



วรรณคดี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย เรื่อง "การเปรียบเทียบมโนทัศน์เกี่ยวกับมลภาวะระหว่างนักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ที่เรียนวิชาชีพวิทย์ฯ และไม่เรียนวิชาชีพวิทย์ฯ" นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษา วรรณคดีต่าง ๆ เกี่ยวกับมลภาวะของอากาศ น้ำ เสียง และศึกษาลักษณะของมโนทัศน์ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวกับมลภาวะดังกล่าว และได้นำเสนอผลการศึกษา ค้นคว้า ตามลำดับ ดังนี้คือ

1. วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

- 1.1 ความหมายของมโนทัศน์
- 1.2 การ เรียนรู้มโนทัศน์
- 1.3 ความหมายของสิ่งแวดล้อม
- 1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับนิเวศวิทยา
- 1.5 ปัญหาสำคัญในค่านสิ่งแวดล้อม
- 1.6 สาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม
- 1.7 มลภาวะของอากาศ
- 1.8 มลภาวะของน้ำ
- 1.9 มลภาวะของเสียง
- 1.10 แนวทางในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 2.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
- 2.2 งานวิจัยในประเทศไทย
 - 2.2.1 งานวิจัยค่านสิ่งแวดล้อม
 - 2.2.2 งานวิจัยค่านสิ่งแวดล้อมกับการศึกษา

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของมโนทัศน์

ได้มีผู้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้หลายท่าน เช่น จานง พรายแยมแซ¹ กล่าวว่า "มโนทัศน์ (concept) หมายถึง การเกิดมโนภาพขึ้นในความคิดของบุคคลด้วยวิธีการรวบรวมความรู้ต่าง ๆ ที่เคยเรียนรู้มาแล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกัน เป็นความคิดขั้นสุดท้ายให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง"

ชัยพร วิชาวุธ² กล่าวว่า "มโนทัศน์หมายถึงประเภทของสิ่งของ การกระทำ หรือความคิด"

คาร์เทอร์ วี กูด (Carter V. Good)³ ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ลักษณะ คือ

1. หมายถึง ความคิดหรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบ หรือลักษณะร่วมกันที่สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มเป็นพวกได้
2. หมายถึง ความคิดทั่วไปเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจกรรม หรือวัตถุ
3. หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น ความคิดหรือมโนภาพ

จากความหมายที่กล่าวมาทั้งหมด อาจสรุปได้ว่ามโนทัศน์หมายถึงความคิดหรือกลุ่มของความคิดที่มีลักษณะร่วมกัน ซึ่งสามารถสรุปเป็นความคิดขั้นสุดท้าย และให้คำจำกัดความได้

¹ จานง พรายแยมแซ, เทคนิคและวิธีสอนวิชาวิทยาศาสตร์, หน้า 47.

² ชัยพร วิชาวุธ, จิตวิทยาด้านประสบการณ์ (กรุงเทพมหานคร: สारวมวลชน, 2519), หน้า 1.

³ Carter V. Good, Dictionary of Education (New York: McGraw-Hill Book Co., 1973), p. 124.

ชัยพร วิชาวุธ¹ ได้สรุปขบวนการเรียนรู้โน้ตค้นเป็นขั้นตอนไว้ดังนี้

1. การเรียนรู้เริ่มจากการที่ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ซึ่งได้แก่การได้เห็นและไต่ถาม
2. เมื่อเกิดประสบการณ์แล้ว ผู้เรียนต้องสังเกตในรายละเอียดปลีกย่อยของประสบการณ์ และคิดเปรียบเทียบ
3. จากผลการสังเกต ผู้เรียนจะตั้งเป็นสมมติฐานว่าโน้ตค้นคืออะไร
4. ผู้เรียนทดสอบสมมติฐาน หากปรากฏว่าถูกต้องก็จะคงสมมติฐานนั้นไว้ ถ้าผิดก็จะกลับไปสังเกตและตั้งสมมติฐานใหม่จนถูกต้อง

ในการสอนให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ ต้องสอนให้นักเรียนมีพื้นฐานจากประสบการณ์ในการเรียนรู้เกี่ยวกับ ความจริง หลักการ และนัยทั่วไปมาก่อน แล้วให้นักเรียนรู้จักแยกแยะลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ ออกจากสิ่งอื่น ๆ ได้ ในทำนองเดียวกันการสอนให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์เกี่ยวกับมลภาวะก็ต้องสอนให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับความจริง หลักการ และนัยทั่วไป ก่อน แล้วจึงสร้างเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับมลภาวะได้ และสามารถนำมโนทัศน์เหล่านี้ไปตัดสินหรือวินิจฉัยสิ่งต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

ความหมายของสิ่งแวดล้อม

ไคมีผู้ให้ความหมายของสิ่งแวดล้อมไว้หลายท่าน เช่น กูด (Good)² กล่าวว่า "สิ่งแวดล้อมหมายถึงวัตถุทุกชนิดและสถานการณ์ซึ่งมีอิทธิพลต่อบุคคล" และ คินน์ (Dunn)³ ให้ความหมายว่า "สิ่งแวดล้อมหมายถึงสิ่งที่มีอิทธิพลต่อพืช สัตว์ และมนุษย์ ซึ่งมีการแลกเปลี่ยนระหว่างสสารและพลังงานกับสิ่งแวดล้อม โครงสร้างและกิจกรรมของสิ่ง

¹ ชัยพร วิชาวุธ, จิตวิทยาฉบับประสบการณ์, หน้า 6.

² Carter V. Good, "Environment," Dictionary of Education, p. 214.

³ L. C. Dunn, "Environment," Encyclopedia Americana 10(1968) : p. 406.

มีชีวิตเป็นผลมาจากการกระทำร่วมกัน (interaction) ระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อาหาร แสงแดด น้ำ ความร้อน เป็นต้น"

จากข้อความที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า สิ่งแวดล้อมหมายถึงมนุษย์และสิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัวมนุษย์ ไม่ว่าจะ เป็นสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตที่มีมาเองโดยธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์

ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับนิเวศวิทยา

โอดัม (Odum)¹ กล่าวว่า "นิเวศวิทยา (Ecology) เป็นวิชาที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม เพราะเป็นวิชาเกี่ยวกับกลุ่มของสิ่งมีชีวิตและหน้าที่ต่าง ๆ ในธรรมชาติ และมนุษย์ก็เป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติด้วย" นิเวศวิทยาอาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (environmental science) เพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิจัย นักนิเวศวิทยาจะแบ่งบริเวณต่าง ๆ ออกเป็นระบบนิเวศ (Ecosystem) ซึ่งอาจจะมีขนาดแตกต่างกันไปแล้วแต่จุดประสงค์ในการศึกษาวิจัยนั้น ๆ ระบบนิเวศที่ใหญ่ที่สุด คือ อีโคสเฟียร์ (Ecosphere) หรือ ชีวาลัย (Biosphere) ดังนั้น นิเวศวิทยาจึงเป็นศาสตร์สำคัญที่นักสิ่งแวดล้อมทุกคนจะต้องเข้าใจ เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาล้อม

มนุษย์อยู่ในสิ่งแวดล้อมมาตั้งแต่เกิด ต้องใช้ชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อม มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เช่น การหาอาหาร การสร้างที่อยู่อาศัย ฯลฯ มนุษย์ก็พึ่งอาศัยสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น มนุษย์มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม ให้เป็นไปตามความต้องการได้ แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นมนุษย์ควรระวังระลึกรั้งถึงผลกระทบที่จะเกิดตามมาด้วย

¹ Eugene P. Odum, Fundamentals of Ecology, (Philadelphia: W.B. Saunder Co., 1966), p. 4.

สรุปแล้วมนุษย์มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตลอดเวลา ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ดังนั้น วิชานิเวศน์วิทยาจึงจัดเป็นวิชาที่สำคัญมาก ซึ่งจัดเป็นแขนงหนึ่งของวิชาชีววิทยา ความรู้ในวิชานิเวศน์วิทยาย่อมเป็นแนวทางที่นำไปสู่การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

ปัญหาสำคัญในความสัมพันธ์สิ่งแวดล้อม

ปัญหาสิ่งแวดล้อมตามที่ปรากฏในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4¹ มีดังนี้คือ

1. ปัญหาความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมและการบริหารทรัพยากรธรรมชาติ

1.1 ปัญหาที่เป็นที่น่าวิตกเป็นอย่างยิ่งขณะนี้ ก็คือการที่เนื้อที่ป่าไม้ของประเทศ ไต่ลดลงอย่างรวดเร็วจนเหลือเพียงประมาณร้อยละ 37 ของเนื้อที่ทั้งหมดของประเทศ ปัญหา ภัยพิบัติความรุนแรงจนถึงมีการทำลายป่าไม้ ซึ่งเป็นต้นน้ำลำธารอันเป็นหัวใจของการรักษา คุณภาพของสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ อันจะมีผลต่อการขบรู้ออกและอนาคตของคนไทยทั้งประเทศ

1.2 ความเสื่อมโทรมของดินเพื่อการเกษตร เนื่องจากการใช้ที่ดินอย่างไม่มี ประสิทธิภาพ การปลูกพืชที่ไม่เหมาะสมกับคุณสมบัติของดิน หรือปลูกพืชที่ทำให้คุณภาพของดิน เสื่อมลงอย่างรวดเร็ว เช่น มันสำปะหลัง เป็นต้น

1.3 ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรแร่ธาตุ ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ จากการใช้อย่างไม่ถูกวิธี อย่างสุรุ่ยสุร่าย หรือจากการทำลายอย่างผิดกฎหมายรวมทั้งความ เสี่ยงหายต่อชุมชนจากกรรมวิธีผลิต

1.4 การขยายตัวของเมืองที่เป็นไปตามยถากรรม ในลักษณะที่มีกรุงเทพฯ เป็นเมืองเอกเพียงเมืองเดียว และ การขยายตัวของเมืองที่ขาดความสมดุลทั้งทางด้าน พื้นที่ (Unbalanced Spatial Distribution) และจำนวนประชากรที่แตกต่างกันมาก

¹ สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2520-2524, หน้า 186-190.

ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองของรัฐในการจัดสรรบริการและสาธารณูปโภค ตลอดจนการที่เมืองอุตสาหกรรมโคขยายตัวออกไปจนเกิดการบุกรุกที่ดินที่อุดมสมบูรณ์ของการเกษตร หรือพื้นที่ที่ควรสงวนเพื่อรักษาคุณค่าของธรรมชาติ

1.5 การขาดแคลนและความเสื่อมโทรมของแหล่งท่องเที่ยว เนื่องจากไม่มีการจัดสรรล่วงหน้า หรือการป้องกันมิให้เอกชนเข้าครอบครอง หรือใช้ที่ดินอันควรสงวนไว้เป็นประโยชน์ใช้สอยของสาธารณชนในด้านการท่องเที่ยว และพักผ่อนหย่อนใจ

1.6 การขาดการอนุรักษ์สิ่งที่มีค่าที่ควรสงวนไว้เป็นสมบัติของชาติ และเป็นมรดกตกทอดแก่อนุชนรุ่นหลัง ทั้งทางคาบประวัติศาสตร์ ศิลปกรรม และสถาปัตยกรรม

2. ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ปัญหาสิ่งแวดล้อมอาจเกิดขึ้นได้โดยทั่วไป แต่ในบริเวณที่มีชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น และมีการรวมตัวของอุตสาหกรรม ดังเช่นกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่อื่น ๆ มักจะเกิดปัญหาในขั้นที่เรียกว่า สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ทั้งนี้คือ

2.1 การเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ ทั้งแหล่งน้ำบนผิวดิน และน้ำทะเล

2.2 การทำลายสิ่งแวดล้อมทางน้ำ อันได้แก่ ระบบวงจรชีวิตของสัตว์และพืชทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเล

2.3 ปัญหาอากาศเสียจากก๊าซพิษต่าง ๆ ที่ปล่อยออกจากการอุตสาหกรรม และท่อไอเสียรถยนต์ ซึ่งจะก่อให้เกิดมลร้ายทั้งในค่าน้ำสุขภาพ อนามัย ระบบนิเวศน์ของสัตว์และพืช และเสียหายโดยตรงต่อทรัพย์สินของประชาชน ประกาศของคณะปฏิวัติเรื่องการลงโทษรถยนต์ปล่อยควันดำมิไค่นำมาใช้โดยเคร่งครัด

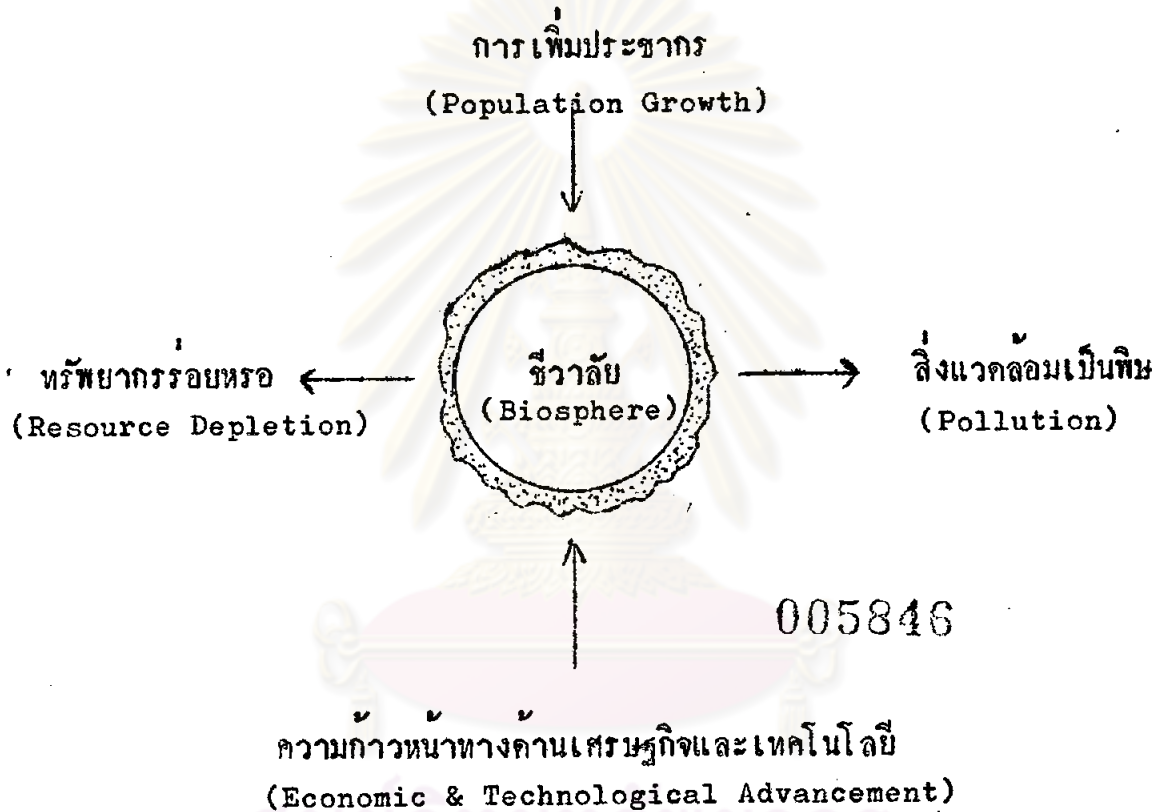
2.4 ปัญหาจากเสียงและความสั่นสะเทือน ซึ่งเป็นสิ่งรบกวนและเป็นอันตรายต่อสุขภาพทางกาย และทางจิตใจของคนในเมืองใหญ่ ๆ โดยทั่วไป

2.5 ปัญหาขยะมูลฝอย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นต้นว่า น้ำเสีย อากาศเสีย รวมทั้งเป็นบ่อเกิดของเชื้อโรค และสิ่งที่มีโรคร้ายต่าง ๆ ที่จะเป็นอันตรายโดยตรงต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

นอกจากนี้ ปัญหาสิ่งแวดล้อมอาจรวมถึงปัญหาย้ายสังคมต่าง ๆ เช่น ปัญหายาเสพติด ปัญหาอาชญากรรม ปัญหาการฉ้อราษฎร์บังหลวง เป็นต้น

สาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม

สาเหตุสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลก นาน คัมทวิรุทธิ์¹ คอมพิวเตอร์ สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้สรุปปัญหาสิ่งแวดล้อมไว้ดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 1 ภาพจำลองปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลก

จากแผนภาพแสดงให้เห็นว่าสาเหตุสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลก ซึ่งเกิดบริเวณนิเวศวิทยา ๆ ที่หล่อเลี้ยงและเป็นบริเวณรองรับชีวิตต่าง ๆ (Life-Supporting System) ซึ่งนักนิเวศวิทยาเรียกว่าชีวาภิย (Biosphere) นั้นได้แก่

¹ นาน คัมทวิรุทธิ์, "ปัญหาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมกับความมั่นคงของชาติ", สารสิ่งแวดล้อม 1 (มีนาคม-เมษายน 2521) : 23-24.

1. การเพิ่มประชากร (Population Growth) ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอัตราทวีคูณ (Exponential Growth) ปัจจุบันทำให้การบริโภคทรัพยากรต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นอาหาร น้ำมัน แร่ธาตุต่าง ๆ ต้องเพิ่มขึ้นด้วย ปัจจุบันประเทศไทยมีพลเมืองประมาณ 45 ล้านคน จำนวนพลเมืองจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในระยะเวลาประมาณ 25 ปี ก็หมายความว่าในปี พ.ศ. 2546 ก็จะมีประมาณ 90 ล้านคน นอกจากนั้น ปัจจุบันยังก่อให้เกิดความแออัดคับแคบเป็นทวีคูณอีกด้วย ถ้าประชากรไม่กระจายกันอยู่โดยทั่วไป แต่กลับหลังไหลมาอยู่รวมกันในเมือง

2. ความก้าวหน้าทางด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยี (Economic and Technological Advancement) ปัจจุบันทำให้อัตราการบริโภคต่อหัว (Per Consumption) สูงขึ้น ความสามารถในการล้างมลพิษทรัพยากรต่อหัวก็มากขึ้นด้วย เช่น คนอเมริกันก็จะใช้ทรัพยากรมากกว่าคนไทย ไทยมากกว่าลาว และคนปัจจุบันหนึ่งคนอาจจะสามารถดำงาปลา จับปลา หรือซุกแร่ได้เท่ากับคนสมัยก่อนตั้งร้อยคน โดยอาศัยเครื่องจักรกลและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เข้าช่วย

เมื่อเป็นเช่นนี้อาจสรุปได้ว่า การเพิ่มประชากรเป็นตัวการ ส่วนความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีเป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ 2 ประการคือ

ประการที่ 1 ทรัพยากรลดลง (Resource Depletion) ซึ่งหมายความว่ารวมทั้งทรัพยากรที่ไม่สามารถเกิดใหม่ได้ (Non-renewable Resource) เช่น แร่ธาตุ น้ำมัน หรือแม่แต่ทรัพยากรที่เกิดใหม่ได้ (Renewable Resource) เช่น ต้นไม้ กุ้ง ปลา เพราะอัตราการเกิดไม่ทันกับอัตราการบริโภคของคน และโรงงานอุตสาหกรรม ทรัพยากรต่าง ๆ จึงมีแนวโน้มลดลงและขาดแคลนลงทุกที

ประการที่ 2 สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ (Pollution) เมื่อทั้งคน และโรงงานอุตสาหกรรมบริโภคทรัพยากรธรรมชาติในปริมาณที่สูงขึ้นทุกวัน สิ่งที่น่ากลัวเสียไม่ได้ คือการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นน้ำ อากาศ หรือดิน ก็จะเพิ่มมากขึ้นในลักษณะทวีคูณเช่นเดียวกัน ในที่สุดจึงเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษขึ้น

สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ (Pollution) หรือเรียกว่า "มลภาวะ" ในแบบเรียน
ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย¹ ได้ให้ความหมายไว้ว่า "มลภาวะ เป็นผลจากการกระทำ
ใด ๆ ของมนุษย์ ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในธรรมชาติ เช่น การเพิ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่ง
ขึ้นในธรรมชาติ หรือทำให้สภาวะปกติของธรรมชาติ ณ ที่แห่งนั้นเปลี่ยนแปลงไป"

ปัญหามลภาวะที่สำคัญของกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน ได้แก่

1. มลภาวะของอากาศ.
2. มลภาวะของน้ำ
3. มลภาวะของเสียง

มลภาวะของอากาศ (Air Pollution)

มลภาวะของอากาศ หมายถึง อากาศที่มีสิ่งแปลกปลอมเจือปนอยู่ อันเป็นผลจาก
ธรรมชาติ หรือการกระทำของมนุษย์ ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช สัตว์ มนุษย์ รวมทั้งสิ่ง
ก่อสร้างและโบราณวัตถุต่าง ๆ

มีผู้ให้ความหมายของมลภาวะของอากาศไว้หลายท่าน เช่น เพอร์กินส์ (Perkins)²
กล่าวว่า "หมายถึง บรรยากาศภายนอกที่มีสิ่งเจือปนอยู่หนึ่งชนิดหรือมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น
ฝุ่นละออง ไอควัน (fumes) ก๊าซ หมอก (mist) กลิ่น ควีน หรือละอองไอ (vapor)
ในปริมาณมาก และระยะเวลาอันจะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ พืช สัตว์ รวมทั้งก่อให้เกิด

¹ กระทรวงศึกษาธิการ, กรมวิชาการ, แบบเรียนชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย,
หน้า 159.

² Henry C. Perkins, Air Pollution (New York: McGraw-Hill
Book Co., 1974), p. 3.

เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินด้วย" และ โทมานี (Tomany)¹ ได้ให้ความหมายว่า "มลภาวะของอากาศ หมายถึง บรรยากาศภายนอกที่มีก๊าซ อนุภาคน้ำ และมีสิ่งเจือปนอยู่หนึ่งชนิดหรือมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น ฝุ่นละออง ก๊าซ หมอก ไอควัน ซึ่งมีความเข้มข้นมากพอที่จะทำอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช หรือทำให้ทรัพย์สินเสียหาย"

จากความหมายดังกล่าว ถ้ามีสิ่งแปลกปลอมเจือปนอยู่ในบรรยากาศ หรือมีส่วนประกอบของบรรยากาศบางชนิดที่มากหรือน้อยกว่าปกติ จะทำให้เกิดมลภาวะของอากาศซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ พืช สัตว์ และทรัพย์สิน ดังนั้น จึงควรเฝ้าระวังส่วนประกอบของอากาศบริสุทธิ์ เพื่อจะได้นำมาพิจารณาว่าลักษณะใดจึงจะเกิดมลภาวะของอากาศ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ James P. Tomany, Air Pollution: The Emissions, The Regulations, The Control (New York: American Elsevier Publishing Co., 1975). p. 2.

