางกสิกรรมเพิ่มขึ้นด้วยดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลจากการให้ความร้อนแก่ดิน ซึ่งมีประโยชน์ต่อผลิตผลพวกพืชผักใน Muscle Shoals, Alabama

พืชผล	ผลผลิตเป็นตันต่อเอเคอร์	
	ให้ความร้อน	ไม่ให้ความร้อน
ถั่วที่เป็นฝัก (string bean)	6.9	2.7
ข้าวโพดหวาน (sweet corn)	6.2	3.2

(ที่มา : Turk, J. and A. Turk. 1977)

(3) นำมาใช้ประโยชน์ในเรื่องการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (aquaculture) โดยน้ำร้อนจะช่วยให้สิ่งมีชีวิตที่เป็นอาหารเจริญได้รวดเร็วกว่าปกติ เช่น ใน Vineyard Haven รัฐแมสซาจูเซส มีการทดลองใช้น้ำร้อนเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของกุ้ง (lobsters) ให้มีขนาดที่มองเห็นได้ภายใน 2 ปี ซึ่งเป็นการช่วยย่นระยะเวลาลงให้เหลือแค่ $\frac{1}{4}$ ของเวลาที่เคยใช้ตามปกติ หรือกรณีการปล่อยน้ำร้อนที่มาจากน้ำหล่อเย็นลงไปยังเขตฟาร์มเลี้ยงหอย (clam and oyster) ซึ่งอยู่ทางชายฝั่งของอังกฤษ เพื่อช่วยให้อุณหภูมิของน้ำซึ่งปกติจะเย็นกลับอุ่นขึ้น แต่ข้อควรคำนึงคือน้ำร้อนที่ใช้นี้ต้องไม่มีสารพิษ เช่น ทองแดง ยาฆ่าแมลง และอื่น ๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยงปนอยู่ด้วย

(4) ใช้ในระบบให้ความร้อนหรือความอบอุ่นภายในอาคารสถานที่ก็ได้รับความสนใจและมีใช้อยู่บ้าง เช่น ในบางส่วนของเยอรมันตะวันตก แต่วิธีนี้นับว่ากำลังอยู่ในระหว่างการศึกษาเพิ่มเติมกันอยู่เพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้ก็เช่น

– ประชาชนตามเมืองใหญ่ ๆ มักไม่นิยมอาศัยอยู่ใกล้โรงผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากในการวางท่อน้ำร้อน เนื่องจากค่าใช้จ่ายนี้จะสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระยะทาง

– วิธีนี้เหมาะที่จะนำมาใช้กับพื้นที่ที่พึ่งสร้างใหม่ ๆ เท่านั้น เนื่องจากการติดตั้งระบบไอน้ำใต้ดินตามเมืองใหญ่ ๆ ที่ก่อสร้างมานานแล้วเป็นงานที่ค่อนข้างยุ่งยากมาก

– ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและความต้องการความร้อนในอาคารบ้านเรือนที่ไม่สัมพันธ์กันก็อาจก่อให้เกิดปัญหาสำหรับวิธีนี้ได้ เช่น การใช้กระแสไฟฟ้าจะสูงสุดในตอนบ่าย แต่ในตอนกลางคืนดึก ๆ ซึ่งอากาศหนาวเย็นการใช้กระแสไฟฟ้ากลับน้อยลง

(5) นำความร้อนไปเร่งการย่อยสลายของเสีย หรือช่วยในขบวนการที่ทำให้น้ำทะเลหายเค็ม (desalination) ซึ่งวิธีนี้ต้องมีการศึกษาพัฒนาอีกมาก เพื่อให้ได้ผลดีคุ้มค่าตามที่ต้องการ

(6) ในยุโรปและสหรัฐอเมริกามีการนำไอน้ำที่ร้อนไปใช้ประโยชน์ในขบวนการบางอย่างในโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่ง เช่น โรงงานอาหารกระป๋อง โรงงานกระดาษ โรงกลั่นน้ำมัน เป็นต้น

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการนำน้ำร้อนจากโรงผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