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของอากาศบริสุทธิ์ใกล้ระดับน้ำทะเล¹

ก๊าซที่ปริมาตรคงที่ (Permanent Gases)			
ส่วนประกอบ	สูตรทางเคมี	เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร)	1 ส่วนในล้านส่วน (p p m)
ไนโตรเจน	N ₂	78.084	
ออกซิเจน	O ₂	20.946	
อาร์กอน	Ar	0.934	
นีออน	Ne		18.2
ฮีเลียม	He		5.2
คริปทอน	Kr		1.1
ไฮโดรเจน	H ₂		0.5
ไนตรัสออกไซด์	N ₂ O		0.3
ซีนอน	Xe		0.09
ก๊าซที่ปริมาตรไม่คงที่ (Variable Gases)			
ไอน้ำ	H ₂ O	0.7	
คาร์บอนไดออกไซด์	CO ₂	0.032	
มีเทน	CH ₄		1.5
คาร์บอนมอนอกไซด์	CO		0.1
โอโซน	O ₃		0.2
แอมโมเนีย	NH ₃		0.01
ไนโตรเจนไดออกไซด์	NO ₂		0.001
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	SO ₂		0.0002
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	H ₂ S		0.002

¹ Samuel J. Williamson, Fundamental of Air Pollution

(New York: Addison-Wesley Publishing Co., 1973), p. 56.

จากตารางจะเห็นว่าอากาศบริสุทธิ์จะประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาคือก๊าซออกซิเจน นอกจากนี้ ยังมีก๊าซอื่น รวมทั้งฝุ่นละออง ไอน้ำ และเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ

แหล่งกำเนิดมลภาวะของอากาศ

สมทรง อินสว่าง¹ ได้แยกแหล่งกำเนิดมลภาวะของอากาศออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ คือ

1. จากระบบการขนส่ง (Transportation) รถยนต์นับว่าเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้อากาศสกปรก โดยเฉพาะในเมืองที่มีรถยนต์วิ่งอยู่จำนวนมาก และมีการจราจรติดขัด เช่น กรุงเทพมหานคร โตเกียว นิวยอร์ก เป็นต้น ถ้าเครื่องยนต์ทำงานไม่เต็มที่จะทำให้การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดก๊าซและสารที่เป็นต้นเหตุให้อากาศเสีย เช่น คาร์บอนโมนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

2. จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในบ้าน (Domestic Fuel Burning) ในการประกอบกิจกรรมประจำวันในบ้าน มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น การหุงต้มอาหาร ก่อให้เกิดก๊าซหลายชนิด เช่น คาร์บอนโมนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน และพวกเขม่าควันต่าง ๆ เป็นต้น

3. จากกิจการค้า สถาบัน และหน่วยงานของรัฐ (Commercial, Institution and Governmental Sources) การประกอบกิจการค้า การดำเนินงานของสถาบันและหน่วยงานของรัฐ บอมนมีการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เพื่อก่อให้เกิดพลังงานนำไปใช้ประโยชน์ บอมนก่อให้เกิดสิ่งปะปนในอากาศเช่นเคียวกับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในบ้านเรือน

¹ สมทรง อินสว่าง, "อากาศสกปรกและการควบคุม" (กรุงเทพมหานคร: กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2518), หน้า 3. (อัครสำเนา)

4. จากโรงงานไฟฟ้า (Electric Power Generation) โรงงานไฟฟ้าจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ก็ต่อเมื่อมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฯลฯ ซึ่งทำให้เกิดก๊าซต่าง ๆ เช่น ออกไซด์ของซัลเฟอร์และไนโตรเจน และพวกฝุ่นละอองต่าง ๆ

5. จากการอุตสาหกรรม (Industrial Emissions) การปฏิบัติงานของโรงงานอุตสาหกรรมชนิดต่าง ๆ ก่อให้เกิดสิ่งเจือปนในอากาศได้แตกต่างกัน ทั้งปริมาณและคุณภาพ เช่น ฝุ่นละออง เขม่า คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น

6. จากขยะและสิ่งปฏิกูล (Refuse Dispersal and Refuse Incineration) ในชุมชนที่มีคนอยู่หนาแน่น จะมีขยะมาก ส่งกลิ่นเหม็น บางแห่งจึงกำจัดขยะด้วยการเผา ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซ เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอน กัมมันต์ และพวกไฮโดรคาร์บอน

7. เกิดโดยธรรมชาติ (Natural Source) เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติมีส่วนทำให้อากาศสกปรก เช่น ไฟไหม้ป่า สมทายุ ภูเขาไฟระเบิด การเน่าเปื่อยของอินทรีย์วัตถุ ก่อให้เกิดก๊าซต่าง ๆ ฝุ่นละออง เขม่าควัน และสารประกอบทางเคมีบางชนิด

จากแหล่งกำเนิดมลภาวะของอากาศดังกล่าว จะสรุปเป็นสาเหตุของอากาศเป็นพิษได้ดังต่อไปนี้

สาเหตุของอากาศเป็นพิษ

1. เกิดจากธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด พายุ ฝุ่นละออง เกสรดอกไม้ ก๊าซที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์

2. เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1 แหล่งที่อยู่คงที่ ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า ฝุ่นละอองจากสถานที่ก่อสร้าง การเผาขยะ สารกัมมันตรังสีจากโรงงานพลังงานปรมาณู หรือหลอมระเบิดนิวเคลียร์

2.2 แหล่งเคลื่อนที่ โค้แก๊ ยานพาหนะต่าง ๆ และเครื่องบิน ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดมลภาวะของอากาศในกรุงเทพมหานคร

นอกจากนี้ แบช (Bach)¹ แบ่งมลภาวะของอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. อากาศเสียซึ่งเกิดจากบุคคลคนเดียวทำให้เกิดขึ้น โดยไม่รบกวนผู้อื่น เป็นผู้สูดรับของเสียไว้เอง หรือรบกวนผู้ใกล้เคียงได้ เช่น สูบบุหรี่
2. อากาศเสียซึ่งเกิดกับคนงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม อากาศเสียนี้ส่วนใหญ่มาจากขบวนการผลิต เช่น ฝุ่น ควัน ละอองไอ รัังสี เป็นต้น
3. อากาศเสียที่เกิดในชุมชนที่ประสบอยู่ในปัจจุบัน ลมประจำถิ่นอาจช่วยให้สภาพอากาศดีขึ้นบ้าง

สิ่งทำให้เกิดมลภาวะของอากาศ

สิ่งที่เป็นตัวการทำให้เกิดมลภาวะของอากาศ อาจแยกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. พวกที่มีลักษณะเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซพิษต่าง ๆ
2. พวกที่มีลักษณะเป็นของแข็ง เช่น ฝุ่นละออง เขม่า และอนุภาคของโลหะต่าง ๆ
3. พวกที่มีลักษณะเป็นของเหลวในลักษณะละอองไอ เช่น ละอองของกรดกำมะถัน และสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ
4. สารกัมมันตภาพรังสี

¹ Wilfrid Bach, Atmospheric Pollution (New York: McGraw-Hill Book Co., 1972), p. 3.

1. พวกที่มีลักษณะเป็นก๊าซ มีหลายพวก ได้แก่

1.1 ออกไซด์ของกำมะถัน ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และ ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซไม่มีสี แต่มีกลิ่นฉุน ได้จากการเผาถ่านหินและน้ำมันเชื้อเพลิง ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ รวมทั้งอุตสาหกรรมถลุงถ่านหินและกลั่นน้ำมัน เกิดจากธรรมชาติก็มี เช่น จากภูเขาไฟระเบิด ก๊าซนี้เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดการระคายเคือง หลอดลมอักเสบ เป็นอันตรายต่อปอด และเมื่อก๊าซนี้ถูกกับความชื้นจะมีฤทธิ์เป็นกรดกำมะถัน ทำให้โลหะสึกกร่อนได้

ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) เกิดจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ถูกออกซิไดซ์ ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศ กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ทำให้สิ่งก่อสร้างเกิดผุกร่อนได้

1.2 ออกไซด์ของไนโตรเจน ได้แก่ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) เป็นก๊าซมีกลิ่นฉุน เกิดจากการเผาไหม้ เช่น จากท่อไอเสียรถยนต์ ก๊าซนี้จะทำลายเยื่อจมูก หลอดลม ปอด และชักขวางการรับออกซิเจนของเม็ดเลือดแดงด้วย นอกจากนี้ พืชวัชน์ ทีวีชน์¹ กล่าวไว้ว่า ก๊าซนี้เมื่อรวมตัวกับพวกไฮโดรคาร์บอนจะกลายเป็นก๊าซพิษ ที่เรียกว่า โฟโตเคมีคอล สmog (Photochemical Smog) ซึ่งทำให้ระคายเคืองตา เมื่อถูกออกซิไดซ์จะได้ไนโตรเจนไดออกไซด์

ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) มีกลิ่นฉุน เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้เกิดความระคายเคืองแก่ตา ลำคอ และหายใจอึดอัด ทอมมาทำให้เยื่อทางเดินหายใจบวม จนกระทั่งหายใจไม่ออกถึงแก่ความตายได้

¹ พืชวัชน์ ทีวีชน์, "สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ" (กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ), หน้า 4.

1.3 ออกไซด์ของคาร์บอน ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ในรถยนต์ และอื่น ๆ เมื่อก๊าซนี้เข้าไปในร่างกายจะรวมตัวกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ได้เร็วกว่าออกซิเจน ทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนน้อยลง เกิดอาการมึนศีรษะ เป็นลม ถึงหมดสติตายได้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลของคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อร่างกาย¹

ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)	ผล
100	ไม่เป็นอันตรายมากถึงแม้จะอยู่ในที่นั้นนานหลาย ๆ ชั่วโมง
400-500	เกิดผลต่อร่างกาย ภายหลังจากได้รับนานกว่า 1 ชั่วโมง
1,000-1,200	มีอาการวิงเวียนหลังจากได้รับนานกว่าครึ่งชั่วโมง
1,500-2,000	อันตรายร้ายแรงอาจหมดสติภายในครึ่งชั่วโมง
4,000 หรือมากกว่า	อันตรายร้ายแรงอาจหมดสติในเวลาอันรวดเร็ว

คาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปไม่เป็นพิษ แต่ถ้ามีปริมาณมากในบรรยากาศจึงถือว่าเป็นก๊าซที่ทำให้อัตราส่วนของอากาศที่เหมาะสมแก่การหายใจสูญเสียไป ทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ร่างกายอ่อนเพลีย สุขภาพไม่ดี

¹ สมชาย พวงเพ็ชร์, "อากาศเสีย", ใน รายงานการสัมมนาเรื่องปัญหาหนครหลวง (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สมาคมนักวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2516), หน้า 94.

1.4 ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นรุนแรง มีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าก๊าซไข่เน่า ถ้าร่างกายได้รับแม้เพียงเล็กน้อยก็ทำให้เป็นลม อี้อัก หายใจไม่สะดวก เกิดจากการสลายตัวของอินทรีย์สารที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ และจากปฏิกิริยาทางเคมี

1.5 ก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) จากแหล่งสำคัญ คือ โรงงานถลุงเหล็ก ก๊าซนี้เป็นอันตรายต่อพืชและสัตว์มากกว่ามนุษย์

1.6 ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ถ้าร่างกายได้รับมาก ๆ ร่างกายต้องกำจัดออก ถ้ากำจัดออกไม่หมดจะเกิดอันตรายแก่ร่างกาย

1.7 ก๊าซที่เป็นสารพวกไฮโดรคาร์บอน ส่วนใหญ่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหิน ไม้ น้ำมันในโรงงานอุตสาหกรรมและท่อไอเสียรถยนต์ เช่น ก๊าซมีเทน (Methane) เอธิลีน (Ethylene) อะเซทิลีน (Acetylene) ฯลฯ ทำให้อากาศไม่บริสุทธิ์ ทำให้เวียนศีรษะ หัวใจเต้นแรงกว่าปกติ

1.8 โอโซน (O_3) ถ้าหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดอาการไอ เจ็บหน้าอก เจ็บตา และเป็นอันตรายต่อเยื่อในปอดด้วย

2. พวกที่มีลักษณะเป็นของแข็งเล็ก ๆ มีหลายชนิด ได้แก่

2.1 ฝุ่นละออง (Dust) เกิดจากการบด การป่น ของพวกอินทรีย์สาร หรืออนินทรีย์สาร พวกนี้จะไม่รวมเป็นก้อน นอกจากจะใช้กระแสไฟฟ้าบังคับ (Electrostatic forces) และ เปรอร์กินส์ (Perkins)¹ กล่าวไว้ว่า ฝุ่นละอองนี้จะตกลงสู่พื้นเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกเสมอ เช่น ละอองซีเมนต์ ทราย ดิน ละอองเกสรของพืช ฯลฯ

2.2 ควัน (Smoke) เป็นผงคาร์บอน (Carbon) มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน (1 ไมครอน = $\frac{1}{1000}$ มิลลิเมตร) เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง

¹ Henry C. Perkins, Air Pollution, p. 3.

ควันจากถ่านหิน พวกที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน จะไม่ตกลงสู่พื้น บางครั้งจับเป็นเขม่าติดตามสิ่งก่อสร้าง ทำให้สกปรก หรืออาจเข้าไปในปอดพร้อมกับพาสารอื่น ๆ ที่ติดอยู่กับผงคาร์บอนเข้าไปในปอดด้วย

2.3 ควัน (Fumes) จักอยู่ในพวกของแข็งขนาดเล็ก เกิดจากการรวมตัวจากสถานะที่เป็นก๊าซ หรือจากปฏิกิริยาเคมี เช่น การเผาไหม้แร่ธาตุบางชนิด เกิดอนุภาคโลหะ ไคแก่ ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ

3. พวกที่มีลักษณะเป็นของเหลวในลักษณะละอองไอ (Mist) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสถานะของของเหลว เกิดการแตกตัวฟุ้งกระจายกลายเป็นละอองไอ พวกนี้สามารถรวมตัวกันได้เมื่อมีน้ำหนักรวมกัน ก็ตกลงสู่พื้นดินได้ ไคแก่

3.1 ละอองไอน้ำมัน ซึ่งอาจมีสารตะกั่วของเตตระ เอทิล ลีด (tetra ethyl lead) ปนอยู่

3.2 ละอองไอของกรดอินทรีย์ และกรดอนินทรีย์ต่าง ๆ

3.3 สารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น

ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ทำให้เยื่อทางเดินหายใจเกิดระคายเคือง

ฟีนอล (Phenol) เมื่อถูกร่างกาย ทำให้ผิวหนังอักเสบ เป็นอันตรายแก่เยื่อตา และเป็นพิษแก่โลหิต และประสาท

อโครลีน (Acrolein) ทำให้ระบบทางเดินหายใจเกิดระคายเคือง

3.4 สารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอนบางชนิด เช่น 3, 4 เบนโซไพรีน (3, 4 benzopyrene) เรียกสั้น ๆ ว่า เบนโซไพรีน ซึ่งได้จากการเผาไหม้ของน้ำมัน และมีอยู่ในควันบุหรี่ และเบทาเรีย (Bethea)¹ เขียนไว้ว่าสารนี้เป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็ง (Carcinogen)

หมายเหตุ จากข้อ 2 และ 3 อาจรวมเรียกว่าแอโรโซล (aerosols) ซึ่งหมายถึงอนุภาคของของแข็งหรือของเหลวที่มีขนาดเล็ก สามารถลอยในบรรยากาศ เช่น ควัน ละอองไอ หมอก ฯลฯ

¹ Robert M. Bethea, Air Pollution Control Technology (New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1978), p. 5.

4. สารกัมมันตภาพรังสี เกิดจากการสลายตัวของสารบางชนิด จากดวงอาทิตย์ หรือจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ มีอันตรายต่อพืชและสัตว์ ตลอดจนทรัพย์สิน แม้ว่า จะทดลองในที่ไกลก็สามารถส่งผลมาถึงได้ ดังเช่นรายงานการวิจัยของ แสวง โพธิ์เงิน และคณะ¹ สรุปได้ความว่า การทดลองระเบิดปรมาณูในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน กัมมันตภาพรังสีใช้เวลาเดินทางถึงประเทศไทยประมาณ 1 เดือน แต่อาจใช้เวลาน้อยกว่านี้ ถ้ากระแสลมแรง

อันตรายอันเกิดจากมลภาวะของอากาศ

มลภาวะของอากาศก่อให้เกิดอันตรายดังต่อไปนี้คือ

1. เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนและสัตว์ โดยมากจะเป็นโรคเกี่ยวกับระบบการหายใจ และระบบการไหลเวียนโลหิตของร่างกาย เช่น

1.1 ทำให้ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้แสบจมูก หลอดลมอักเสบ ปอดอักเสบ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในโตรเจนไดออกไซด์ ฯลฯ

1.2 โรคที่เกิดจากฝุ่นละออง (particulate matter) ได้แก่

โรคหลอดลมอักเสบแบบเฉียบพลัน (Acute bronchitis) เกิดจากไวรัส ไรฝุ่น สารเคมี หรือฝุ่น ทำให้เกิดโรคหลอดลมอักเสบในเวลารวดเร็ว

โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic bronchitis) เนื้อเยื่อจะสร้างเมือก (mucus) ออกมามากทำให้หายใจลำบาก และมีอาการไอ

โรคแพ้สารพิษบางชนิด (Bronchial asthma) ทำให้หายใจ

ไม่สะดวก

¹ แสวง โพธิ์เงิน และคณะ, รายงานการวิจัยเรื่องผลของระเบิดปรมาณูของสาธารณรัฐประชาชนจีนที่มีต่อประเทศไทย (กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519), หน้า 7.

โรคถุงลมพอง (Emphysema) ทำให้ถุงลมเชื่อมติดกัน ลดพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนน้อยลง

มะเร็งที่ปอด (Lung cancer) เกิดเนื่องจากได้รับสารหลายชนิด เช่น ฝุ่น แอสเบสตอส (Asbestos) สารไฮโดรคาร์บอน เช่น 3, 4 เบนโซไพรีน (3, 4 Benzopyrene) ซึ่งจะพบโรคนี้น่ามากในผู้ที่สูบบุหรี่

โรคจากฝุ่นหินทราย (Silicosis) เกิดจากการสูดฝุ่นหินทรายเข้าไป ทำให้ทางเดินหายใจเกิดการระคายเคือง

โรคปอดดำ (Anthracosis หรือ Black lung) พบมากในคนงานที่ทำงานในเหมืองถ่านหิน

1.3 โรคเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนโลหิต ซึ่งเกิดจากสารพิษไปจับกับ ฮีโมโกลบิน ทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนน้อยลง คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในโตรเจนออกไซด์ ส่วนอีกโรคหนึ่งซึ่งเกิดจากตะกั่วไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบิน ก็ทำให้เป็นโรคโลหิตจางได้เช่นกัน

1.4 โรคที่เกิดจากอนุภาคของโลหะ ใต้แก๊

ตะกั่ว ที่พบมากในบรรยากาศเนื่องจากเป็นสารประกอบในน้ำมันป้องกันเครื่องยนต์กระตุก (Antiknock) คือ เตตระ เอซิล เลด (Tetra ethyl lead) ตะกั่วนอกจากจะไปขัดขวางการสร้าง ฮีโมโกลบิน แล้ว ยังมีผลต่อระบบประสาทด้วย

แคดเมียม เมื่อได้รับเข้าไปในร่างกาย จะทำให้เกิดปวดกระดูก กระดูกเปราะหักง่าย ซึ่งฮอดจ์ (Hodge)¹ เรียกว่า โรคอิไตอิไต (Itai-itai kyo หรือ Ouch-ouch disease)

¹ Laurent Hodge, Environmental Pollution, 2d ed. (New York: Holt, Rinehart and Winston, 1977), p. 420.

1.5 โรคที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสี แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

ผลของรังสีคอสมิกของร่างกาย เช่น ทำให้เกิดโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) มะเร็งที่กระดูก (Bone cancer) มะเร็งในปอด (Lung cancer) มะเร็งที่ต่อมไทรอยด์ (Thyroid cancer) ต้อหิน (Cataract) เป็นต้น

ผลของรังสีคอสมิกสืบพันธุ์ ถ้าพ่อแม่ได้รับรังสีเป็นจำนวนมาก อาจทำให้เกิดในครรภ์ตลอดก่อนกำหนด ออกมาพิการหรือเป็นหมัน เป็นต้น

นอกจากนี้ อากาศเสียที่มีพวกจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ไวรัสปนอยู่ สามารถทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้อีกมากมายเมื่อหายใจเอาอากาศที่มีจุลินทรีย์เข้าไป เช่น วัณโรค ไข้หวัดใหญ่ โรคฉี่หนู เป็นต้น

2. ทำอันตรายต่อพืช สิ่งเจือปนในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อพืช เช่น ที่ ฮอดจ์ (Hodge)¹ เรียกว่า แอซิดเริน (Acid rain) ฝนมีฤทธิ์เป็นกรด ทั้งนี้เนื่องมาจากมี ออกไซด์ ของกำมะถัน และไนโตรเจนอยู่ในอากาศ ปรากฏการณ์นี้เกิดบริเวณใกล้โรงงานอุตสาหกรรม ทำให้เกิดผลเสียหายต่อพืชพันธุ์ทางการเกษตร และป่าไม้

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลต่อพืช คือ ทำลายเนื้อเยื่อพืช (Necrotic) และทำให้ใบไม้เหลือง (Chlorosis) เพราะไปลดการผลิตคลอโรฟิลล์

เอทิลีน (Ethylene) ไปห้ามการเจริญของพืชเกี่ยวกับการสร้างฮอร์โมนของพืช

ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทำลายใบอ่อน ทำให้เซลล์ใบไม้ตาย

3. ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินตลอดจนโบราณวัตถุ เกิดเนื่องจากการที่ปะปนในอากาศรวมตัวกับไอน้ำในอากาศ กลายเป็นกรดชนิดต่าง ๆ สามารถทำให้โลหะผุกร่อน ก๊าซที่สำคัญ คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ ไฮโดรเจนคลอไรด์

¹ Laurent Hodge, Environmental Pollution, p. 91.

ทำให้โลหะทรอนแล้ว ทำให้ยางหมกประสิทธิภาพ กระจก แอกร่างต่าง ๆ เปื้อนยุบ สิ่งก่อสร้างที่สร้างควยหินอ่อนก็ถูกกัดกรอนเช่นกัน รวมทั้งสีที่ทาอาคาร โบราณวัตถุก็จะเสื่อมสภาพลง สีซีดจางลง ดังเช่นศิลปกรรมในอียิปต์ เอเชนส์ และประเทศไทย เป็นต้น

4. ทำความสกปรกให้กับสิ่งของ เครื่องใช้ เนื่องจากมีฝุ่นละออง เขม่าควัน และวัตถุขนาดเล็กปะปนอยู่ในบรรยากาศ สามารถทำให้เครื่องใช้ อาคารบ้านเรือน เสื้อผ้า สกปรก และยังทำให้ท้องฟ้ามีคัลมึมเพราะมีฝุ่นละอองปนอยู่ ทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน เป็นผลให้การคมนาคมไม่สะดวก การขนส่งสินค้าต้องใช้เวลามากขึ้น

5. ทำให้ความร้อนบนผิวโลกเพิ่มขึ้น จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทำให้ได้ความร้อนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกกักความร้อนไว้ ทำให้ผิวโลกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งฮอดจ์ (Hodge) ¹ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า กรีนเฮาส์ เอฟเฟค (Green house effect)

6. ทำให้ชั้นของโอโซนบางลง ชั้นของโอโซน จะกักรังสีอุลตราไวโอเล็ตไว้ ป้องกันการเกิดมะเร็งที่ผิวหนัง แต่จอห์นสตัน (Johnston) ² พบว่าตัวการที่ทำให้ชั้นของโอโซน (Ozone layer) บางลง คือ ออกไซด์ของไนโตรเจน จากเครื่องบิน ซุปเปอร์โซนิค (Supersonic) ที่บินขึ้นไปถึงชั้นสตราโตสเฟียร์ (Stratosphere)

วิธีการควบคุมอากาศสกปรก

สมทรง อินสว่าง ³ ได้กล่าวถึงหลักใหญ่ ๆ ในการควบคุมอากาศสกปรกไว้ ดังนี้คือ

1. พยายามเลือกใช้วัตถุดิบที่ไม่มีสารที่ทำให้อากาศสกปรกปะปนอยู่ หรือไม่ก่อให้เกิดสารที่ทำให้อากาศเป็นพิษขึ้น

¹ Laurent Hodge, Environmental Pollution,

² Ibid., p. 93.

³ สมทรง อินสว่าง, "อากาศสกปรกและการควบคุม," หน้า 7.

2. ปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบหรือเชื้อเพลิงที่ใช้ในขบวนการ ไม่ให้มีสารที่ทำให้อากาศสกปรกปะปน หรือไม่ก่อให้เกิดสารเป็นพิษชั้นภายหลัง
3. ปรับปรุง แก้ไขวิธีการในขบวนการใด ๆ ที่จะสามารถช่วยลดสารที่ทำให้อากาศสกปรกนอยลง
4. พยายามกำจัดสารที่ทำให้อากาศสกปรก ออกจากอากาศเสียที่ปล่อยออกมาจากขบวนการนั้น
5. เปลี่ยนแปลงขบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดอากาศสกปรก แทนขบวนการเก่าที่ไม่สามารถปรับปรุง แก้ไขให้ดีขึ้นได้

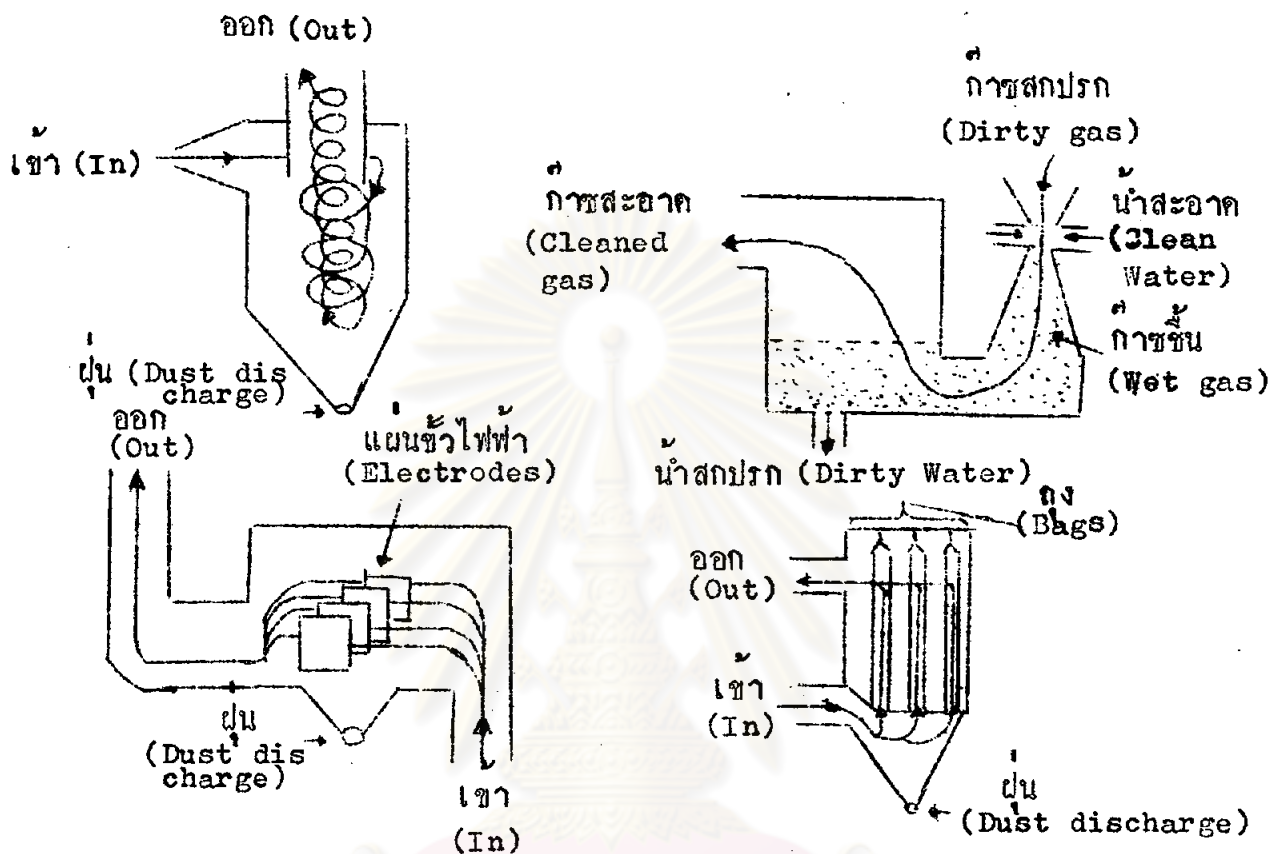
วิธีการในการควบคุมสารที่ทำให้อากาศสกปรกนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของมลพิษ (Pollutant) คือ

1. การควบคุมวัตถุเล็ก ๆ (Particulate matters) มีผู้ประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้แยกวัตถุเล็ก ๆ ออกจากอากาศเสีย เครื่องมือเหล่านี้ ได้แก่ (กรุปที่ 2)

เครื่องแยกแบบไซโคลน (Cyclone separators) อากาศเสียจะผ่านเข้าสู่เครื่องมือซึ่งจะหมุนในลักษณะของไซโคลน พวกฝุ่นละอองจะถูกแรงเหวี่ยง ทำให้ตกลงมาตามล่าง ส่วนอากาศก็จะออกทางท่อกันบน เครื่องมือนี้เหมาะแก่การกำจัดฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่

เครื่องแยกแบบใช้น้ำ (Wet scrubbers) กำจัดฝุ่นละอองโดยใช้วิธีพ่นน้ำ ฝุ่นละอองจะรวมตัวกับน้ำ และตกลงมาตามล่าง ส่วนอากาศก็จะลอยผ่านออกทางท่อกันบน

เครื่องแยกแบบใช้ไฟฟ้า (electrostatic precipitator) กำจัดฝุ่นละอองโดยปล่อยอากาศเสียผ่านเข้าไป ระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้า (electrodes) ฝุ่นละอองที่มีประจุตรงข้ามที่ปนมากับอากาศ จะถูกดูดติดกับผิวของแผ่นขั้วไฟฟ้าแล้วจึงหล่นลงมาตามล่าง



รูปที่ 2 แสดงเครื่องมือควบคุมมลพิษอากาศ (Particulate matters) ¹

เครื่องแยกแบบใยแผ่นกรอง (Fabric Filter) วัสดุเล็กๆที่ปนมากับอากาศจะผ่านชั้นกรอง ซึ่งทำด้วยผ้าหรือกระดาษที่กรองนี้ต้องหมั่นทำความสะอาดอยู่เสมอ

¹ Laurent Hodge, "Environmental Pollution, p. 111.

2. การควบคุมมลพิษ (Pollutants) ที่เป็นก๊าซ (Control of Gaseous Emission)

2.1 การควบคุมการเผาไหม้ (Combustion) การควบคุมให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยให้มีอุณหภูมิสูงเพียงพอ ระยะเวลาในการเผาไหม้นานพอ และมีออกซิเจนเพียงพอ

2.2 โดยการดูดซับ (Adsorption) ใช้ในการควบคุมก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น สารที่ใช้เป็นตัวดูดซับ ได้แก่ ถ่าน (Activated Carbon) ซิลิกา (Silica gel) และอลูมินา (Activated Alumina) โดยวิธีนี้โมเลกุลของก๊าซจะติดอยู่ที่ผิวของสารที่ใช้ (Adsorbents)

2.3 โดยการดูดซึม (Absorption) ส่วนมากเป็นพวกของเหลว การที่จะเลือกใช้ตัวดูดซึมชนิดใดขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซนั้น ๆ

2.4 โดยการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการ (Process Modification) เช่น การเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิง โดยการใช้น้ำมันแทนการใช้ถ่านหิน เพื่อลดฝุ่นละออง หรือเปลี่ยนใช้ก๊าซธรรมชาติ พลังงานปรมาณู เพื่อลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจน

นอกจากนี้ การควบคุมอากาศสกปรกควรได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งค่านักวิชาการ ฝ่ายบริหาร ฝ่ายนิติบัญญัติ ฯลฯ โดยการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การออกกฎหมาย ใช้เป็นกฎเกณฑ์และมาตรการบังคับใช้ กำหนดมาตรฐานของสิ่งต่าง ๆ ให้เหมาะสมตามหลักวิชาการ เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อชุมชน
2. การแบ่งเขตเฉพาะ คือ การจัดวางผังเมืองหรือชุมชนออกเป็นเขต ไม่ปะปนกัน เช่น ย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรม ย่านที่อยู่อาศัย จะช่วยลดอันตรายให้แก่ชุมชน
3. การควบคุมการปฏิบัติการต่าง ๆ ให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ไม่ปล่อยสิ่งเจือปนออกสู่อากาศเกินกว่าอัตราที่กำหนดไว้
4. การให้ศึกษาแก่ชุมชน จะช่วยให้ประชาชนเฝ้าระวังและเข้าใจวิธีปฏิบัติอันถูกต้อง เพื่อนำไปสู่การควบคุมอากาศสกปรกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ช่วยกันปลูก

ต้นไม้ เพราะต้นไม้จะช่วยทำให้คุณภาพอากาศดีขึ้น โดยการกรองเอาฝุ่นละอองออกจากบรรยากาศ เช่น บัณฑิต จุลาสัย¹ กล่าวว่า ต้นสนชนิดต่าง ๆ จะกรองฝุ่นละอองในอากาศได้ 30-50 ตัน ต่อ 1 เฮกตาร์ ภัยเหตุนี้ตามถนนจึงมีค่าชวัญติดไว้ว่า "ต้นไม้คือเพื่อนชีวิต เจ้าคุณอากาศพิษแทนชาา"

การแก้ไขปัญหของรัฐ

พิษณุวัฒน์ ทวีวัฒน์² ได้กล่าวถึงการแก้ไขปัญหของรัฐไว้ดังนี้ คือ

1. กระทรวงคมนาคมโดยองค์การขนส่งของรัฐกำลังทำการแก้ไข ปรับปรุงรถประจำทางให้มีสภาพดี ปลอดภัย เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ประชาชน เป็นการลดความคับคั่งของการจราจรลง เพื่อลดอากาศเป็นพิษ
2. การทางพิเศษกำลังเร่งดำเนินการระบบขนส่งมวลชน เพื่อลดปัญหาการจราจรในระยะ พ.ศ. 2519-2524 ระบบทางด่วนประกอบด้วยทางด่วน 3 สาย คือ สายดินแดง-ท่าเรือ บางนา-ท่าเรือ คาวคะนอง-ท่าเรือ ระบบขนส่งมวลชนประกอบด้วยแนวทาง 3 สาย คือ พระโขนง-บางซื่อ วงเวียนใหญ่-สาทร-ลาดพร้าว คาวคะนอง-มักกะสัน ซึ่งลดปริมาณอากาศเป็นพิษ
3. กระทรวงมหาดไทยโดยสำนักผังเมือง ได้จัดวางผังเมืองใหม่ เพื่อปรับปรุงการจราจรให้ดีขึ้น ลดปัญหาการติดมาก ๆ บนถนนบางสายลง
4. กระทรวงอุตสาหกรรมได้จัดตั้งนิคมอุตสาหกรรม เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมไม่ตั้งอยู่ในที่ที่เหมาะสมออกไปจากตัวเมือง เพื่อลดอากาศเป็นพิษ

¹ บัณฑิต จุลาสัย, "ราคาต้นไม้," จดหมายข่าวสภาวะแวดล้อม 42(พฤศจิกายน 2522) : 21.

² พิษณุวัฒน์ ทวีวัฒน์, "อากาศเป็นพิษ," หน้า 4.

5. กรมการขนส่งทางบก และกองทะเบียนยานพาหนะของกรมตำรวจ ได้
 เข้มงวดในการควบคุมตรวจสอบสภาพของรถยนต์ประเภทต่าง ๆ รวมทั้งสภาพเครื่องยนต์
 ควบ

6. กองตำรวจจราจร กรมตำรวจ ได้เข้มงวดกับผู้ที่ฝ่าฝืนการจราจร และ
 ทำให้เกิดการจราจรติดขัด ทำการปรับอย่างจริงจัง มีการปรับปรุงป้ายสัญญาณต่าง ๆ เพื่อ
 ให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ถนน ทำให้การจราจรคล่องตัวขึ้น ลดปริมาณอากาศเสียลง

7. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยคณะกรรมการกฎหมายสิ่งแวดล้อม
 ได้ทำการศึกษาเพื่อแก้ไขปรับปรุงกฎหมาย และระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับ
 สภาพแวดล้อมให้มีผลบังคับอย่างจริงจัง กับทั้งให้มีการควบคุมปฏิบัติตามกฎหมายโดย
 เคร่งครัด

มลภาวะของน้ำ (Water Pollution)

มลภาวะของน้ำ หมายถึง น้ำที่มีสารเจือปนหรือมีสภาวะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม
 ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช สัตว์ และมนุษย์

แหล่งกำเนิดมลภาวะของน้ำ

มลภาวะของน้ำแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำโสโครกจากบ้านเรือน (Domestic sewage) หมายถึง น้ำโสโครก
 ที่ปล่อยออกมาจากอาคาร บ้านเรือน ที่พักอาศัย ตลอดจนที่พักผ่อนหย่อนใจ และสถานที่ทำการ
 ต่าง ๆ น้ำโสโครกชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากขยะมูลฝอย การขับถ่าย การ
 ทำความสะอาด การประกอบอาหาร การซักล้าง การชำระร่างกาย นอกจากนั้น ยังมีพวก
 ผงซักฟอกและพวกจุลินทรีย์ น้ำโสโครกต่าง ๆ นอกจากสิ่งขับถ่ายถูกระบายลงแม่น้ำลำคลอง
 โดยตรงหรือทางท่อ ระบายน้ำ ส่วนสิ่งขับถ่ายถูกกำจัดโดยระบบบวมซึม ซึ่งถ้าระดับน้ำใต้ดิน
 สูง จะทำให้น้ำจากสวามระบายลงสู่แม่น้ำโคเชนกัน

2. น้ำโสโครกจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Sewage)

หมายถึง น้ำที่ได้จากขบวนการต่าง ๆ เช่น น้ำโสโครกจากการชำระล้าง ทำความสะอาด น้ำหล่อเย็น เป็นต้น น้ำโสโครกชนิดนี้มักมีปริมาณมาก และมักมีสิ่งปะปนออกมาด้วยทั้งอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร ซึ่งจะเป็นชนิดใด มากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ ขบวนการผลิต ขนาดของโรงงาน ซึ่งน้ำโสโครกจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดก็มีสารที่เป็นพิษปะปนออกมาทำอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เช่น พลาสติก กาก แร่ธาตุต่าง ๆ ดังนั้น จึงควรมีการตรวจวิเคราะห์หน้าโสโครกชนิดนี้ให้ละเอียดถี่ถ้วนก่อน จะได้จัดกรรมวิธีที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพใต้อย่างถูกต้องเหมาะสม

แบ่งประเภทของน้ำโสโครกจากโรงงานอุตสาหกรรมตามแหล่งกำเนิดเป็น

3 ประเภท คือ

2.1 น้ำโสโครกที่เกิดจากขบวนการผลิต (Water from manufacturing processes) เช่น น้ำล้างผลไม้ในการทำผลไม้กระป๋อง ซึ่งประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ตามชนิดของวัตถุดิบ

2.2 น้ำโสโครกที่เกิดจากการหล่อเย็น (Water used as cooling agents in industrial processes) หมายถึง น้ำโสโครกที่เกิดจากน้ำที่ใช้ระบายความร้อนของเครื่องจักรซึ่งมักจะมีอุณหภูมิสูง ความสกปรกมักเกิดจากการรั่วซึม และสนิม ซึ่งจะมีความสกปรกน้อยเมื่อเทียบกับน้ำโสโครกจากโรงงานอุตสาหกรรมชนิดอื่น ๆ

2.3 น้ำโสโครกจากการสุขาภิบาล (Water from sanitary uses) เป็นน้ำจากการชำระล้างต่าง ๆ เช่น จากการทำความสะอาดโรงงาน จากส้วมและน้ำอาบของพนักงาน น้ำโสโครกชนิดนี้ประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร และของเสียจากร่างกายมนุษย์ นอกนั้นเป็นพวกผงซักฟอก เศษกระดาษ สารเคมี และอื่น ๆ

3. น้ำโสโครกจากการเกษตร (Agricultural Sewage) หมายถึง น้ำที่ใช้ในการเกษตรกรรม จะชะล้างสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งประกอบด้วย เกษพิน ทราบาย ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และของเสียจากสัตว์เลี้ยง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหามาก

น้ำโสโครกนอกจาก 3 ประเภทแล้ว ยังมีน้ำโสโครกซึ่งเรียกว่า ชิปปิง วอเตอร์ พอลลูชัน (**Shipping Water Pollution**) ซึ่งเป็นน้ำโสโครกที่ประกอบด้วยของเสียจากมนุษย์ และของเสียอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือมลภาวะจากน้ำมัน (**Oil Pollution**) ซึ่งเกิดจากการซุกเจาะน้ำมันในทะเล การขนถ่ายน้ำมันหรือจากอุบัติเหตุเรืออับปางในทะเล เช่น กรณีทอร์เรย์ แคนยอน (**Torrey Canyon**) เมื่อวันที่ 18 มีนาคม พ.ศ.2510 เรือขนน้ำมันเกิดอับปางลงต้องใช้เวลาานพยายามกำจัดน้ำมันที่กระจายไป 2.5 ล้านแกลลอน ซึ่งน้ำมันนี้ไปทำลายระบบนิเวศน์ของชายฝั่งประเทศอังกฤษ และฝรั่งเศส และเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน พ.ศ.2522 บ่อน้ำมันระเบิดที่อ่าวเม็กซิโก น้ำมันไหลออกมาวันละ 10,000-30,000 บาร์เรล มีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์บริเวณอ่าวในเม็กซิโก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีกุ้งชุกชุม

สิ่งทำให้เกิดมลภาวะของน้ำ (Water Pollutants)

สิ่งทำให้เกิดมลภาวะของน้ำ แบ่งเป็น 8 พวก คือ

1. สารที่ต้องการออกซิเจน (**Sewage and Other Oxygen-demanding Waste**) ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบของคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ วิธีวัดความเน่าเสียของน้ำชนิดนี้ โดยการหาปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในน้ำซึ่งถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ คือ ค่าบีโอดี (**Biochemical Oxygen Demand**) หรือวัดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์หรือขบวนการทางเคมีอื่น ๆ คือค่าซีโอดี (**Chemical Oxygen Demand**) ภายใต้ออกซิเจนเพียงพอ สารอินทรีย์พวกคาร์บอนจะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กำมะถันกลายเป็นซัลเฟต ฟอสฟอรัสกลายเป็นฟอสเฟต ไนโตรเจนกลายเป็นแอมโมเนียและไนเตรต ถ้าออกซิเจนในน้ำไม่เพียงพอ สารประกอบคาร์บอนจะกลายเป็นมีเทน สารประกอบไนโตรเจนจะกลายเป็นพวกอามีน (**Amine**) สารประกอบกำมะถันกลายเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมีกลิ่นคล้ายไข่เน่า ภายใต้ออกซิเจนจะละลายอยู่ในน้ำ จะใช้ออกซิเจนได้จากสารประกอบพวกไนเตรต และซัลเฟต ถ้ามีสารที่ต้องการออกซิเจนอยู่ในน้ำมาก จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพราะจะทำให้ ออกซิเจนในน้ำลดลงและทำให้สี กลิ่น รส เปลี่ยนไป