การทำให้น้ำหายเค็ม	
ใช้เพื่อการกสิกรรม :	เพื่อการชลประทาน การป้องกันไม่ให้น้ำเป็นน้ำแข็ง
การจัดการกับของเสีย :	การทำให้น้ำหายเค็ม หรือการกำจัดแร่ธาตุออกไปจากน้ำทิ้ง การทำให้น้ำทิ้งปราศจากเชื้อโรค และทำให้แห้ง
การทำให้น้ำดื่มปราศจากเชื้อโรค :	โดยการใช้ความร้อนแทนการใช้สารเคมี
การทำให้เย็น :	โดยการใช้การดูดซับกาซบางอย่างไว้
ควบคุมลักษณะภูมิอากาศ :	ระบบให้ความร้อนหรือความอบอุ่นและการให้ความเย็นตามที่ต่างๆ การให้ความร้อนแก่เรือนกระจกที่ปลูกพืช การทำให้น้ำแข็งและหิมะละลายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการชลประทานสำหรับพื้นที่แห้งแล้งต่อไป
การให้ความร้อนแก่น้ำที่เข้าไป :	เพื่อป้องกันการเน่าเสียในท่อ
ใช้ในโรงผลิตกระแสไฟฟ้า	
การขนส่ง :	เช่น การช่วยไม่ให้เส้นทางการเดินเรือหรืออ่าวเป็นน้ำแข็ง
การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการล่อปลามาเพื่อการจับปลา	
กำลังงานจากการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ	
ในการผลิตพลังงาน :	เช่น การใช้ thermoelectric elements อื่น ๆ
การให้การป้องกันแก่สัตว์ป่า :	เช่น การทำสระน้ำอุ่นสำหรับนกน้ำ
ความปลอดภัยที่บริเวณสนามบิน :	โดยช่วยไม่ให้เกิดหมอกและไม่ให้เกิดน้ำแข็งตรงบริเวณทางวิ่งของเครื่องบิน
การทำเหมืองแร่ :	การใช้น้ำร้อนและไอน้ำสำหรับเทคนิคบางอย่างในการทำเหมืองแร่

(ที่มา : ReVelle, P. and C. ReVelle. 1981)

ดังนั้น จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ท่านผู้อ่านคงพอจะหาคำตอบให้ตัวเองได้แล้วว่า น้ำร้อนทำให้ปลาเป็นน้ำเย็นทำให้ปลาตายนั้นเป็นจริงเสมอไปหรือไม่ ซึ่งทั้งนี้เราต้องไม่ลืมที่จะคำนึงถึงสภาวการณ์ ช่วงเวลาและปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลในแต่ละกรณีนั้น ๆ ด้วย

เอกสารอ้างอิง :

ราชบัณฑิตยสถาน. (2525) *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน*, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์, กรุงเทพมหานคร, หน้า 434.

Benton, A.H. and W.E. Werner, Jr. (1974) *Field biology and ecology*, 3rd ed., Tata McGraw-Hill Publishing Company, Ltd, New Delhi, 474-475.

Connell, D.W. and G.J. Miller. (1985) *Chemistry and ecotoxicology of pollution*, A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, Singapore, 74, 79, 85, 143, 371-387.

Gilpin,. A (1976) *Dictionary of environmental terms*, Routledge & Kegan Paul, London, 161-163.

McNeely, R.N. et al. (1979) *Water quality source book: a guide to water quality parameters*, Inland Water Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 58-59.

ReVelle, P. ann C. ReVelle. (1981) *The environment issues and choices for society*, D. Van Nostrand Company, New York, 432-442.

Tchobanoglous, G. and Edward D. Schroeder. (1985) *Water quality management: water quality*, Addison-Wesley Publishing Company, Singapore, 32, 65, 122, 312, 363-364, 567.

Turk, J. and A. Turk. (1977) *Physical science with environmental and other practical applications*, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 80-87, 589.

Turk, J. and A. Turk. (1981) *Physical science with environmental and other practical applications*, 2nd ed., Saunder Golden Sunburst Series, Saunders College Publishing, Philadelphia, 79-81.