2. สิ่งที่เป็นสื่อของโรค (Infections Agents) น้ำโสโครกที่ได้จากการชำระล้างสิ่งต่าง ๆ จะมีพวกแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่ทำให้เกิดโรคในมนุษย์และสัตว์ได้แก่

โรคที่เกิดในสัตว์และติดต่อมาถึงมนุษย์ เช่น โรคแอนแทรกซ์ (Anthrax) ในวัว โรคพิษสุนัขบ้าจากสุนัข แมว โรคไขเหลืองจากยุงที่กัดคิง โรคสมองอักเสบจากยุงที่กัดคนก เป็ด ไก่ ฯลฯ

โรคที่เกิดกับมนุษย์ เช่น โรคพยาธิต่าง ๆ ไข้มาเลเรีย ไทฟัส อหิวาต์ ไทฟอยด์ โรคดำไส้ โปลิโอ คัมอักเสบ ฯลฯ

3. สารอาหารของพืช (Plant Nutrient) เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งช่วยในการเจริญเติบโตของพืชน้ำ ซึ่งเมื่อพืชเพิ่มจำนวนมากขึ้นจะทำให้น้ำมีกลิ่นและออกซิเจนถูกใช้ไป ค่า บีโอดี เพิ่มขึ้น ส่วนแร่ธาตุอื่น ๆ ที่พืชน้ำต้องการ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ เหล็ก แมงกานีส โบรอน วิตามิน เป็นต้น การใช้ผงซักฟอกก็เป็นการเพิ่มฟอสฟอรัสให้แก่แหล่งน้ำ

4. สารเคมี เช่น ยาฆ่าเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ ผงซักฟอก ยาฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น สารพวกนี้แม้ว่ามีความเข้มข้นเพียงเล็กน้อย ก็เป็นอันตรายต่อปลา เช่น 1 ในล้านส่วน (part per million) ของ ฟีนอล ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์

5. สารอินทรีย์และสารประกอบทางเคมีบางชนิด มีสารอินทรีย์หลายอย่างที่ปะปนในน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ และน้ำโสโครกจากในเมือง สารพวกนี้ทำอันตรายแก่ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ และยังสามารถปะปนอยู่ในน้ำใช้ น้ำดื่มได้ ตัวอย่างเช่น ปะปนอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ปรอท เมื่อทิ้งออกมาแล้วจะตกตะกอน และถูกย่อยโดยแบคทีเรียเปลี่ยนจากสารอินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ได้ ซึ่งถ้าสะสมในร่างกายสิ่งมีชีวิตมาก ๆ จะทำให้เป็นโรคพิษปรอท ที่เรียกว่า มินามาตะ ได้

สารประกอบทางเคมีบางชนิด เช่น น้ำมัน ก็ก่อให้เกิดปัญหาเพราะจะทำให้ออกซิเจนจากอากาศละลายในน้ำได้น้อยลง ส่วนในเหมืองถ่านหินก็มีปัญหาจากเหล็กไฟไรต์

(FeS_2) เมื่อละลายน้ำจะโคกรกกำมะถัน ทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรด สารประกอบทางเคมีที่เป็นปัญหาอีก คือ มลภาวะของเกลือ จากโซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) และ แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ที่ใช้ในการกำจัดน้ำแข็งบนถนนในฤดูหนาวของประเทศในเขตหนาว

6. ตะกอน (Sediments) โคน้ำ เศษดิน แร่ ที่ปนมาในน้ำโสโครกที่ไหลผ่านดิน ถนนในเมือง น้ำทิ้งจากเหมือง หรือมีพายุ น้ำท่วม เศษตะกอนเหล่านี้จะสะสมอยู่ในน้ำ ทำให้แสงส่องไปถึงพืชสีเขียวในน้ำได้น้อยลง และเมื่อตกตะกอนที่พื้นน้ำจะไปทับถมอาหารและที่อยู่ของปลา ทำให้ปลาตายจำนวนมาก

7. สารกัมมันตภาพรังสี (Radioactive substance) ซึ่งเป็นผลมาจากการนำยูเรเนียม (Uranium) และทอเรียม (Thorium) มาใช้ประโยชน์ หรือจากโรงงานที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์ การทดลองระเบิดปรมาณู

8. ความร้อน (Heat) ซึ่งใช้ในการหล่อเย็นเครื่องจักรต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานไฟฟ้า ฯลฯ ความร้อนทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกริยาเคมีก็สูงขึ้น ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง น้ำเสียเร็วขึ้น และจะมีผลต่อปลา พฤติกรรมของปลาจะเปลี่ยนไป อาจทำให้ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ตายจากปรากฏการณ์ที่เรียกว่า "มลภาวะของความร้อน" (Thermal Pollution)

คุณลักษณะของน้ำโสโครก

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม¹ ได้กำหนดคุณลักษณะของน้ำโสโครกไว้ดังนี้คือ

1. คุณลักษณะทางกายภาพ (physical characteristic) ครอบคลุมถึงคุณลักษณะต่าง ๆ คือ

¹ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, "น้ำโสโครก" (กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ), หน้า 4-5. (อัครสำเนา)

1.1 อัตราการไหล (Rate of flow) เพื่อให้ทราบถึงปริมาณน้ำโสโครกที่ต้องกำจัด

1.2 อุณหภูมิ (Temperature) ควรทราบถึงอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำโสโครก เพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้เพิ่มปฏิกิริยาเคมีและลคปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ลงได้ และมีส่วนกระทบกระเทือนต่อระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)

1.3 ปริมาณของแข็ง (Solid) ที่มีอยู่ในน้ำโสโครก ซึ่งต้องมีการพิจารณาโดยละเอียดเกี่ยวกับปริมาณของแข็ง ชนิดต่าง ๆ ดังนี้คือ

1.3.1 ของแข็งทั้งหมด (Total solid)

1.3.2 ของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (Suspended solid)

1.3.3 ของแข็งที่ตกตะกอนได้ (Settleable solid)

1.3.4 ของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissolved solid)

1.3.5 ของแข็งที่อยู่ในสภาพคอลลอยด์ (Colloidal solid)

1.3.6 ของแข็งที่ลอยได้ (Volatile solid)

1.3.7 ของแข็งที่เคลื่อนที่ไม่ได้ (Fixed solid)

1.4 สี (Color) จะเป็นตัวบอกราย ความเน่าเสียของน้ำโสโครกนั้น ถ้าน้ำโสโครกใหม่ ๆ จะมีสีเทา แต่เมื่อสารอินทรีย์ได้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และทำให้ระดับออกซิเจนละลายในน้ำลดลงเกือบถึงศูนย์ สีจะเปลี่ยนเป็นสีดำ และมีฟองก๊าซเกิดขึ้น แสดงว่าอยู่ในระยะที่เรียกว่า เซพติก คอนดิชัน (Septic condition)

1.5 กลิ่น (Odor) กลิ่นของน้ำโสโครกมาจากแหล่งก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายของสารอินทรีย์ กลิ่นที่สำคัญ ได้แก่ กลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือ ก๊าซไฮเน่า

1.6 ความขุ่น (Turbidity) เกิดจากสารที่แขวนลอยหรือตะกอนเบา ซึ่งขัดขวางทางเดินของแสง ทำให้น้ำขุ่น ซึ่งขุ่นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ปะปนอยู่

2. คุณลักษณะทางเคมี (Chemical characteristic)

2.1 สภาพความเป็นกรดหรือด่าง เป็นสิ่งที่ช่วยให้เราทราบถึงสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างอยู่มากน้อยเพียงใด ทำให้หาทางปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 สารเคมีที่เป็นพิษ หมายถึง พวกสารเคมีหรือสารเป็นพิษ ซึ่งปะปนมากับน้ำโสโครก เช่น สารหนู ตะกั่ว แคดเมียมปรอท ทองแดง โครเมียม ยาฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ ฯลฯ

2.3 สารอินทรีย์ (Organic matter) ได้แก่ พวกคาร์โบไฮเดรต ไขมัน ไขมัน ฯลฯ

2.4 สารอนินทรีย์ (Inorganic matter) ได้แก่ สารพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ และพวกโลหะหนักต่าง ๆ (Heavy metal) รวมทั้งพวกที่ทำให้เกิดความกระด้าง

2.5 ก๊าซ ได้แก่ พวกออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีเทน ซึ่งจะเป็นเครื่องบอกความสกปรกของน้ำโสโครก

ปริมาณออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen) อย่างน้อยที่สุดต้องมีค่าประมาณ 5 มิลลิกรัม/ลิตร (ppm) สิ่งมีชีวิตจึงจะอาศัยอยู่ได้

2.6 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) หมายถึง จำนวนออกซิเจนที่จุลินทรีย์พวกที่ใช้ออกซิเจน ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำโสโครกที่อุณหภูมิ 20°C ภายในเวลา 5 วัน น้ำโสโครกที่สกปรกมาก ค่าบีโอดีจะสูง

2.7 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาเคมีเพื่อออกซิไดซ์ สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำโสโครก

3. คุณลักษณะทางชีววิทยา (Biological characteristic) โดยพิจารณาจากมาตรฐานทางแบคทีเรีย ซึ่งวิธีตรวจหาเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ทำได้ยาก เนื่องจากแบคทีเรียเหล่านั้นมีอยู่น้อยในอุจจาระ หรือน้ำโสโครก จึงมีการตรวจหาแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำโสโครกจะง่ายกว่า คือ อี. โคลิ (Escherichia coli) ถ้าตรวจพบว่ามี อี. โคลิ ในน้ำก็แสดงว่าน้ำนั้นมีโอกาสที่จะมีแบคทีเรีย ที่ทำให้เกิดโรคได้ จึงใช้เป็นเครื่องชี้ว่าน้ำสกปรกได้

ผลเสียหายที่เกิดจากมลภาวะของน้ำ

สมพร สุทธาโรจน์¹ โลกกล่าวถึงผลเสียหายที่เกิดจากมลภาวะของน้ำไว้ดังนี้
คือ

1. น้ำเสียเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนและสัตว์ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และแมลงที่เป็นพาหะของโรค เช่น โรคอหิวาตกโรค ไช้ไทฟอยด์ โรคบิด ฯลฯ ส่วนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำที่มีสารพิษเจือปนสารเป็นพิษ เหล่านี้ทำให้เกิดโรคร้ายแรง เช่น โรคมินามาตะที่เกิดจากพิษของปรอท โรคอิโต ชิโต ที่เกิดจากแคดเมียม นอกจากนี้ แม่น้ำลำคลองที่เน่าเสียยังส่งกลิ่นเหม็นก่อให้เกิดความเดือดร้อน รำคาญ เป็นการบั่นทอนสุขภาพของผู้อยู่ริมแม่น้ำลำคลอง และผู้สัญจรไปมา

2. น้ำเสียมีผลกระทบต่อการใช้งานประมง เพราะทำให้สัตว์น้ำต่าง ๆ เช่น ปลา กุ้ง ทายหรือคอย ๆ ลดจำนวนลง เนื่องจากออกซิเจนในน้ำมีจำนวนน้อยลง เช่นกรณีแม่น้ำแม่กลองทำให้ปลาตายลอยเป็นแพ เนื่องจากโรงงานน้ำตาลปล่อยน้ำเสียจำนวนมากลงในแม่น้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว จนปลาขาดออกซิเจน ส่วนน้ำเสียที่มีสารพิษก็เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ อาจทำให้ตายทันทีได้ นอกจากนี้ น้ำเสียยังทำลายแหล่งวางไข่ของปลา เนื่องจากการตกตะกอนของสารแขวนลอยในน้ำเสียปกคลุมพื้นที่วางไข่ของปลา ทำให้ปลาลดจำนวนลง น้ำเสียที่มีสภาพธรรมชาติของแหล่งน้ำเปลี่ยนไป เช่น ความร้อนจากการหล่อเย็น จากโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้ปลาอยู่ไม่ได้ และไม่อาจแพร่พันธุ์ได้ หรือน้ำมันที่ลอยบนผิวน้ำก็ขัดขวางการเติมออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ และอาจไปปกคลุมตัวปลา นำไปโอบริโภคไม่ได้

¹ สมพร สุทธาโรจน์, "น้ำเสีย," ใน เอกสารวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อม (กรุงเทพมหานคร: กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2520), 1 : 2-4.

3. น้ำเสียกระทบกระเทือนต่อการผลิตน้ำดื่ม น้ำใช้ เมื่อแหล่งน้ำเกิดเน่าเสีย ค่าใช้จ่ายในขบวนการผลิตน้ำเพื่อให้ได้น้ำ ที่มีคุณภาพ เขาเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม น้ำใช้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่ทองการใช้น้ำที่มีคุณสมบัติพิเศษ ในขบวนการผลิตก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น

4. น้ำเสียก่อให้เกิดความเสียหายต่อการเกษตร ส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำที่มีความเป็นกรด เป็นกรดด่างสูง น้ำที่มีปริมาณเกลืออนินทรีย์สูง หรือสารเป็นพิษ ฯลฯ น้ำเสียเหล่านี้เกิดจากการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำ โดยไม่กำจัดสิ่งโสโครกก่อนทิ้ง ทำให้แหล่งน้ำมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชผักที่ปลูก นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง ยากำจัดศัตรูพืชอื่น ๆ ยังทำให้เกิดปัญหาเรื่องสารเป็นพิษในแหล่งน้ำ กระทบกระเทือนต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำอื่น ๆ

5. น้ำเสียทำให้ความสวยงามของแม่น้ำลำธารหมดไป ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เพราะเป็นที่รังเกียจ เนื่องจากสิ่งสกปรก สี และกลิ่นของแหล่งน้ำ และยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพจิต และอนามัยของประชาชนด้วย

การกำจัดน้ำโสโครก

วิธีกำจัดน้ำโสโครกแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การกำจัดขั้นต้น (Primary Treatment)
2. การกำจัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment)
3. การกำจัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment)

1. การกำจัดขั้นต้น (Primary Treatment) ได้แก่ การแยกสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่และสิ่งแขวนลอยโดยการใส่ตะแกรง หรือโดยวิธีทิ้งให้ตกตะกอน ตะกอนเหล่านี้จะนำไปเผา ถ้าต้องการผลิตน้ำดื่มอาจใช้การกรอง ในขั้นนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษ (Pollutant) ไม่สูง กล่าวคือ สามารถลดบีโอดีได้ 35% ลดซีโอดีได้ 30%

ลคสิ่งแขวนลอยได้ 60% รวมทั้งลคในโตรเจนได้ 20% และลคฟอสฟอรัสได้ 10% แต่ไม่สามารถกำจัดแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำได้เลย

2. การกำจัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) ได้แก่ การกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยใช้วิธีทางชีววิทยา (Biological method) โดยมีแบคทีเรียเป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโสโครก

ขบวนการทางชีววิทยาที่ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ มณฑิพย์ ตามูگانอน¹ ได้แบ่งไว้เป็น 2 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 ขบวนการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน ได้แก่

ระบบให้ตกตะกอน (Activated sludge) เป็นวิธีที่นิยมมาก ส่วนประกอบของระบบนี้ ได้แก่ ถังเติมอากาศเป็นที่ให้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำโสโครก โดยใช้ออกซิเจนที่ได้จากเครื่องเติมอากาศ ส่วนประกอบที่สำคัญในการเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน และปริมาณแบคทีเรีย ซึ่งจะจับกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ เห็นได้ชัด เรียกว่า สลัดจ์ (Activated Sludge) สารอินทรีย์ในน้ำโสโครกส่วนใหญ่จะถูกแบคทีเรียย่อยสลาย โดยใช้ออกซิเจนกลายเป็นสารประกอบอินทรีย์และพลังงาน สารอินทรีย์ส่วนที่เหลือ จะถูกใช้ไปในการสร้างเซลล์แบคทีเรียใหม่ หลังจากนั้น น้ำเสียส่วนหนึ่งจะไหลออกจากถังเติมอากาศเข้าสู่ถังตกตะกอนอีกครั้งหนึ่งตะกอนแบคทีเรียจะถูกสูบกลับไปเข้าถังเติมอากาศ เพื่อรักษาระดับปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศให้คงที่ น้ำที่ไหลออกจากถังตกตะกอนจะใสสะอาด หลังจากผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน ก็สามารถทิ้งลงแหล่งน้ำได้

ระบบใช้การกรอง (Trickling filter) ระบบนี้ใช้ในกรณีที่คิดมีราคาแพง และมีพื้นที่น้อย เหมาะสำหรับน้ำโสโครกในชุมชนขนาดเล็ก วิธีนี้ใช้แบคทีเรียเป็น

¹ มณฑิพย์ ตามูگانอน, "ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการกำจัดน้ำเสีย" (กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ), หน้า 4-7.

ตัวทำลายสารอินทรีย์ โดยเลี้ยงแบคทีเรียให้เกาะเป็นเมือก (slime) หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร รอบตัวกลาง (medium) ซึ่งทำด้วยวัสดุ เช่น ก้อนหินขนาด 2-5 นิ้ว หรือ แบนพลาสติก ดังในระบบนี้นิยมใช้ถังกลม สูงไม่น้อยกว่า 2 เมตร มีตัวกลางบรรจุอยู่ ภายในเกือบเต็ม น้ำโสโครกจะถูกนำมาไปขยลงบนผิวหน้าของถังปฏิบัติการ ซึ่งจะไหลผ่าน ตัวกลางลงสู่ก้นถัง แบคทีเรียที่เกาะอยู่รอบจะถูกซึมสารอินทรีย์ และเจริญเติบโตเกาะตัว กลางหนาขึ้น ๆ ในที่สุดแบคทีเรียชั้นในจะตาย และหลุดปนกับน้ำออกมา น้ำที่ระบายออก จะผ่านไปยังถังตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนออก ตะกอนที่แยกนี้ต้องกำจัดต่อไป

ระบบสัมผัสอากาศ (Oxidation pond) เป็นระบบที่ง่าย และนิยมใช้ ในการกำจัดน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนมากที่สุด ระบบนี้ประกอบด้วยบ่อคินทรรมคา หรือบ่อ คินชาบด้วยคอนกรีต ลึกประมาณ 1.5 เมตร มีปริมาตรรับน้ำเก็บกักได้ 7 วัน พื้นที่ผิวหน้า ของบ่อคำนวณจากปริมาณ มีโอคี่ เมื่อน้ำเสียไหลลงสู่บ่อ ตะกอน สิ่งสกปรกจะจมตัวลงก้นบ่อ และเน่าสลายไป สารอินทรีย์จะถูกแบคทีเรียย่อยสลาย โดยใช้ออกซิเจนที่ได้จากการ สังเคราะห์แสงของพวกสาหร่ายเซลล์เดียว (Algae) แต่ออกซิเจนที่ได้ปริมาณค่อนข้างต่ำ ดังนั้น จึงจำกัดการเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้ต้องใช้เวลานาน

ระบบเติมอากาศ (Aerated lagoon) เป็นระบบที่ใช้เครื่องเติม อากาศแทนออกซิเจน จากการสังเคราะห์แสง เพื่อให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียโดยตรง และ ย่นระยะเวลาและลดพื้นที่ลง 8-10 เท่า

ประเภทที่ 2 ขบวนการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ใต้แก๊

ระบบถังเกรอะ (Septic Tank) ระบบนี้เหมาะกับน้ำทิ้งที่มีปริมาณ ไม่มากนัก ประกอบด้วยบ่อคอนกรีต มีฝาปิดมิดชิด หน้าที่ของถังเกรอะคือแยกสิ่งสกปรก ต่าง ๆ ที่เป็นของแข็งออกจากน้ำทิ้ง ตะกอนต่าง ๆ จะจมลงและเน่าสลายไป ถังเกรอะนี้ เมื่อใช้นาน ๆ ต้องมีการสูบล้างทุกกระยะ 1-2 ปี

ระบบถังกรอง (Anaerobic Filter) เป็นถังกลม ภายในบรรจุตัวกลาง (Medium) เช่น ก้อนหิน หรือแผ่นพลาสติกอยู่เต็ม น้ำโสโครกจะถูกปล่อยเข้าทางก้นถังแล้วไหลออกตอนบน แมกที่เรียจะบีกเกาะตัวกลาง และเกาะกันเป็นตะกอนติดอยู่ตามช่องว่างระหว่างตัวกลาง

วิธีทางชีววิทยาเหล่านี้เป็นการกำจัดน้ำโสโครกชั้นที่สอง ซึ่งสามารถลบล้างได้ออกได้ 90% ลบล้างได้ออกได้ 80% กำจัดสิ่งแขวนลอยได้ 90% กำจัดไนโตรเจนได้ 50% กำจัดฟอสฟอรัสได้ 30% และกำจัดแบคทีเรียที่ละลายน้ำได้ 5% ในการกำจัดขั้นต้นและขั้นที่สองมักจะลบล้างได้ออก และสิ่งแขวนลอย แต่สามารถกำจัดเกลือแร่ที่ละลายน้ำได้น้อยมาก รวมทั้งโลหะหนัก เชื้อโรค และสารเคมีที่เป็นพิษด้วย

3. การกำจัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) เป็นการกำจัดมลพิษ (Pollutant) ที่ยังเหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งได้แก่ ฟอสเฟต ไนเตรต และสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยเฉพาะพวกที่เป็นอาหารของพืช การกำจัดขั้นนี้มีหลายวิธี เช่น

3.1 การใช้สารเคมีทำให้ตกตะกอนแล้วกรอง สารเคมีที่ใช้ เช่น สารส้ม (Aluminium sulfate) เฟอร์รัสซัลเฟต เฟอร์ริกซัลเฟต เฟอร์ริกคลอไรด์ ฯลฯ หลังจากเกิดตะกอนแล้วก็กรองตะกอนออก

3.2 การใช้ถ่านกัมมันต์ เป็นการดูดซับ และกลั่น โดยใช้สารประกอบคาร์บอนที่มีรูพรุน และสามารถดูดซับสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้

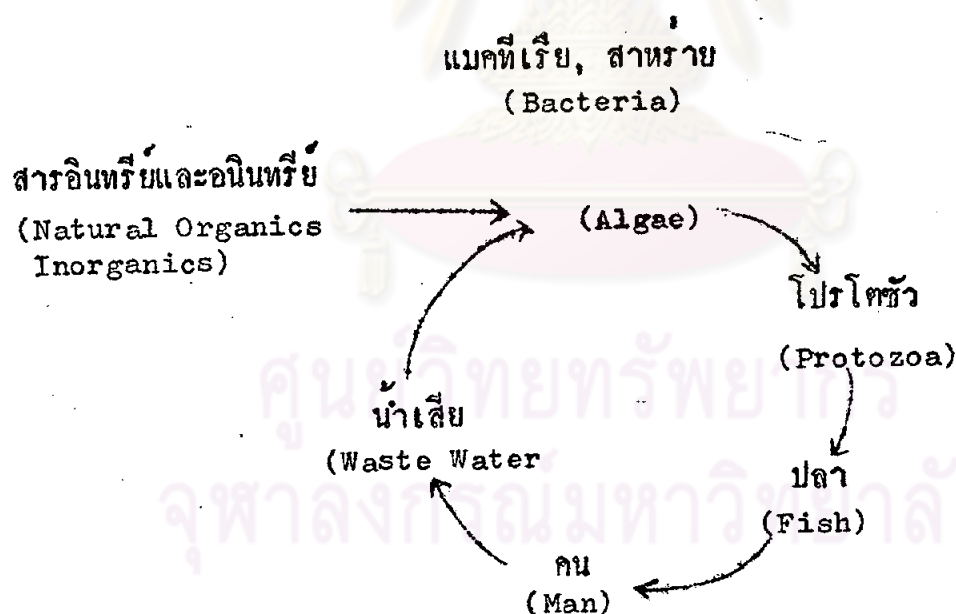
3.3 การเติมออกซิเจนโดยใช้สารเคมี โดยใช้สารที่เป็นตัวเติมออกซิเจน เช่น โอโซน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ฯลฯ

สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้มีปัญหามาก ต่อการนำน้ำกลับไปใช้อีก เพราะน้ำที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สองแล้ว ยังคงมีสารอินทรีย์เหล่านี้ละลายอยู่ จึงมีวิธีกำจัดหลายวิธี เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) การใช้กระแสไฟฟ้า (Electrodialysis) การพ่นน้ำผ่านอากาศ (Air stripping) เพื่อกำจัดก๊าซแอมโมเนีย เป็นต้น

การกำจัดชั้นที่สามนี้ ใช้นิทรินี้ ในการนำที่สะอาดจนสามารถใช้ในการอุปโภค บริโภคได้ ซึ่งมักจะนำน้ำที่ผ่านการกำจัดชั้นที่ 2 มาทำให้ตกตะกอนแยกสารประกอบพวก ฟอสฟอรัสด้วยปูนขาว (Lime) และกำจัดแอมโมเนีย นำไปฆ่าเชื้อโรคโดยใส่คลอรีนนำไปบริโภคได้

การกำจัดสิ่งปฏิกูลโดยธรรมชาติ (Natural Self-purification)

แหล่งน้ำทั่วไปมีความสามารถจะรับน้ำเสีย หรือความสกปรกจำนวนหนึ่ง โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาแหล่งน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากวัฏจักรทางชีววิทยา (Biological cycle) ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำนั้น สามารถปรับตัวเองให้เข้ากับปริมาณอาหารที่เพิ่มขึ้น และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ ดังวงจรที่ เทบบัท (Tebbutt) ¹ แสดงไว้คือ



รูปที่ 3 แสดงวัฏจักรของการกำจัดสิ่งปฏิกูลโดยธรรมชาติ

¹ T. H. Y. Tebbutt, Principles of Water Quality Control, 2d ed. (London: Pergamon Press, 1977), p. 53.

ตามวัฏจักรทางชีววิทยา จะเห็นว่าแบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวค้ำรงชีวิตอยู่ได้
 ด้วยสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ และในน้ำเสียที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำ
 แบคทีเรียและสาหร่ายเป็นอาหารของโปรโตซัว โปรโตซัวเป็นอาหารของปลาเล็ก ๆ
 ปลาเล็ก ๆ เป็นอาหารของปลาใหญ่ ปลาเป็นอาหารของมนุษย์ มนุษย์ขับถ่ายของเสียลงสู่
 แหล่งน้ำ ซึ่งแบคทีเรียและสาหร่ายใช้เป็นอาหารในการดำรงชีวิต หมุนเวียนเป็นวงจรเช่นนี้
 เรื่อยไป ซึ่งเป็นการปรับตัวของสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในสมดุลย์

แต่เนื่องจากมนุษย์มีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว และความเจริญในค้ำนอุตสาหกรรม-
 กรรม เกษตรกรรม ทำให้มนุษย์ทิ้งสิ่งปฏิกูลเพิ่มขึ้น แหล่งน้ำบางแห่งจึงปรับตัวไม่ทัน เกิด
 การเน่าขึ้น เช่นที่แม่น้ำแม่กลอง เป็นต้น

การควบคุมน้ำเสีย (Water Pollution Control)

สมพร สุทธาโรจน์¹ ได้เขียนไว้ในเอกสารวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อม ดังนี้คือ

ในการควบคุมน้ำเสียจำเป็นต้องมีมาตรฐานในการควบคุม มาตรฐาน
 ดังกล่าวแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ มาตรฐานน้ำในลำน้ำ และมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงาน
 อุตสาหกรรม หรือจากอาคาร บ้านเรือน

มาตรฐานน้ำในลำน้ำ

การกำหนดมาตรฐานขึ้นอยู่กับประโยชน์ หรือวัตถุประสงค์ในการใช้น้ำเป็นสำคัญ
 ดังนั้น ชั้นแรกในการดำเนินการจัดทำมาตรฐานน้ำในลำน้ำ คือ การสำรวจการไหลประโยชน์
 แหล่งน้ำ เพื่อจัดลำดับคุณภาพแหล่งน้ำตามประโยชน์ในการใช้งาน ลำดับชั้นของลำน้ำ
 แบ่งได้ดังนี้

¹ สมพร สุทธาโรจน์, "น้ำเสีย," หน้า 9.

- ชั้นที่ 1 แหล่งน้ำเพื่อใช้จัดทำน้ำประปา การพักผ่อน
 ชั้นที่ 2 แหล่งน้ำสำหรับใช้ว่ายน้ำ
 ชั้นที่ 3 แหล่งน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
 ชั้นที่ 4 แหล่งน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร อุตสาหกรรม และอื่น ๆ

ประโยชน์สำคัญของการควบคุมน้ำเสียโดยระบบมาตรฐานลำน้ำ คือ ทำให้สามารถป้องกันความสกปรกของลำน้ำจากการปล่อยสิ่งปฏิกูลมากเกินไป

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการจัดลำดับชั้นคุณภาพลำน้ำ และมาตรฐานลำน้ำของรัฐนิวยอร์ก¹

ลำดับชั้นและ การใช้ประโยชน์	ปริมาณออกซิเจน ที่น้อยที่สุดที่ ละลายในน้ำ	คุณภาพน้ำ		สารที่เป็นพิษสารที่ ทำให้เกิดสี กลิ่น รส และ น้ำรอน	สารแขวนลอย และ น้ำมัน
		แบคทีเรีย	PH		
AA น้ำประปา (ไม่กรอง)	5	ไม่เกิน 50	6.5-8.5	ไม่มี	ไม่มี
A น้ำประปา (กรอง)	5	ไม่เกิน 5,000	6.5-8.5	ไม่มี	ไม่มี
B ว่ายน้ำ	5	ไม่เกิน 2,400	6.5-8.5	ไม่มี	ไม่มี
C ตกปลา	5	ไม่กำหนด	6.5-8.5	ไม่มี	ไม่มี
D เกษตรกรรม	3	ไม่กำหนด	6.5-8.5	ไม่มี	ไม่มี

¹ สมพร สุทธาโรจน์, "น้ำเสีย," หน้า 10.

ในหลายประเทศได้จัดแบ่งคุณภาพของแหล่งน้ำ ตามค่าบีโอดีออกเป็น 5 ระดับคือ

ชั้น 1	คุณภาพชั้นดีเยี่ยม	บีโอดี	0-1.5	มิลลิกรัม/ลิตร
ชั้น 2	คุณภาพชั้นดีมาก	บีโอดี	1.5-3.0	มิลลิกรัม/ลิตร
ชั้น 3	คุณภาพชั้นดี	บีโอดี	3.0-6.0	มิลลิกรัม/ลิตร
ชั้น 4	คุณภาพชั้นพอใช้	บีโอดี	6.0-12.0	มิลลิกรัม/ลิตร
ชั้น 5	คุณภาพชั้นเลว	บีโอดี	12.0 ขึ้นไป	มิลลิกรัม/ลิตร

มาตรฐานน้ำทิ้ง

การกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งใด ๆ ที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำ เช่น มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานกำจัดน้ำโสโครก มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม จุดประสงค์เพื่อลดปริมาณความสกปรกที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ มาตรฐานน้ำทิ้งมักกำหนดเป็นความเข้มข้นสูงสุดของความสกปรกในน้ำทิ้ง หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร หรือปริมาณความสกปรกสูงสุดที่ปล่อยลงแหล่งน้ำใดหน่วยเป็นปอนด์หรือกิโลกรัมต่อวัน

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แสดงมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม เสนอแนะโดยพาร์เกอร์ (C.D. Parker WHO Consultant) และมาตรฐานน้ำทิ้งกำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม¹

ลักษณะคุณภาพน้ำ (mg/l) (มิลลิกรัม/ลิตร)	เสนอแนะโดยWHO	กระทรวงอุตสาหกรรม
บีโอดี (BOD)	40	20
ซีโอดี (COD)	100	0
สารแขวนลอย	60	30
สารละลายน้ำ	2000	2000
pH	5 - 9	5 - 9
ซัลไฟด์ (H ₂ S)	3.0	1.0
ไซยาไนด์ (HCN)	1.0	0.2
น้ำมัน	15.0	ไม่มี
ฟีนอล	0.05	1.0
คลอรีน	5.0	1.0
โลหะหนัก (ทั้งหมด)	5.0	0
สังกะสี	2.0	แต่ละตัวหรือรวมทั้งหมด ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/ลิตร
โครเมียม	0.1	
อะซิติก เงิน เซเลเนียม นิเกิล	0	
ทองแดง	2.0	0
เหล็ก	5.0	0
ยาฆ่าแมลง	0	ไม่มี
ยาปราบศัตรูพืชและสัตว์	0.01	0
สารกัมมันตภาพรังสี	0	ไม่มี
อุณหภูมิ (° C)	40	40
ผงซักฟอก	1.5	0
แอมโมเนีย	5.0	0

¹ สมพร สุทธาโรจน์, "น้ำเสีย," หน้า 10.

มลภาวะของเสียง (Noise Pollution)

มลภาวะของเสียง หมายถึง เสียงที่ไม่พึงปรารถนา โดยจะสัมพันธ์กับมนุษย์ในด้านความรู้สึก เจตคติ นิสัย ความเคยชินส่วน และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง

ประชาชน อารีพล¹ ได้สรุปไว้ดังนี้คือ

ธรรมชาติของเสียง

เสียงเกิดจากการเปลี่ยนแปลง ความดันอากาศอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มักจะเกิดจากวัตถุที่สั่น ซึ่งจะสร้างคลื่นขึ้นในอากาศ คล้ายกับคลื่นน้ำ แต่ต่างกันที่คลื่นน้ำเป็นคลื่นตามขวาง (คือการสั่นของอนุภาคที่มีทิศตั้งฉากกับทิศของคนอื่น) แต่เสียงในอากาศส่งออกไปเป็นคลื่นตามยาว (คือการสั่นของอนุภาคมีทิศเกี่ยวกับการส่งคลื่น)

ความดันของเสียง (Sound Pressure)

การแปรเปลี่ยนความดันที่เกิดขึ้นเมื่อเสียงส่งผ่านอากาศออกไป มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ เสียงเบาที่สุดซึ่งคนหนุ่มสาวโดยเฉลี่ยสามารถได้ยินเทียบเป็นความดันแล้ว จะมีค่าประมาณ 0.00002 พาสคาล (Pa) [Pa คือ พาสคาล ซึ่งเป็นหน่วยของความดัน 1 พาสคาล = 1 นิวตัน/ตารางเมตร] ความดันของเสียงนี้จะรวมเข้าไปกับความดันบรรยากาศ ซึ่งมีค่าประมาณ 10^5 พาสคาล

¹ ประชาชน อารีพล, "ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง," ใน การสัมมนาเรื่องเสียงดังเกินไปเป็นภัยต่อทฤษฎีชีวิตของกิดแก๊ซ (กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย), หน้า 1-12. (อัครสำเนาะ)

ในการศึกษาค้นหาทฤษฎีของเสียง เราใช้ความดันของเสียงเป็น พหุ ความเข้ม เป็น วัตต์/ตารางเมตร แต่การวัดในทางปฏิบัติมักจะแสดงค่าปริมาณกึ่งกลาง เป็นมาตรา ลอการิทึม (Logarithmic Scales) ควบคู่กัน คือ ความดันและความเข้มของเสียง มีช่วงกว้างมาก เช่น ความเข้มที่หูได้ยินมีค่าจาก 10^{-12} ถึง 10 วัตต์/ตารางเมตร การใช้มาตราลอการิทึมเป็นการย่อช่วงของความเข้มกว้าง ๆ ให้ลดลง มาตราที่ใช้กันทั่วไป คือ เดซิเบล (Decible, dB) ใช้แสดงระดับเสียง โดยการเปรียบเทียบความเข้มหรือ ความดันแล้วใส่ลอก (log)

ระดับความดันของเสียง (Sound Pressure Level : SPL)

$$\text{SPL} = 20 \log \left(\frac{P_{\text{rms}}}{P_0} \right) \quad \text{เดซิเบล}$$

P_0 คือ ความดันเสียงอ้างอิง 0.00002 Pa (ค่าความดันของเสียงที่เบา ที่สุดที่ได้ยิน)

P_{rms} คือ ค่า root mean square ของความดันของเสียง

ระดับความเข้ม (Intensity Level : IL)

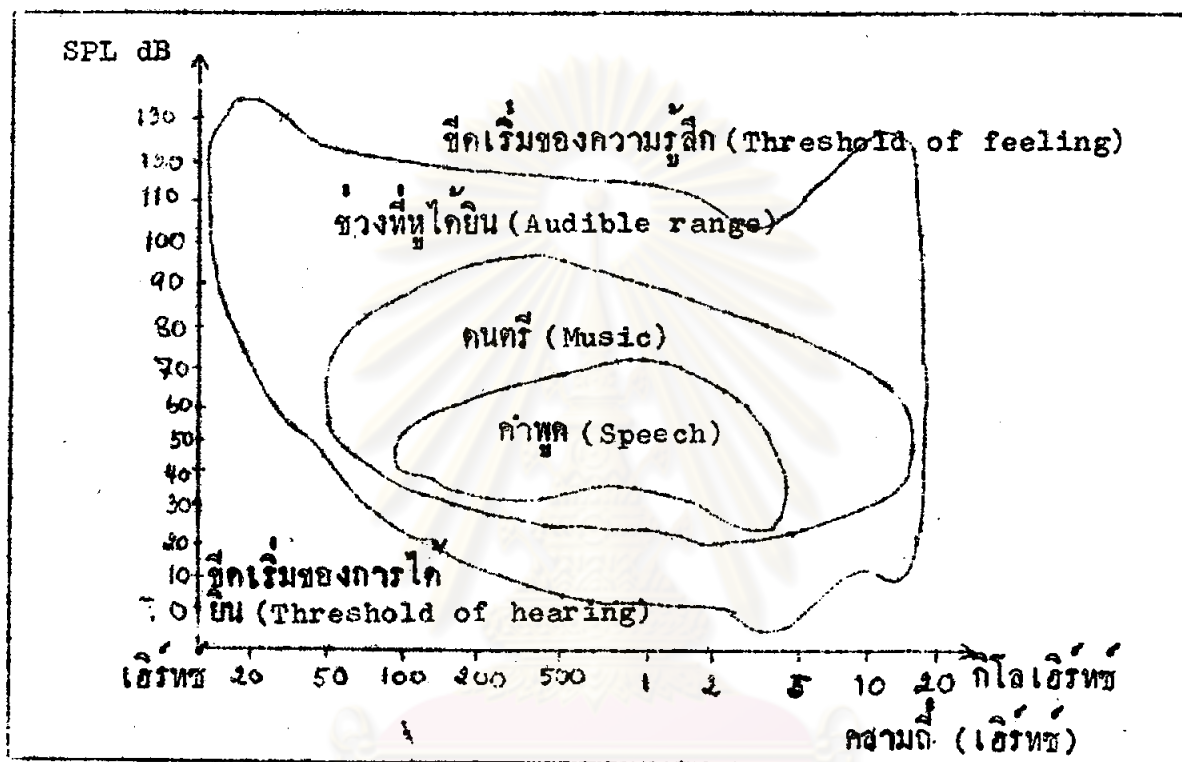
$$\text{IL} = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \text{เดซิเบล}$$

I_0 คือ ความเข้มอ้างอิง = 10^{-12} วัตต์/ตารางเมตร

I คือ ค่าเฉลี่ยของพลังงานเสียงซึ่งผ่านหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศของ คลื่นในหนึ่งหน่วยเวลา

ระดับความเข้มต่ำที่สุดซึ่งหูได้ยินที่ความถี่ค่าหนึ่ง เรียกว่า ชีตเริ่มของการได้ยิน (Threshold of hearing) มีค่าประมาณ 0 เดซิเบล ซึ่งเริ่มที่ความถี่ต่างกันในแต่ละบุคคล และยังขึ้นอยู่กับอายุของผู้ฟังด้วย เมื่อความเข้มของเสียงผ่านเข้าหูมาก เสียงจะ ดังขึ้นจนไม่เป็นการได้ยิน ระดับนี้เรียกชีตเริ่มของความรู้สึก (Threshold of feeling) มีค่าประมาณ 120 เดซิเบล

ในทางปฏิบัติ จะใช้เดซิเบลกับความดัน (pressure) ทั้งนี้เพราะค่าความดันสามารถวัดได้ง่ายกว่าค่าความเข้ม



รูปที่ 4 ช่วงความถี่และระดับความดันของเสียงที่หูได้ยิน¹

ความดัง

ลักษณะทางความรู้สึกของเสียง เรียกว่า ความดัง เป็นเรื่องเกี่ยวกับความเข้มและความถี่ จากรูป จะเห็นได้ว่าเสียงที่มีระดับความเข้ม 20 เดซิเบล และความถี่ 1000 เฮิร์ตซ์ จะฟังได้ชัด ขณะเดียวกับเสียงซึ่งมีความเข้มเท่ากัน แต่มีความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ นั้น

¹ J. D. Webb, Noise Control in Industry, ed. J.D. Webb

ฟังไม่ได้ยินเลย เพราะอยู่ที่ต่ำกว่าซีคเริ่มของการได้ยิน หน่วยของระดับความดัง คือ ฟอน (Phon) เป็นค่าตัวเลขเท่ากับระดับความเข้ม ซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิเบล ของเสียง 1000 เฮิรท์ซ ซึ่งมีความดังเท่า ๆ กัน

ตารางที่ 5 ระดับเสียงโดยทั่วไป (Noise Level in Decibel) ¹

สิ่งแวดล้อม	ระดับเสียง (เดซิเบล)
ใกล้เครื่องบินเจตกำลังขึ้น	150
เครื่องบินเจตกำลังอยู่บนอากาศ	140
	130 ซีคเริ่มรู้สึกเจ็บปวด
เสียงแตรรถ (1 เมตร)	120 ซีคสูงสุดที่สามารถฟังได้
เสียงจากการก่อสร้าง (Construction noise)	110
เสียงตะโกน	100
เสียงรถไฟ	90 อันตรายต่อการได้ยิน
เสียงในสำนักงานที่มีเครื่องจักร	80 รู้สึกรำคาญ
เสียงการจราจร (15 เมตร)	70 โทรศัพทส์ลำบาก
เสียงในสำนักงาน	60
เสียงในสำนักงานส่วนตัว	50 เจ็บ
ห้องพัก ห้องนอน	40
เสียงนิวปากเบา ๆ (5 เมตร)	30 เจ็บมาก
เสียงวิทยุเบา ๆ	20
เสียงใบไม้กระทบกัน	10 ยากแก่การได้ยิน
	0 ซีคเริ่มของการได้ยิน

¹ Laurent Hodge, Environmental Pollution, p. 149.

เนื่องจากทุกคนเรารู้สึกต่อความถี่ต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน ที่ความถี่ต่ำ และสูง หู
รู้สึกได้ไม่ค่อยดีนัก เพื่อชดเชยสิ่งเหล่านี้ จึงใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยถ่วง เรียกว่า
วงจรไถ้ตัง (Weighting network) ใส่ไว้ในเครื่องวัดระดับเสียง ซึ่งทำให้ค่าที่อ่านได้
ตามเข็มชี้ ตรงกับระดับความดังที่ได้ยินมากที่สุด ในทางปฏิบัติมีวงจรซึ่งกำหนดให้ใช้ดังต่อไปนี้

- วงจรไถ้ตัง เอ (Weighting Network A) ใช้กับระดับความดังต่ำกว่า 55 เดซิเบล
วงจรไถ้ตัง บี (Weighting Network B) ใช้กับระดับความดังระหว่าง 55 และ 85 เดซิเบล
วงจรไถ้ตัง ซี (Weighting Network C) ใช้กับระดับความดังมากกว่า 85 เดซิเบล
วงจรไถ้ตัง ดี (Weighting Network D) ใช้กับเครื่องบินเจท

ในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้วงจรไถ้ตัง เอ เพราะสะดวก และเวลาเขียนต้องมีเอ
อยู่ในวงเล็บข้างหลังเดซิเบลด้วย เช่น 50 เดซิเบล (เอ)

การวัดเสียงรบกวน

ในการวัดระดับเสียง ถ้าวัดเพียงค่าเดียวย่อมไม่เพียงพอ เพราะเสียงเปลี่ยน
ค่าตลอดเวลาการสูญเสีย การได้ยินขึ้นอยู่กับระดับเสียง และช่วงเวลาที่ได้ยินเสียงด้วย
จึงคิดระดับเสียงในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ไว้แล้วเฉลี่ยลงมาเป็นค่าเดียว เรียกว่า L_{eg} (Mean
Energy Equivalent Continuous Level) ซึ่ง ประธาน อารีพล¹ กล่าวไว้ว่า
ค่า L_{eg} ในบริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัย L_{eg} ควรมีค่าระหว่าง 35-45
เดซิเบล (เอ)

นอกจากนี้ในการวัดเสียงยังมีการกำหนดระดับครรชนี และเกณฑ์ต่าง ๆ ไว้อีก
เช่น

ครรชนีเสียงการจราจร (Traffic Noise Index, TNI) ซึ่ง TNI ใน
อาคารเรียน มาตรฐานกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 74 เดซิเบล (เอ)

¹ ประธาน อารีพล, "ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง," หน้า 11.

ระดับมลภาวะของเสียง (Noise Pollution Level, L_{NP}) ค่า L_{NP} ในอาคารเรียน ซึ่งเบิร์นส์ (Burns)² กล่าวไว้ว่า มีมาตรฐานกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 72 เดซิเบล (เอ)

L_{10} , L_{50} , L_{90} ซึ่งหมายความว่าใน 10%, 50%, และ 90% ของเวลาที่วัดมีระดับเสียงสูงกว่าค่านี้ตามลำดับ

แหล่งกำเนิดมลภาวะของเสียง

1. ยานพาหนะทั้งทางบก ทางเรือ และทางอากาศ ซึ่งได้แก่ รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถไฟ เรือ และเครื่องบิน ฯลฯ
2. โรงงานอุตสาหกรรม ไร่แก๊ส เสียงจากเครื่องจักรต่าง ๆ ฯลฯ
3. บ้านเรือน ไร่แก๊ส เสียงจากวิทยุ โทรทัศน์ เสียงพูดคุย เสียงทะเลาะกัน ฯลฯ

แหล่งกำเนิดมลภาวะของเสียงที่สำคัญที่สุด ที่ทำให้เกิดความรำคาญ คือ เสียงจากยานพาหนะต่าง ๆ เช่น รถโดยสารประจำทาง รถบรรทุก รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ รวมทั้งเรือยนต์ต่าง ๆ ที่สำคัญคือเรือหางยาวซึ่งให้เสียงดังมาก กรุงเทพมหานครนับเป็นเมืองที่มีการจราจรคับคั่งมาก จากสถิติยานพาหนะพบว่า พ.ศ. 2521 ของแผนทะเบียนรถยนต์² ปรากฏว่าในกรุงเทพมหานครมีรถยนต์ จำนวน 502,316 คัน จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลภาวะของเสียงในกรุงเทพมหานคร สาเหตุอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดมลภาวะของเสียง เช่น ลักษณะของการก่อสร้างอาคาร การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดเสียง การวางแผนการใช้ที่ดิน เป็นต้น

¹ William Burns, Noise and Man, 2d ed. (London: William Clower & Sons, 1973), p. 152.

² กรมตำรวจ, กองทะเบียน, แผนทะเบียนรถยนต์, "สถิติยานพาหนะของกรุงเทพมหานคร" (กรุงเทพมหานคร: กองทะเบียน กรมตำรวจ, 2521). (อัดสำเนา)

อันตรายจากมลภาวะของเสียง

มลภาวะของเสียงก่อให้เกิดผลเสีย 5 ด้าน คือ

1. ผลเสียทางร่างกายและสรีรวิทยา (Physical & Physiological Effect)

เสียงดังมาก ๆ อาจทำให้เกิดความผิดปกติ หรือความพิการของร่างกายเกิดขึ้น เช่น ทำให้หูตึง หูหนวก ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ

(1) อาการบาดเจ็บรุนแรงอันเนื่องเสียงที่เกิดจากเสียงที่มีความเข้มมาก เช่น เสียงระเบิด ซึ่งเป็นสาเหตุให้หูหนวกทันทีเพราะเสียงที่มีระดับเสียงเกิน 120 เดซิเบล จะไปทำลายเยื่อแก้วหู

(2) หูอื้อชั่วคราว เกิดขึ้นเมื่ออยู่ในที่มีระดับเสียงตั้งแต่ 80 เดซิเบลขึ้นไป มีอาการหูอื้อบางเวลา เมื่ออยู่ในระดับเสียงดังกลาว

(3) หูอื้อถาวร เกิดขึ้นเมื่ออยู่ในบริเวณที่มีเสียงหนวกหู ที่มีความเข้มสูง เป็นเวลานาน ๆ ส่วนต่าง ๆ ของหูจะถูกทำลายจนกระทั่งไม่ได้ยินเสียง

นอกจากนี้ เสียงดังยังมีผลต่อสภาพร่างกาย และสรีรวิทยาอีก เช่น กONG อาชีวนามัย¹ กล่าวว่า เป็นโรคค่อมไทรอยด์เป็นพิษ (Thyroxinosis) โรคแผลในกระเพาะ (Peptic Ulcer) เพราะจะเกิดการรบกวนในกระเพาะอาหารมากขึ้น ซินไอสด หัทสนำเรอ² กล่าวว่า ทำให้ความดันโลหิตสูง เกิดความเหนื่อยอ่อน มีผลต่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ กระทรวงสาธารณสุข, กรมอนามัย, กONG อาชีวนามัย, "อันตรายอันเกิดจากเสียง" (กรุงเทพมหานคร: กONG อาชีวนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข), หน้า 2. (อัครสำเนา)

² ซินไอสด หัทสนำเรอ, "ภัยจากเสียงอีกทีในอุตสาหกรรม" (กรุงเทพมหานคร: กONG อาชีวนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข), หน้า 4.

ระบบประสาท ทำให้มีความกังวล (anxiety) และ ฮอดจ์ (Hodge) ¹ กล่าวว่า เสียงมีผลต่อทารกควย อาจทำให้เป็นโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และมีปัญหาทางอารมณ์

2. ผลเสียทางจิตใจและอารมณ์

เสียงดังทำให้เกิดความรำคาญ ทำให้รู้สึกหงุดหงิดไม่สบายใจ เกิดความเครียดทางประสาท เป็นโรคจิต โรคประสาทไ้กาย และเสียงดังยังรบกวนการหลับนอนพักผ่อนเมื่อร่างกายพักผ่อนไม่เต็มที่ ก็มีผลทำให้จิตใจและอารมณ์ไม่แจ่มใส และ ซินโอสทัทส์มาเรอ ² ได้กล่าวว่า เสียงที่ทำให้เกิดความรำคาญ จะมีหลักพิจารณา ดังนี้คือ

- (1) ความดัง (Loudness) เสียงดังมาก จะทำให้รำคาญมาก
- (2) ความสูงของขอกคลื่น (Pitch) ขอกคลื่น ยิ่งสูงจะทำให้เกิดความรำคาญมากขึ้น
- (3) เสียงดังแบบไม่มีระบบ ไม่มีจังหวะ (Intermittency and Irregularity) จะทำให้ความรำคาญมากกว่าเสียงที่สม่ำเสมอ (Continuous and Unchange)
- (4) ทิศทางที่มาของเสียง (Localization) เสียงที่ดังมาจากทิศทางเดียว สม่ำเสมอจะรำคาญน้อยกว่าเสียงที่มาจากหลายทิศทาง

3. ผลเสียของงานที่ทำได้ (Operational Effect)

เสียงดังทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ทำให้การทำงานช้าลง ผลก็คือคุณภาพและปริมาณผลผลิตลดลงด้วย และอาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ความผิดพลาดในการทำงานได้มากขึ้น โดยเฉพาะงานที่ต้องใช้ความตั้งใจมาก หรือเกี่ยวกับการคิดการใช้สมองก็ยิ่งต้องการความเงี่ยบมากขึ้น

¹ Laurent Hodge, Environmental Pollution, p. 152.

² ซินโอสทัทส์มาเรอ, "ภัยจากเสียงอีกทีในอุตสาหกรรม," หน้า 4.

เสียงที่มีความถี่สูง ไม่สม่ำเสมอจะเป็นผลเสียมากกว่าเสียงที่ดังสม่ำเสมอและติดต่อกัน เสียงที่เกิดขึ้นโดยทันทีทันใด จะทำให้เกิดอุบัติเหตุ อาจทำให้คนงานเกิดขวัญเสีย ทำงานไม่มีความสุข อาจเป็นโรคประสาทได้ จากผลการทดลองอ่านหนังสือในที่ที่มีเสียงดัง ปรากฏว่าถึงแม้ว่าจะบางคนจะอ่านได้เร็ว แต่จำข้อความหรือเข้าใจข้อความได้น้อยกว่าเมื่ออ่านในที่เงียบ

4. ผลเสียต่อการติดต่อสื่อสาร

เสียงดังอาจไม่ถึงกับทำลายการได้ยิน แต่อาจไปรบกวนทำให้เกิดความลำบากในการติดต่อสื่อสาร เช่น ฮอดจ์ (Hodge)¹ กล่าวว่า ระดับเสียง 80-85 เดซิเบล (เอ) จะทำความเข้าใจลำบาก ท้องตะโกน ถ้า 90 เดซิเบล (เอ) ขึ้นไป ไม่สามารถเข้าใจได้ เสียงดังอาจรบกวนความบันเทิงจากเสียงดนตรี มหรสพต่าง ๆ และยังทำให้ไม่ได้ยินเสียงเตือน หรือสัญญาณภัยต่าง ๆ ได้

5. ผลเสียทางด้านเศรษฐกิจ (Economic Effect)

เสียงที่ดังมากเกินไป ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของคนงาน ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง การติดต่อประสานงานล่าช้า ตลอดจนก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ผลผลิตต่ำลง

ผลเสียต่อนายจ้าง คือ กำไรน้อยลง และยังต้องเสียเงินค่าทดแทนในกรณีที่คนงานหยุดการ ใ้รับอุบัติเหตุ หรือต้องจ่ายเงินเพื่อควบคุมเสียง

ผลเสียต่อคนงาน คือ เป็นคนพิการ ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง รายได้น้อยลง

ผลเสียต่อประเทศชาติ คือ คนในชาติพิการ ผลผลิตของประเทศต่ำลง เกิดปัญหาทางสังคม

¹ Laurent Hodges, Environmental Pollution, p. 151.

การควบคุมเสียง (Noise control)

การควบคุมเสียง อาจกระทำได้โดยควบคุมที่ระบบการติดต่อของเสียง (Transfer System) ซึ่งประกอบด้วย 3 ทาง ดังที่ เวบบ์ (Webb)¹ กล่าวไว้ คือ

1. แหล่งกำเนิดของเสียง (Source)
2. เส้นทางการติดต่อ (Transmission path)
3. ผู้ฟัง (Receiver)

การควบคุมแหล่งกำเนิดเสียงอาจทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. ลดแรงกระแทก เช่น ลดน้ำหนัก ไขว้สกรูรอง
2. ลดอัตราเร็วของเครื่อง ความเร็วของการไหล
3. ลดความตายนาน เนื่องจากแรงเสียดทาน เช่น ทนน้ำมัน
4. ไขว้สกรูลดการสั่น

การควบคุมเสียงในเส้นทางของเสียง อาจทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. ไขว้สกรูลดเสียง
2. ไขว้สิ่งกีดขวาง และตัวเบนเสียง
3. ไขว้ที่ครอบ หรือเครื่องเบี่ยงเสียง

การป้องกันที่ผู้ฟัง อาจกระทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. มีเครื่องป้องกันหู เช่น จุกเสียบหู ที่ครอบหู ซึ่งควรใช้เป็นวิธีสุดท้าย
2. ลดจำนวนชั่วโมงทำงานที่ต้องอยู่ในที่มีเสียงดังให้น้อยลงเท่าที่จะทำได้

¹ J. D. Webb, (Editor), Noise Control in Industry, p. 141.

ด้านเสียงรบกวนจากการจราจรที่เช่นเดียวกัน ควรมีการควบคุมเสียง โดยการลดเสียงที่ตัวรถ แต่คงเป็นไคยากเพราะเราไม่ได้ผลิตเอง หรืออาจเพิ่มระยะทางระหว่างถนนและอาคาร ซึ่งก็เป็นเรื่องที่เป็นไปไคยากเช่นกัน

การป้องกันอันตรายที่เกิดจากเสียง

การป้องกันอันตรายที่เกิดจากเสียง ต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายฝ่าย เช่น

1. ผู้ประกอบการ ควรมีบทบาท คือ

1.1 สร้างโรงงานโดยคำนึงถึงโครงสร้าง และวัสดุที่ใช้สร้าง เพื่อลดความคังของเสียง

1.2 จัดเครื่องจักรในโรงงานมิให้แอ็ดอยู่ในอาคารเดียวกัน หรือห้องเดียวกัน

1.3 ให้อาชีพสุศึกษาแก่คนงาน ให้รู้ถึงผลอันเกิดจากเสียงคัง

1.4 จัดชั่วโมงการทำงานของคนงาน ซึ่งปฏิบัติงานที่มีเสียงคังให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงระดับเสียงที่เป็นอันตราย ปรุชาน อารีพล¹ กล่าวว่า องค์การมาตรฐานสากล (ISO: International Standard Organization) ได้กำหนดไว้ว่า สำหรับผู้มีอาชีพยอมให้รับฟังเสียงไคไม่เกิน 90 เดซิเบล (เอ)

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ ปรุชาน อารีพล. "ขีดเริ่มของการไคยินเปลี่ยนไป" จดหมายชาวสภาวะ
แวกลอม 43(ชันวาคม 2522) : 11.

ตารางที่ 6 แสดงระยะเวลาที่ทำงานที่ระดับเสียงต่าง ๆ ใน 1 วัน ¹

ระดับความดันเสียง (เดซิเบล เอ)	ระยะเวลาที่ทำงานได้มากที่สุดใน 1 วัน	
85	24	ชั่วโมง
87	16	ชั่วโมง
90	8	ชั่วโมง
93	4	ชั่วโมง
96	2	ชั่วโมง
99	1	ชั่วโมง
102	30	นาที
105	15	นาที
108	7 $\frac{1}{2}$	นาที
111	3 $\frac{3}{4}$	นาที

1.5 ควรจัดให้มีการตรวจสอบการได้ยินของหูแก่กรรมกรก่อนเข้าทำงาน และตรวจเป็นระยะ ๆ หลังจากเข้าทำงานแล้ว

2. คนงาน ต้องปฏิบัติตามคำแนะนำและกฎบังคับที่ทางโรงงานกำหนดเกี่ยวกับการลดอันตรายจากเสียงอย่างเคร่งครัด

3. ผู้ออกกฎหมาย ควรออกกฎหมายด้านการป้องกันมลภาวะของเสียง และใช้ อย่างมีประสิทธิภาพ

¹ J. D. Webb, Noise Control in Industry, p. 20.

4. ประชาชนทั่วไป ควรให้ความร่วมมือปฏิบัติตามกฎหมาย นำรถไปตรวจสภาพตามกำหนด หรือปลุกต้นไม้ตามบ้านเรือนหรือริมถนน ซึ่งช่วยลดเสียงลงได้บ้าง ซึ่ง บัณฑิตจุลาสัย¹ กล่าวว่า ถ้าปลุกติดกัน 100 เมตร จะช่วยลดเสียงลง 2-5 เดซิเบล และยังช่วยสะท้อนเสียงให้เปลี่ยนทิศทางอีกด้วย

แนวทางในการแก้ไขปัญหาลม

เนื่องจากมนุษย์เป็นต้นเหตุของปัญหาลม ดังนั้น การแก้ไขปัญหาลมจึงต้องแก้ที่ตัวมนุษย์ ดังต่อไปนี้

1. จำกัดการขยายตัวของประชากรให้เหมาะสม เพราะการที่ประชากรเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เป็นที่มาของปัญหาต่าง ๆ ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และในที่สุดก็นำไปสู่ปัญหาลมต่าง ๆ

2. จัดให้มีการกระจายตัวของประชากรสมคูลย์กับทรัพยากรในท้องถิ่น ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดความขาดแคลนขึ้นในท้องถิ่น ในขณะที่อีกท้องถิ่นหนึ่งมีความเป็นอยู่อย่างฟุ่มเฟือยจนทรัพยากรที่มีถูกหอกหักทำลายให้สูญเปล่าไปอย่างน่าเสียดาย

3. จัดเขตเฉพาะชั้น โดยแบ่งเป็นย่านการค้า ย่านการอุตสาหกรรม ย่านที่อยู่อาศัย เพื่อลดปัญหาเสียงรบกวน น้ำเสีย และอากาศเป็นพิษ เป็นต้น

4. ให้การศึกษาความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนปัญหาและอันตรายอันเกิดจากสิ่งแวดล้อมไม่ดีแก่ประชาชนทั่วไป เพื่อให้เกิด ความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็น และค่านิยมที่เหมาะสม ซึ่งทำให้เกิดการกำหนดแนวทาง และพฤติกรรมที่ถูกต้องเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

¹ บัณฑิต จุลาสัย, "ราคาต้นไม้," หน้า 21.

การให้ความรู้แก่ประชาชน เพื่อปลูกฝังค่านิยมและความเชื่อทางค่านิยมสิ่งแวดล้อม อาจทำได้โดยการศึกษา 3 ระดับ ดังที่ เบ็นจี้ เลอาหวิช¹ กล่าวไว้ คือ

ระดับแรก คือ ข้อเท็จจริงต่าง ๆ เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม

ระดับที่สอง คือ ความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ ซึ่งเกิดจากการนำข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องมาเชื่อมโยง หรือสัมพันธ์กัน

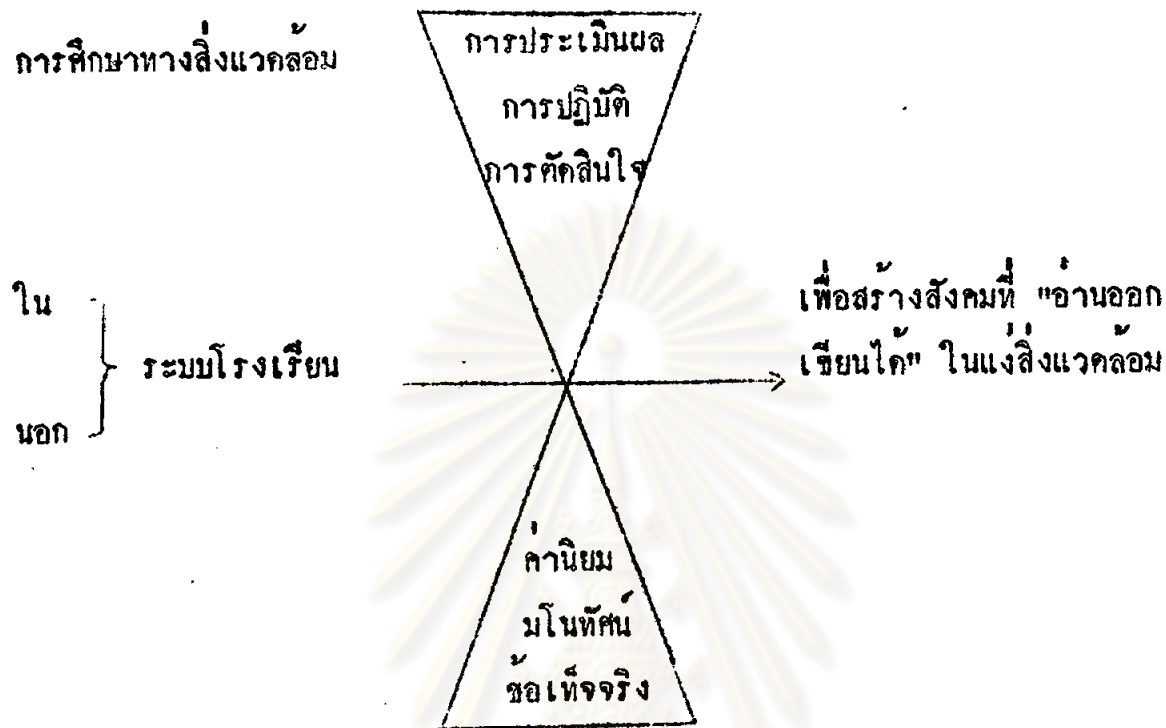
การให้การศึกษา ทั้ง 2 ระดับนี้ จะช่วยแก้ไขความเชื่อจากนิคมาเป็นถูกต้องตรงความต้องการได้

ระดับที่สาม เป็นระดับสูงสุด คือ การสร้างค่านิยมที่ต้องการ

การสร้างค่านิยมเป็นเรื่องที่กระทำไม่ได้ง่ายนัก เพราะค่านิยมจะเกิดขึ้นได้ก็โดยที่บุคคลมีประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ มานาน แต่เนื่องจากปัญหาทางค่านิยมสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวพันกับการตัดสินใจ และพฤติกรรม หรือการกระทำ (action) ของบุคคลมาก ดังนั้น การปลูกฝังค่านิยมทางค่านิยมสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นจะต้องเน้นหนักในการให้บุคคลมีประสบการณ์จริง ๆ คือ เน้นหนักทางด้านการตัดสินใจ และการปฏิบัติในแนวทางที่ช่วยอนุรักษ์สภาวะแวดล้อม และป้องกันปัญหาอย่างมีเหตุผล และเมื่อใดที่ตัดสินใจและปฏิบัติสิ่งใดลงไปแล้วควรมีการทดสอบ และประเมินผลกระทบท เพื่อนำผลการประเมินมาใช้ปรับปรุงการตัดสินใจ และการปฏิบัติในอนาคต

การให้การศึกษาตามแนวคิดกล่าวมานี้ เป็นวิธีสร้างสังคมซึ่งอ่านออกเขียนได้ในแง่สิ่งแวดล้อม (Environmentally Literate Society) ซึ่งอาจสรุปเป็นแผนภูมิตามรูปที่ 5

¹ เบ็นจี้ เลอาหวิช, "ความเชื่อและค่านิยมกับปัญหาสิ่งแวดล้อม,"



รูปที่ 5 การให้การศึกษาทางสิ่งแวดล้อม¹

การให้การศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมแก่บุคคลทุกระดับ มีระดับหลักเกณฑ์สำคัญดังนี้

1. ควรคำนึงถึงสภาวะแวดล้อมทั้งหมด ทั้งที่มีอยู่ในธรรมชาติและเกิดจากฝีมือมนุษย์ ทั้งในด้าน นิเวศวิทยา การเมือง เศรษฐกิจ เทคโนโลยี กฎหมาย และศิลปวัฒนธรรม โดยเน้นความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ
2. ควรเป็นกระบวนการศึกษาต่อเนื่องตลอดชีพ โดยรวมทั้งระบบในโรงเรียนและนอกโรงเรียน เพราะปัญหาสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นทั้งในปัจจุบัน และอนาคต

¹ เย็นใจ เลหาวิช, "ความเชื่อและค่านิยมกับปัญหาสิ่งแวดล้อม," หน้า 18.

3. ควรมีลักษณะเป็นสหวิทยาการ (Interdisciplinary) เพราะปัญหา
สิ่งแวดล้อมเกี่ยวข้องกับวิทยาการแทบทุกสาขา
4. ควรเน้นการปลูกฝัง ค่านิยม ความเชื่อ และเจตคติ ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดย
ให้มีการตัดสินใจ และปฏิบัติจริงให้มาก
5. ควรพิจารณาปัญหาและประเด็นต่าง ๆ ทางด้านสิ่งแวดล้อมให้กว้าง แต่ขณะ
เดียวกันต้องพิจารณาความเหมาะสมสำหรับท้องถิ่นด้วย
6. ควรพิจารณาปัญหา และผลกระทบของสิ่งแวดล้อม ทั้งในปัจจุบันและอนาคต
7. พิจารณาการพัฒนาทั้งมวลในแง่สิ่งแวดล้อม โดยเน้นหลักความสมดุลระหว่าง
ความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อม และทางด้านการพัฒนา
8. ควรเน้นคุณค่าและความจำเป็นในการร่วมมือกัน ป้องกัน และแก้ปัญหาสิ่ง-
แวดล้อมทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับโลก

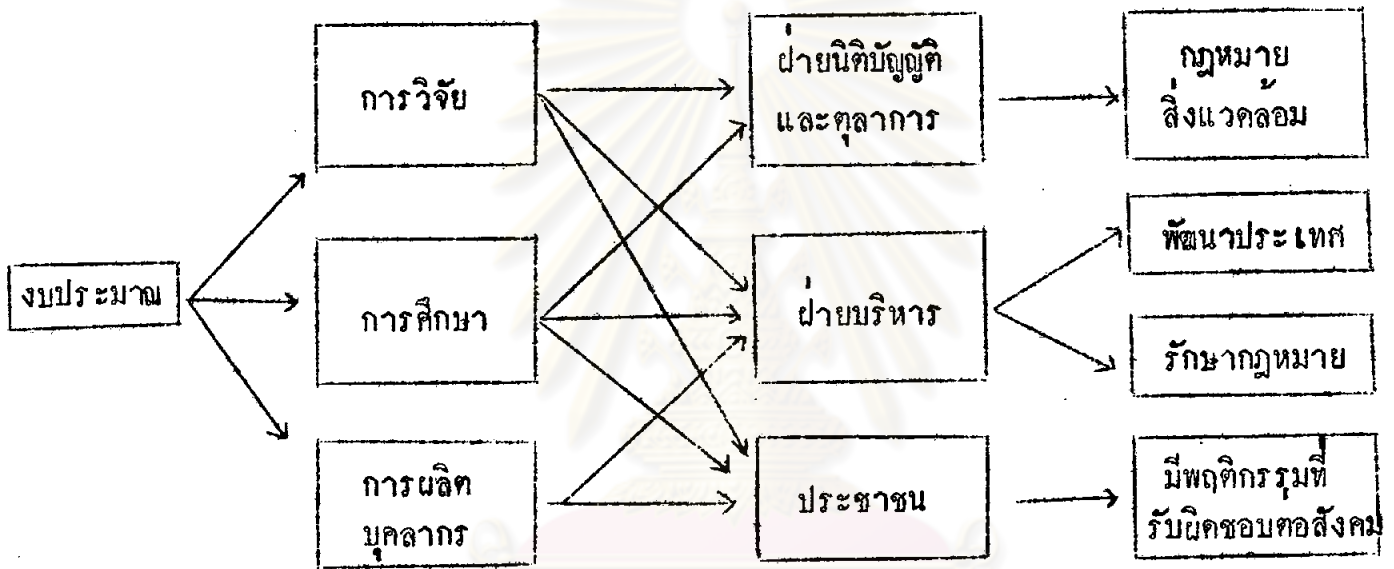
การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยการศึกษา นั้น แม้ว่าจะ เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง แต่เป็นการแก้เพียงส่วนเดียว จำเป็นต้องอาศัยมาตรการอื่น ๆ ช่วย ได้แก่ การวิจัย ซึ่งเป็นวิธีค้นคว้า หาข้อเท็จจริงตามหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ และการผลิตบุคคลากรทางด้าน สิ่งแวดล้อมออกไปสู่นวชนราชการ และหน่วยงานเอกชน เพื่อบริหารสิ่งแวดล้อมให้มี ประสิทธิภาพ การวิจัย การศึกษาและการผลิตบุคคลากรมีความเกี่ยวข้องกับการวิจัย คือ การบุกเบิกค้นหาข้อเท็จจริง เมื่อทราบแล้วก็ส่งต่อมาทางฝ่ายการศึกษา ซึ่งทำหน้าที่ผลิต บุคคลากร และให้การศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ฝ่ายนิติบัญญัติ ทำหน้าที่ออกกฎหมายที่เหมาะสม และฝ่ายตุลาการซึ่งทำหน้าที่ ให้ความยุติธรรมตามกฎหมายนั้น
2. ฝ่ายบริหาร ทำหน้าที่บริหารประเทศ อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาประเทศ และรักษากฎหมายอย่างเคร่งครัด



3. ประชาชน เป็นกลุ่มสำคัญเพราะเป็นตัวละครสำคัญในการก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม การแก้ปัญหาจำเป็นจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ เกิดความเชื่อ และค่านิยมที่เหมาะสม เพื่อให้ปฏิบัติทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยความรับผิดชอบตอสังคมส่วนรวม

อาจสรุปกระบวนการแก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาในผังแผนภูมิในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แนวทางการวางแผนเพื่อแก้และป้องกันปัญหา¹

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ เย็นใจ เลหาวิช, "ความเชื่อและค่านิยมกับปัญหาสิ่งแวดล้อม," หน้า 20.

แนวทางและมาตรการในการพัฒนาสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ¹ ได้กำหนดแนวทางและมาตรการไว้
ดังนี้คือ

การพัฒนาสิ่งแวดล้อม เป็นงานที่ต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างหน่วยราชการต่าง ๆ ทั้งในด้านการวางแผนนโยบาย และการปฏิบัติ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2518 มิได้ให้อำนาจหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งโดยเฉพาะ ในการปฏิบัติและความคุ้มครองของสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ แนวทางการพัฒนาสิ่งแวดล้อมเท่าที่กฎหมายต่าง ๆ จะอำนวยให้ในปัจจุบัน อาจทำได้โดยใช้มาตรการทั้งในระยะสั้นและระยะยาว คือ

มาตรการในระยะสั้น

1. การรักษาและดำเนินการตามกฎหมายที่มีอยู่แล้วอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันสาเหตุ หรือลดผลเสียหายของปัญหาสิ่งแวดล้อม กฎหมายดังกล่าว ได้แก่ พระราชบัญญัติควบคุมโรงงานอุตสาหกรรม พระราชบัญญัติจราจร พระราชบัญญัติการผังเมือง พระราชบัญญัติการประมง เทศบัญญัติควบคุมอาหาร ประกาศคณะปฏิวัติเรื่องรถยนต์ปล่อยควันดำ เป็นต้น
2. การสนับสนุนทางการเงินประมาณ แก่โครงการพัฒนาสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อแก้ไขปัญหาระงควน หรือเพื่อส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
3. การขอความร่วมมือจากประชาชนและองค์กรเอกชนต่าง ๆ ในความพยายามที่จะส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

¹ สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 พ.ศ.2520-2524, หน้า 189-190.

มาตรการในระยะยาว

1. การวางแผนและนโยบายการพัฒนาสิ่งแวดล้อมของประเทศ เพื่อเสนอเป็นแนวทางบริหารงานสิ่งแวดล้อมของรัฐบาล
2. การประสานนโยบาย และงานด้านสิ่งแวดล้อมของหน่วยราชการต่าง ๆ ให้มีความสอดคล้อง และเป็นประโยชน์ซึ่งกันและกันในด้านข้อมูลและวิชาการ และอยู่ในกรอบของนโยบาย และแผนสิ่งแวดล้อมของประเทศ
3. การควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยการกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ส่วนราชการและเอกชนถือปฏิบัติ และใช้เป็นบรรทัดฐานในการพิจารณาโครงการต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบผลประโยชน์ของโครงการ และหาทางปรับปรุงโครงการให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือระงับโครงการที่จะเป็นผลเสียหายร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ จะพิจารณาออกกฎหมายเฉพาะเรื่อง เพื่อควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมขึ้น เช่น กฎหมายคุณภาพน้ำ กฎหมายคุณภาพอากาศ กฎหมายเกี่ยวกับการประมง เป็นต้น เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของกฎหมายที่มีอยู่ในปัจจุบัน และให้การควบคุมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
4. หาข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบบริหารงานของหน่วยราชการต่าง ๆ เพื่อให้งานสิ่งแวดล้อมดำเนินไปโดยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
5. การประชาสัมพันธ์ เพื่อกระตุ้นให้ประชาชนเกิดความเข้าใจในปัญหาสิ่งแวดล้อม และผลร้ายที่เกิดขึ้นจากการทำลายสิ่งแวดล้อม โดยให้มีการฝึกอบรมทางด้านวิชาการสิ่งแวดล้อม ให้แก่หน่วยราชการต่าง ๆ เพื่อนำไปพิจารณาในการวางแผนและปฏิบัติงานในหน่วยงานของตนเอง และทำการรณรงค์ในกิจกรรมต่าง ๆ ในอันที่จะส่งเสริมสุขภาพสิ่งแวดล้อม
6. เร่งรัดให้มีการทำผังเมืองรวม และผังเมืองเฉพาะ ให้แล้วเสร็จทั่วประเทศ โดยคำนึงถึงการป้องกันมิให้เกิดผลร้ายแก่สิ่งแวดล้อม
7. การอนุญาตให้ตั้งโรงงาน ต้องมีการกำหนดเงื่อนไขในใบอนุญาตให้มีสิ่งป้องกันมิให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งแวดล้อม และให้แสดงแผนผังก่อนรับอนุญาต นอกจากนี้ รัฐบาลจะใช้มาตรการเคັดชาคปิดโรงงานที่ทำผิดเงื่อนไข

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในต่างประเทศ

✓ ในปี ค.ศ. 1973 จอห์นสตัน (Johnston) ¹ ได้ศึกษาความคิดเห็นและเจตคติของครูในโรงเรียนประถมศึกษา ที่สอนวิทยาศาสตร์ และครูที่สอนวิชาอื่นในรัฐมิสซิสซิปปี (Mississippi) ผลปรากฏว่า ครูที่สอนวิทยาศาสตร์ และครูที่สอนวิชาอื่นมีความเห็นเหมือนกันว่า ครูควรมีบทบาทในการควบคุมมลภาวะ (Pollution Control) เพราะครูเป็นผู้ให้ความรู้แก่นักเรียน ในโรงเรียนจึงควรสอนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม วิธีสอนที่เหมาะสมในการสอนสิ่งแวดล้อม คือ วิธีสอนแบบอภิปราย เรื่องสิ่งแวดล้อมที่ควรสอน คือ มลภาวะของน้ำ มลภาวะของอากาศ และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

ในปีเดียวกัน เพิร์กส์ (Perkes) ² ได้ศึกษาความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และเจตคติของนักเรียนเกรด 10 และ 12 จากโรงเรียนบริเวณทะเลสาบทั้ง 5 แห่ง และรัฐทางตะวันตก 6 รัฐ โดยใช้ให้นักเรียนเกรด 10 โรงเรียนละ 30 คน เกรด 12 โรงเรียน 30 คน จาก 199 โรงเรียน บริเวณทะเลสาบทั้ง 5 ในรัฐอิลลินอยส์ อินเดียนา

¹ James Baker Johnston, "A Taxonomic and Statistical Analysis of Opinions, Attitudes, Scope and Selected Content Areas of Environmental Education in Mississippi," Dissertation Abstracts International 34 (February 1974) : 4911-2 A.

² Albert Cordell Perkes, "A Survey of Environmental Knowledge and Attitude of Tenth and Twelfth Grade Students from five Great Lakes and Six Far Western States," Dissertation Abstracts International 34 (February 1974) : 4914-5 A.

มิชิแกน โอไฮโอ วิสคอนซิน และโรงเรียนในรัฐทางตะวันตก คือ แคลิฟอร์เนีย ฮาวาย เนวาดา โอเรกอน และวอชิงตัน ผลปรากฏว่า

1. คะแนนความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชาย สูงกว่านักเรียนหญิง แต่มีโน้ตค้นทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน
2. คะแนนจากมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนเกรด 12 สูงกว่านักเรียนเกรด 10 แต่คะแนนความรู้ไม่แตกต่างกัน
3. เจตคติเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของเพศชาย และหญิงแตกต่างกัน
4. เจตคติเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนเกรด 10 และเกรด 12 แตกต่างกัน

นอกจากนี้ จากการวิจัยยังทำให้ทราบปัญหามลภาวะของรัฐต่าง ๆ ด้วย เช่น แคลิฟอร์เนียประสบปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะของอากาศ ส่วนวิสคอนซินประสบปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะของน้ำ และฮาวายประสบปัญหาเกี่ยวกับการใช้ที่ดิน (Land use)

ใน ค.ศ. 1976 ริชมอนด์ (Richmond)¹ ได้ศึกษาความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และเจตคติของนักเรียน ชั้นปีที่ 5 ในประเทศอังกฤษ โดยใช้แบบทดสอบ 3 แบบ ซึ่งประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับ ความรู้และเจตคติ รวม 45 ข้อ นำไปทดสอบกับนักเรียนในโรงเรียนมัธยม 500 แห่งจากทุกภาค โดยทดสอบกับนักเรียนโรงเรียนละ 30 คน รวมทั้งหมด 11,000 คน จาก 383 โรงเรียน ผลปรากฏว่า

¹ James Malcolm Richmond, "A Survey of The Environmental Knowledge and Attitude of Fifth Year Students in England," Dissertation Abstracts International 37 (February 1977) : 5016 A.

1. นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม
2. นักเรียนชายมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมดีกว่านักเรียนหญิง แต่เจตคติไม่แตกต่างกัน
3. ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในมโนทัศน์ (Conceptual Knowledge) และเจตคติที่มีค่า $r = 0.48$
4. ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในมโนทัศน์และความรู้ (Factual knowledge) มีค่า $r = 0.44$
5. ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความรู้ (Factual knowledge) และเจตคติที่มีค่า $r = 0.38$

ใน ค.ศ. 1977 มาร์โควิทส์ (Markovits) ¹ ได้ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษา และประสบการณ์นอกโรงเรียนของนักเรียนเกรด 6 ในโรงเรียนชานเมืองของนครนิวยอร์ก โดยใช้แบบวัดเจตคติที่สร้างขึ้น และใช้แบบวัดเจตคติของดีลูเซีย-ปาร์กเกอร์ (Delucia-Parker) ด้วย โดยแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมเสริมหลักสูตร และมีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียน

กลุ่มที่ 2 ให้นักเรียนมีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียน

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม

เมื่อใช้แบบวัดเจตคติทดสอบก่อน และหลังจากการทดลอง ปรากฏว่า

¹ Paul Stephan Markovits, "Environmental Education and The Resident Out Door Education Experience," Dissertation Abstracts International 38 (February 1978) : 4712-A.

1. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม
2. คะแนนจากแบบวัดเจตคติของทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน
3. เจตคติเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชาย และนักเรียนหญิงแตกต่างกันที่

ระดับ $P < 0.001$

อลัน (Alan) ¹ ได้ศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษา ระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาในชนบทและในเมือง โดยใช้นักเรียนจากโรงเรียนมัธยมในชนบทและในเมือง จาก 9 โรงเรียน ในรัฐแคนซัส รวม 45 ห้อง จำนวนนักเรียน 1,078 คน โดยเลือกทดลองในชั้นที่มีการเรียนการสอนวิชาประวัติศาสตร์ วรรณคดี หรือภาษาอังกฤษ เพื่อหลีกเลี่ยงวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบ และมีการฉายสไลด์ (Slide) ประกอบ โดยใช้เวลา 6 วินาทีต่อ 1 สไลด์ ผลปรากฏว่า นักเรียนมัธยมในชนบทมีการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่านักเรียนในเมือง ทั้งนี้โดยไม่คำนึงถึงปัญหามิติศาสตร์ และพื้นฐานการศึกษา

ใน ค.ศ.1977 แอนดรู (Andrews) ² ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และ พฤติกรรมพิสัย (Behavioral Domain) ที่เกี่ยวกับโปรแกรมสิ่งแวดล้อมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน

¹ Leonard Alan, "Rural and Urban Secondary Student Perceptions of Environmental Issue: Relevance to Environmental Education Curriculum Development," Dissertation Abstracts International 38(March 1978) : 5377-8 A.

² David Michael Andrews, "The Interrelationship among the Cognitive, Affective and Behavioral Domain in al Out-door Environmental Education Program," Dissertation Abstracts International 39(December 1978) : 3493-A.

เกรด 6 จำนวน 58 คน เป็นนักเรียนชาย 25 คน นักเรียนหญิง 33 คน โดยใช้เครื่องมือวัดเจตคติ และวัดความรู้ที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ผลปรากฏว่า

1. กิจกรรมเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษา มีความสัมพันธ์กับเจตคติที่มีต่อกิจกรรมเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเหล่านั้น
2. ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม มีความสัมพันธ์กับเจตคติที่มีต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเหล่านั้น

ใน ค.ศ. 1978 โวทาว (Votaw)¹ ได้ศึกษาเปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้สอนเกี่ยวกับมโนทัศน์ของสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนประถมศึกษา โดยศึกษา SCIS (Science Curriculum Improvement Study), SAPA (Science: A Process Approach) และ ESS (Elementary Science Study) พบว่า SCIS มีมโนทัศน์ที่ตรงกับของรอธ (Roth's 111 environmental management concepts) อยู่ 33 มโนทัศน์ SAPA ตรง 75 มโนทัศน์ และ ESS ตรง 35 มโนทัศน์ เมื่อสำรวจรวมมโนทัศน์ที่สำคัญ 10 มโนทัศน์ในเครื่องมือทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีอยู่ 4 มโนทัศน์ที่พบอยู่ในเครื่องมือ 2 ใน 3 เดิม คือ

1. สิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม
 2. มนุษย์มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง แทนที่ของพืชและสัตว์ (Plant and animal succession) และขบวนการของสิ่งแวดล้อม
 3. ในสิ่งแวดล้อมใด ๆ เช่น อากาศ น้ำ อาหาร ก็เป็นสิ่งจำเป็นของสิ่งมีชีวิต
 4. น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกระดับ
- มโนทัศน์ที่ 1 และ 2 จะพบในทั้ง 3 เครื่องมือ และพบในมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของรอธ (Roth's 111 environmental management concepts) ด้วย

¹ Thom Austin Votaw, "A Comparative Review of Selected Elementary School Science Kits for Environmentally Related Concepts," Dissertation Abstracts International 39(May 1979) : 6517-A.

ใน ค.ศ. 1978 อีเบลลิง (Ebeling)¹ ได้ศึกษาผลของการสอน 3 แบบ ที่มีต่อการพัฒนาเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนในรัฐนิวเจอร์ซีย์ โดยแบ่งนักเรียนเกรด 10 เป็น 4 กลุ่ม

- กลุ่มที่ 1 สอนโดยบรรยาย-อภิปราย
- กลุ่มที่ 2 สอนโดยบรรยาย-อภิปราย-ให้เข้าร่วมโครงการด้านสิ่งแวดล้อม
- กลุ่มที่ 3 สอนโดยบรรยาย-อภิปราย-มีแบบฝึกหัดให้แสดงบทบาทสมมติ
- กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มควบคุม

ใช้เวลาทุกกลุ่ม 7 สัปดาห์ แล้ววัดความรู้และเจตคติด้วยเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลปรากฏว่า

1. คะแนนเจตคติของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม
2. คะแนนความรู้ของทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างจากกลุ่มควบคุม
3. คะแนนของเจตคติ และความรู้มีความสัมพันธ์กันในทางบวก
4. กลุ่มที่ได้เข้าร่วมโครงการ มีการเปลี่ยนแปลงเจตคติมากกว่ากลุ่มที่ 1 และ 3

ใน ค.ศ. 1978 ฮิวส์ (Hughes)¹ ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการสอนสิ่งแวดล้อม 2 วิธี คือ

¹ Thomas Harry Ebeling, "The Effects of Three Teaching Strategies on the Developmental Attitudes of Selected New Jersey High School Students," Dissertation Abstracts International 39(May 1979) : 6671 A.

² Stuart William Hughes, "A Comparison of the Relative Effectiveness of A Student-Directed Versus A Teacher-Directed Program of Higher School Environmental Science in Changing Student Attitudes Toward the Environment," Dissertation Abstracts International 39 (May 1979) : 6674 A.

วิธีที่ 1 มีครูเป็นผู้แนะนำโดยบอกจุดประสงค์ วิธีการ ทำร่า และครูเป็นผู้ประเมิน

ผล

วิธีที่ 2 นักเรียนเป็นผู้เลือกจุดประสงค์เอง โดยพิจารณาจากหลักสูตรชีววิทยา
ของ BSCS (Biological Sciences Curriculum Study) และเป็นผู้ประเมินผล
เอง

เครื่องมือวัดเจตคติไค्यानการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านสิ่งแวดล้อม 10
ท่าน และใช้เครื่องมือวัดความรู้ ของ ขอรจ (George R. Fleetwood) ทดสอบกับ
นักเรียน 55 คน ที่ลงเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
ในฟิลาเดลเฟีย ผลปรากฏว่า ทั้ง 2 กลุ่มมีความรู้และเจตคติที่แตกต่างกัน ที่ระดับ 0.02
(2 - tailed Test) ซึ่งกลุ่มที่มีครูเป็นผู้แนะนำจะมีความรู้ และเจตคติที่ดีกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยในประเทศไทย

งานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม

ตั้งแต่ พ.ศ. 2512-2522 พูนพิศ อมาตยกุล¹ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอันตรายจากเสียงในกรรมกรโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลายแห่ง ประมาณ 1,500 คน สรุปผลคือ

1. อัตราความพิการของหูขึ้นกับสภาพการต่าง ๆ
 - 1.1 พบกรรมกรที่หูพิการมากในโรงงานอุตสาหกรรมหนัก ที่มีเสียงดังมาก
 - 1.2 จำนวนเวลาที่กรรมกรปฏิบัติงาน มีผลแปรตรงกันกับอัตราความพิการของหู
 - 1.3 อายุของกรรมกรมีผลแปรตรงกันกับอัตราความพิการของหู
 - 1.4 มีกรรมกรจำนวนไม่น้อย ที่ป่วยด้วยโรคหูอักเสบเรื้อรัง ใต้อาการหูหนวก หูอักเสบจากเชื้อรา และโรคประสาทหูพิการ ซึ่งมีได้เกี่ยวข้องกับเสียงรบกวน
2. แนวโน้มซึ่งแสดงว่าอันตรายจากเสียงจะเกิดขึ้น
 - 2.1 ตรวจพบว่าหลังจากปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีเสียงดังมาก เป็นเวลานานเกินกว่า 5 ปีขึ้นไป มีลักษณะความพิการของหูเกิดขึ้น ซึ่งตรวจพบได้โดยวิธีการวัดการได้ยิน โดยที่กรรมกรเหล่านั้นยังไม่รู้สึกตัว เพราะยังไม่เกิดปัญหาในการรับฟังเสียง
 - 2.2 ในกรรมกรซึ่งปฏิบัติหน้าที่เกินกว่า 10 ปีขึ้นไป มีแนวโน้มที่จะเกิดเสียงรบกวนในหู แต่ส่วนมากมักจะเกิดความเคยชิน และไม่รู้สึกเคืองครั่นตั้งแต่อาการนี้เป็นอาการเตือนสำหรับโรคประสาทหูพิการจากเสียง

¹ พูนพิศ อมาตยกุล, "การศึกษาความพิการจากเสียง" ใน การสัมมนาเรื่องเสียงดังเกินไปเป็นภัยต่อทุกชีวิตของคิดแก้ไข (กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521), หน้า 1-2.

ใน พ.ศ. 2516-2517 จำนวน วิสุทธิ์สุนทร และ ปภาวดี คล่องพิทยาพงษ์¹ ได้ศึกษาผลของอากาศเสียต่อการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลคอเลสเตอรอลในเลือด โดยสุ่มตัวอย่างประชากรจาก 6 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร อุดรขอนแก่น เชียงใหม่ ลำพูน ภูเก็ต ผลปรากฏว่า ปริมาณโมเลกุลคอเลสเตอรอลในเลือดในหนุ่มสาวจะมีค่าน้อยกว่าคนสูงอายุ และพบว่า โมเลกุลคอเลสเตอรอลเมื่อถูกกับอากาศเสีย จะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยจะถูกออกซิไดซ์ ได้ 7 - คีโตโมเลกุลคอเลสเตอรอล (7 - ketocholesterol) และ 7 - ไฮดรอกซีโมเลกุลคอเลสเตอรอล (7 - hydroxycholesterol) ซึ่งจะเป็นผลให้โมเลกุลคอเลสเตอรอลในเลือดเพิ่มมากขึ้น อันอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันในเส้นเลือดขึ้นได้

ใน พ.ศ. 2515 เพสคอค และ อิวโน (M. B. Pescod and Ely Anthony Rosales Ouano)² ได้วิจัยเกี่ยวกับมลภาวะของอากาศในกรุงเทพมหานคร โดยวิจัยบริเวณถนนเยาวราช และถนนพระราม 4 ผลการวิจัยพบว่า มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณมากที่สุดบริเวณถนนเยาวราช ในเวลากลางวันเพราะถนนแคบ และมีรถเป็นจำนวนมาก และลมพัดควยความเร็วต่ำ ในขณะที่ถนนพระราม 4 อยู่ในสภาพเดียวกัน แต่กลับมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำ เพราะถนนกว้าง ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์บริเวณถนนเยาวราช ประมาณ 33 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีผลต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น เช่น เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ โรคตาอักเสบ และโรคประสาท

¹ จำนวน วิสุทธิ์สุนทร และ ปภาวดี คล่องพิทยาพงษ์, "รายงานการวิจัยเรื่องผลของอากาศเสียต่อการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลคอเลสเตอรอลในเลือด (กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยแห่งชาติ, 2516-2517), หน้า 1-7.

² M. B. Pescod and Ely Anthony Rosales Ouano. "Report of Bangkok Air Pollution" (Bangkok: Asian Institute of Technology, 1973), p. i.

ใน พ.ศ.2518-2519 ไมตรี อังภากรณ์ และคณะ¹ ได้วิจัยเรื่องการปรับปรุงสภาวะของอากาศในกรุงเทพมหานครด้วยการควบคุมการจราจร การวิจัยนี้มีข้อเสนอให้ลดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล โดยได้วิจัยถนน 2 สาย คือ เพลินจิตต์-สุขุมวิท และพญาไท-สามย่าน เนื่องจาก 85% ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร เป็นผู้ที่ใช้บริการรถเมล์ จากตัวเลขที่ได้จากการวิจัย เมื่อมีมาตรการลดปริมาณการจราจรแล้วระบบรถเมล์อาจสามารถรับผู้โดยสารที่เลิกใช้รถยนต์ส่วนบุคคลได้ โดยบริษัทรถเมล์แทบจะไม่ต้องซื้อรถมาเพิ่มอีก แต่ทำให้บริษัทรถเมล์จัดหารถออกมาวิ่งเพิ่มขึ้น จนเห็นว่างรถเมล์ว่างแล้วชักจูงให้ผู้ขับรถยนต์ส่วนบุคคลมาใช้รถเมล์แทน ก็ต้องซื้อรถเมล์เพิ่มเป็นจำนวนมาก

ใน พ.ศ.2519 เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และคณะ² ได้ศึกษาการแพร่กระจายของทองแดง สังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว ปรอท ดีดีที (Dichloro Diphenyl Trichloroethane) และ พีซีบี (Poly-Chlorinated Biphenyl) ในน้ำ ดินตะกอน และตัวอย่างสิ่งมีชีวิต ซึ่งเก็บมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง รวมทั้งมีการวัดระดับความเน่าเสียของแม่น้ำ โดยใช้คุณภาพทางเคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยาบางประการเป็นเครื่องชี้ ในงานนี้ได้มีการตั้งสถานีเก็บตัวอย่างขึ้น 9 แห่ง ในบริเวณตั้งแต่ในทะเลซึ่งห่างจากปากแม่น้ำ 16 กิโลเมตร ขึ้นมาจนถึงกิโลเมตรที่ 64 ของแม่น้ำซึ่งอยู่เหนือเขตกรุงเทพมหานครประมาณ 10 กิโลเมตร

¹ ไมตรี อังภากรณ์ และคณะ, รายงานการวิจัยเรื่องการปรับปรุงสภาวะของอากาศในกรุงเทพมหานครด้วยการควบคุมการจราจร (กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520).

² Piamsak Menasveta, Chaleerat Phayomyem and Pichan Sawangwon, "Distribution of Heavy Metals DDT, PCB and Certain Pollution Parameters in The Chao Phraya River Estuary" (Bangkok: The Institute of Environmental Research, Chulalongkorn University, 1979).

โดยทั่วไปแล้วสถานีซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณกรุงเทพมหานคร แหล่งอุตสาหกรรมซึ่งอยู่ติดลงมา และบริเวณปากแม่น้ำมีความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 5 ชนิดในดิน และในน้ำสูงกว่าสถานี ซึ่งตั้งอยู่นอกบริเวณดังกล่าวอย่างเห็นได้ชัด ความเข้มข้นของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ซึ่งละลายในน้ำมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลก สำหรับความเข้มข้นของทองแดง และสังกะสี ซึ่งละลายอยู่ในน้ำยังคงมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลก ความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอน โดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลก สำหรับโลหะหนักตัวอื่น ๆ ในดินตะกอนมีค่าเท่าหรือใกล้เคียงกับความเข้มข้นของโลก โค้ทตรวจพบคิซีที และพีซีบีในทุกตัวอย่างของดินตะกอน ความเข้มข้นของคิซีที และพีซีบีในน้ำบางตัวอย่างอยู่ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐาน

ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตมากกว่า 100 ตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ ปลา และสัตว์น้ำอื่น ๆ 31 ชนิด และนกกินปลา 1 ชนิด ได้ถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด คิซีที และ พีซีบี และพบว่าตะกั่วเท่านั้นที่มีแนวโน้มว่ามีการสะสมสูงขึ้นในระยะ 4-5 ปีที่ผ่านมา และได้พบการเพิ่มขยายทางชีวภาพของปรอท คิซีที และพีซีบี ในชั้นของอาหารในบริเวณนี้ อย่างไรก็ตาม ระดับของสารมีพิษเหล่านี้ยังอยู่ในขั้นที่ปลอดภัยต่อการนำไปบริโภค

น้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติในบางบริเวณ เช่น ที่หน้าโรงจักรพระนครใต้ การแปรผันของปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำยังคงเหมือนกับเมื่อ 10 ปีที่แล้ว ค่าสูงสุดประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สารประกอบไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีค่าสูงมากในส่วนของแม่น้ำที่อยู่ในบริเวณกรุงเทพมหานคร และในกรุงเทพมหานคร มีการแปรผันของปริมาณซิลิเกตอย่างมากตามฤดูกาล สำหรับโคลีฟอร์ม แบคทีเรียในส่วนของแม่น้ำที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่วางไว้โดยองค์การอนามัยโลก

ใน พ.ศ. 2520 สมใจ ไชยราช¹ ได้วิเคราะห์คุณภาพของน้ำคลองในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีทางเคมี และชีวภาพควบคู่กัน วิธีการทางเคมีนั้นกระทำ

¹ Somchai Chaiyarach, "Water Pollution Survey in Bangkok Metropolitan Area" (Bangkok: The Institute of Environmental Research, Chulalongkorn University, 1978).

โดยวิเคราะห์หาลักษณะต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวแสดงความน่าเสียของน้ำ ส่วนทางชีวภาพได้ใช้วิธีอัลกัล แอสเสย์ โดยทดลองเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว 2 ชนิด คือ คลามีโคโมแนส (*Chlamydomonas reinhardii*) และเซเลนแอสตรัม (*Selenastrum capricornutum*) ในน้ำคลอง แล้วศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย อันเนื่องมาจากปริมาณอาหาร ธาตุ และสารอื่น ๆ ซึ่งอาจมีปะปนอยู่ในน้ำ และเป็นอันตรายต่อการเจริญของสาหร่าย จากการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี ให้ผลสอดคล้องกัน และแสดงว่าน้ำคลองมีความสมบูรณ์ด้วยปริมาณอาหาร ธาตุฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ในระดับต่าง ๆ ซึ่งสูงกว่าระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำอื่น ๆ ที่นำมาเปรียบเทียบ แต่ไม่ได้แสดงลักษณะเป็นพิษต่อการเจริญของสาหร่ายทดลองแก่ประการใด ยกเว้นน้ำจากคลองสามเสน ซึ่งน่าจะสงสัยว่าจะมีสารบางอย่างซึ่งมีผลต่อการเจริญของเซเลนแอสตรัม (*Selenastrum*)

งานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมกับการศึกษา

พ.ศ.2517 รัชนี้ ศานคิยานนท์¹ ได้ศึกษาความสามารถในการเรียนรู้โนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Science Concept) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยสุ่มตัวอย่างประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1ข, 2ข และ 3จ ปีการศึกษา 2517 จากโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 91 คน ผู้วิจัยได้ทำการทดลองสอนโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ตามบทเรียนที่สร้างขึ้น 5 บทเรียนทั้ง 3 กลุ่มเป็นเวลา 15 ชั่วโมง และทำการทดสอบเพื่อวัดความเข้าใจ การนำไปใช้และความจำในโนทัศน์ต่าง ๆ ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 โดยเฉลี่ย สามารถ

¹ รัชนี้ ศานคิยานนท์, "มโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น" (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518), หน้า 40-41.

เรียนรู้นวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบความโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ส่วนมากที่ได้เลือกมาทำการทดลองครั้งนี้ นักเรียนทั้ง 3 ระดับ สามารถเรียนรู้ได้ และสามารถนำไปบรรจุลงในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นได้

ใน พ.ศ.2518 ชีระชัย ปุณฺณโชติ และ วรัญญา จีระวิบูลวรรณ² ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลภาวะของเสียงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสำรวจความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียนที่อยู่ในห้องเรียน ที่มีเสียงรบกวนจากเครื่องกำเนิดเสียง โดยทดลองกับนักเรียนโรงเรียนสตรีมหาพฤฒาราม ซึ่งกลุ่มหนึ่งเรียนอยู่ในห้องที่มีเสียงรบกวนจากเครื่องกำเนิดเสียง และอีกกลุ่มหนึ่งเรียนอยู่ในห้องที่มีเสียงตามปกติ โดยใช้ครูคนเดียวกัน สอนบทเรียนเดียวกัน โดยที่นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มนี้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยปรากฏดังนี้คือ

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนในห้องเรียน ที่มีเสียงรบกวนจากเครื่องกำเนิดเสียงไม่แตกต่างกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนในห้องเรียนปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียนอยู่ในห้องที่มีเสียงรบกวนจากเครื่องกำเนิดเสียง มีอาการปวดศีรษะ ปวดหู หูอื้อ อยากจะอาเจียน เมื่อเรียน และหงุดหงิด
3. นักเรียนสองกลุ่ม ซึ่งอยู่ในระดับชั้นเดียวกันในโรงเรียนเดียวกัน แต่เรียนอยู่ในอาคารที่มีระดับเสียงหนวกหูแตกต่างกัน และเคยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตลอดปีการศึกษา 2519 ปรากฏว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

¹ ชีระชัย ปุณฺณโชติ และ วรัญญา จีระวิบูลวรรณ, รายงานการวิจัยเรื่องมลภาวะของเสียงกับการเรียนการสอน (กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521), หน้า ๖.

✓ ใน พ.ศ.2519 บุญนำ ทานสัมฤทธิ์¹ ได้ศึกษาความรู้และความคิดเห็นของครูโรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมสกปรก ตัวอย่างประชากรเป็นครูในโรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร 8 โรงเรียน จำนวน 400 คน โดยเป็นครูวิทยาศาสตร์ 100 คน และครูสาขาอื่น ๆ 300 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ครูวิทยาศาสตร์จำนวนร้อยละ 87 และครูสาขาอื่น จำนวนร้อยละ 61.33 โต้คะแนนจากแบบสอบถามความรู้สูงกว่า 50% ของคะแนนเต็ม เมื่อคิดรวมทั้งครูวิทยาศาสตร์ และครูสาขาอื่น จำนวนร้อยละ 67.75 โต้คะแนนจากแบบสอบถามความรู้สูงกว่า 50% ของคะแนนเต็ม ความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของครูวิทยาศาสตร์ และของครูสาขาอื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของครูวิทยาศาสตร์ และของครูสาขาอื่นไม่แตกต่างกัน

ใน พ.ศ.2521 อรพินท์ เอี่ยมศิริ² ได้ศึกษาแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษา ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ของประเทศไทย การศึกษานี้ใช้ระดับมัธยมศึกษาเป็นขอบเขตในการศึกษา ซึ่งผลจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เนื้อหาวิชาสิ่งแวดล้อมที่มีสอดแทรกอยู่ในหลักสูตร ระดับมัศึกษานั้น ยังไม่เพียงพอต่อการที่จะสอนให้บรรดาเป้าหมายของสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากส่วนใหญ่ปรากฏอยู่เป็นวิชาเลือก และในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งนักเรียนบางคนเท่านั้นที่ได้เรียน ทั้งนี้เพื่อให้ทุกคนได้มีโอกาสรับความรู้อันเป็นพื้นฐาน ที่จำเป็นอย่างเพียงพอออกไปประกอบอาชีพการงาน

¹ บุญนำ ทานสัมฤทธิ์, "ความรู้และความคิดเห็นของครูโรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานครเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมสกปรก," หน้า 80.

² อรพินท์ เอี่ยมศิริ, "แนวทางการพัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาระดับมัธยมศึกษาของประเทศไทย" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2521).

นอกจากนี้ การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ยังเน้นให้เห็นว่า ในการจัดตั้งแวดลอมศึกษานั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการผสมผสานความรู้ประเภทต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (Interdisciplinary) เพื่อให้เด็กได้เรียนรู้เรื่องสิ่งแวดลอม และสามารถที่จะมองเห็นภาพรวม (Holistic View) ของระบบสิ่งแวดลอมให้ได้ แต่จากผลการทดสอบความรู้และเจตคติของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เทาที่ผานมา ปรากฏว่านักเรียนยังไม่มีความรู้เรื่องสิ่งแวดลอม และปัญหาที่เกิดขึ้น ยังไม่สามารถมองเห็นระบบความสัมพันธ์ของสิ่งแวดลอม ตลอดจนยังมีค่านิยมที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดลอมในอนาคตอีกด้วย จึงจำเป็นต้องจัดการศึกษาให้เด็ก แต่เมื่อได้ศึกษาถึงข้อจำกัดของเรื่องสิ่งแวดลอม ซึ่งเน้นที่ความสัมพันธ์เป็นสำคัญแล้ว ทำให้มองเห็นว่าครูทุกคนต้องมีความรู้ทั้งเรื่องของสิ่งแวดลอม และสิ่งแวดลอมศึกษา จึงจะสอนเรื่องสิ่งแวดลอมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดความสัมพันธ์กันโดยตลอด แต่จากสถานการณ์ของประเทศไทยในปัจจุบันที่ยังขาดครูที่มีความรู้ดังกล่าวและบุคลากรที่จะให้การอบรมครูก็ยังมีอยู่น้อยมาก ทำให้การเริ่มต้นพัฒนาสิ่งแวดลอมศึกษา ด้วยการสอนแทรกกลงในทุกวิชาพร้อมกันนั้น นับเป็นการเสี่ยงต่อความล้มเหลวของสิ่งแวดลอมศึกษา เพราะไม่สามารถจะอบรมครูทั้งหมด ให้มีความรู้ได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้น การผสมผสานสิ่งแวดลอมศึกษาดูการสอดแทรกกลงในทุกวิชาที่มีอยู่เดิมนั้น จึงไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ของประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งยังขาดทั้งบุคลากรและโปรแกรมสิ่งแวดลอมศึกษา ที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ดังนั้น ข้อเสนอแนะอันเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดลอมศึกษา ระดับมัธยมศึกษา คือ

1. สมควรเพิ่มเติมเนื้อหาอันเป็นพื้นฐาน ที่จำเป็นต่อการทำความเข้าใจเรื่องสิ่งแวดลอมบางส่วนในวิชาบังคับ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. จัดให้มีวิชาสิ่งแวดลอมขึ้นโดยใช้วิธีผสมผสานวิชาการประเภทต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (Interdisciplinary Course)
3. จัดการฝึกอบรมให้กับครู ที่จะสอนในวิชาสิ่งแวดลอมโดยตรงก่อน
4. การจัดสิ่งแวดลอมศึกษา สำหรับประเทศไทยนั้นมุ่งทั้งการสอดแทรกกลงในทุกวิชาที่มีอยู่เดิม และจัดเป็นวิชาสิ่งแวดลอมพร้อมกัน

5. สถาบันฝึกหัดครูจะต้องผลิตครู ที่มีความรู้เพื่อสอนเรื่องสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ

6. จัดตั้งหน่วยประสานงานด้านสิ่งแวดล้อมศึกษา ของกระทรวงศึกษาธิการขึ้น

7. สมควรให้มีการกระจายอำนาจในการศึกษามากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ เพื่อความคล่องตัวต่อการที่จะสนองความต้องการ ของชุมชน อันเป็นหนทางไปสู่ความสำเร็จของสิ่งแวดล้อมศึกษา

สรุปงานวิจัยในต่างประเทศและของไทยที่กล่าวมาแล้วได้ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชายคึกคักว่านักเรียนหญิง
2. คะแนนจากมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ระดับชั้นสูงกว่า จะคึกคักว่านักเรียนที่ระดับชั้นต่ำกว่า
3. เจตคติเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชาย และนักเรียนหญิง งานวิจัยส่วนใหญ่บอกว่าไม่แตกต่างกัน งานวิจัยส่วนน้อยบอกว่าแตกต่างกัน
4. ความรู้ในมโนทัศน์และเจตคติที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กัน
5. นักเรียนในชนบทมีการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมคึกคักว่านักเรียนในเมือง
6. มโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ควรสอน คือ
 - 6.1 สิ่งมีชีวิต มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม
 - 6.2 มนุษย์มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของพืชและสัตว์
7. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถเรียนรู้มโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ไม่แตกต่างกัน
8. เสี่ยงรบกวน ไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ✓ 9. ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมคึกคักว่าครูที่สอนวิชาอื่น แต่เจตคติไม่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาความรู้ ความคิดเห็น และเจตคติที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และมึงานวิจัยบางการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ของสิ่งแวดล้อม ส่วนในประเทศไทยยังไม่มีผู้ใดวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ของสิ่งแวดล้อมมีแต่การศึกษามโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับตัวอย่างประชากรที่เรียนตามหลักสูตร พ.ศ.2503 แต่ในปัจจุบัน ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใช้หลักสูตร พ.ศ.2518 ซึ่งมีวิชาที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม วิชา นั้น ก็คือ ชีววิทยา แต่ตามหลักสูตร ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ.2518 ให้เลือกหรือไม่เลือกเรียนชีววิทยาก็ได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจว่านักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ ที่เรียนกับไม่เรียนชีววิทยา จะมีมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่างกันหรือไม่ และปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญของกรุงเทพมหานครก็คือ ปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะของอากาศ น้ำ และเสียง

ผู้วิจัยจึงศึกษาว่า นักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ที่เรียนวิชาชีววิทยากับไม่เรียนชีววิทยา จะรับรู้มโนทัศน์เกี่ยวกับมลภาวะของอากาศ น้ำ และเสียง แตกต่างกันหรือไม่

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย