ผลกระทบของสาร Dense Nonaqueous Phase Liquids (DNAPLs) ต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย

Effects of Dense Nonaqueous Phase Liquids (DNAPLs) on Environmental Problem in Thailand

โฉมสุดา โสมกุล และ พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

Chomsuda Somkul and Pongsak Noophan*

Department of Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University, Sanamchandra Palace Campus

บทคัดย่อ

สารอินทรีย์ในกลุ่ม Dense Nonaqueous Phase Liquid หรือ DNAPLs ถูกใช้ประโยชน์ในการชะล้างไขมันบนแม่พิมพ์โลหะหรือใช้เป็นสารละลายในการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบของโลหะที่ใช้ในกระบวนการผลิตของกิจการอุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมผลิตโลหะ รวมถึงถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิเช่น สี กาว แลกเกอร์ และหมึกพิมพ์ทำให้สารในกลุ่ม DNAPLs เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมเป็นเหตุให้ต้องนำเข้าในปริมาณสูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันไม่มีระบบการจัดการที่ดีของสารในกลุ่มนี้จึงมีการหกรั่วไหลทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารในกลุ่ม DNAPLs ลงสู่ดินและน้ำใต้ดิน โดยมีสาเหตุเกิดจากการจัดการที่ไม่รัดกุมตั้งแต่การเคลื่อนย้าย การเก็บ และการบำบัดที่ไม่ถูกหลักวิชาการ จนทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสารในกลุ่ม DNAPLs จัดเป็นสารก่อมะเร็งที่มีผลกระทบโดยตรงต่อมนุษย์ ในประเทศไทยผลกระทบของสารในกลุ่ม DNAPLs ต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นใหญ่ แต่ขาดบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินจากพื้นที่ที่ปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs สำหรับการบำบัดพื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs การใช้วิธีการดูดซับด้วยพืชร่วมกับวิธีการใช้จุลินทรีย์บำบัดเป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะวิธีนี้มีราคาค่าบำบัดต่อหน่วยต่ำแต่มีประสิทธิภาพสูง

คำสำคัญ : สารอินทรีย์ที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ ประเทศไทย

Abstract

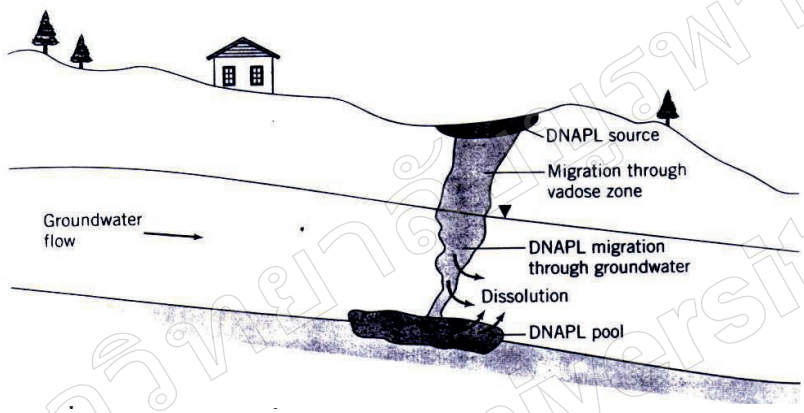
Organic substances, Dense Nonaqueous Phase Liquids or DNAPLs, are used as solvents in cleaning lipid on mold metal or cleaning dirtiness on metal equipment in electric, electronic, and metal production processes. Also, DNAPLs are used as mixed reagents in many production processes such as color, glue, lacquer, and cartridge. For these reasons, chemicals in group of DNAPLs are very important in many industries and extremely need to import. Currently, there are not good management systems for these chemicals, in terms of their transportation, storage, treatment, and disposal. DNAPLs leak into the environment and contaminate soil and groundwater, causing considerable concern over their harmful effects on humans (as carcinogens). In Thailand, effects of DNAPLs on environmental problem are the big issue but there is not enough expertise in understanding collection methods and the associated analysis of soil and groundwater from DNAPL contamination sites. Both phytoremediation and bioremediation are suitable to use for clean-up DNAPLs' contaminated sites because these treatments are inexpensive, yet highly efficient.

Keywords : DNAPLs, Thailand

***Corresponding author.** E-mail: pongsak@su.ac.th

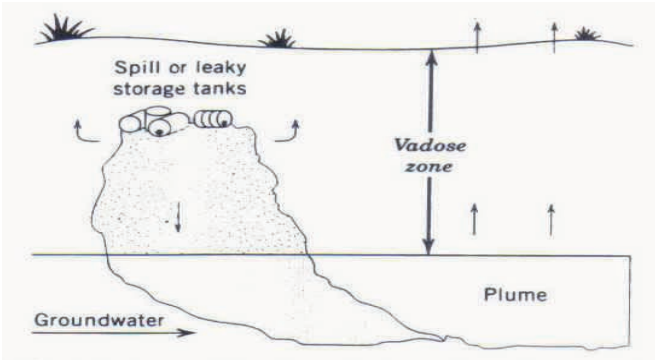
บทนำ

สารในกลุ่ม Dense Nonaqueous Phase Liquids หรือ DNAPLs ได้แก่ Halogenated Hydrocarbons เช่น Trichloroethylene (TCE), 1,1,1 Trichloroethane (TCA), Tetrachloroethylene (PCE), Dichloromethane (DCM), Chloroform, Vinyl Chloride ฯลฯ เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำแต่สารในกลุ่มนี้หนักกว่าน้ำ เนื่องจากมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงเมื่อเทียบกับน้ำเท่ากับ 1.26 ด้วยเหตุนี้ถ้าสารในกลุ่ม DNAPLs มีการปนเปื้อนลงสู่ดินจนถึงน้ำใต้ดินและจะจมสู่ด้านล่างสุดของชั้นน้ำใต้ดิน โดยสารจะกระจายตัวแทรกซึมไปอยู่ตามช่องว่างของดินหรือรอยแตกของหินอย่างรวดเร็ว และมีตำแหน่งที่ไม่แน่นอนดังภาพที่ 1 โดยสารในกลุ่ม DNAPLs สามารถซึมสู่ด้านล่างของชั้นน้ำใต้ดินจะรวมตัวกันอยู่บนชั้นดินเหนียว ดังนั้นเมื่อสารปนเปื้อนลงสู่พื้นดินจึงยากต่อการบำบัดน้ำใต้ดินเป็นเหตุผลที่ทำให้การบำบัดสารในกลุ่มนี้มีความยากลำบาก และการบำบัดจำเป็นต้องใช้ผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์อย่างมาก รวมทั้งต้องใช้ระยะเวลาและงบประมาณจำนวนมากในการบำบัด



ภาพที่ 1 รูปแบบการเคลื่อนย้ายของสารในกลุ่ม DNAPLs
ที่มา: Watts (1998)

โดยในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยมีการนำเข้าสารในกลุ่ม DNAPLs โดยเฉพาะสารจำพวก Chlorinated Hydrocarbon เพื่อใช้ประโยชน์ในการกำจัดคราบในขั้นตอนการทำความสะอาดอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบของโลหะในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมผลิตโลหะ เพราะเป็นสารที่สามารถชะล้างไขมันได้ดี และถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิเช่น สี กาว แลกเกอร์ หมึกพิมพ์ เป็นต้น และใช้เป็นของเหลวเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้นสารในกลุ่ม DNAPLs จึงมีบทบาทสำคัญในการผลิตเป็นต้นเหตุให้ภาคอุตสาหกรรมต้องนำเข้าสารในกลุ่ม DNAPLs เพิ่มมากขึ้นทุกปี ซึ่งสาเหตุของการปนเปื้อนของสารในกลุ่มนี้ออกสู่สิ่งแวดล้อมสามารถเกิดจากกระบวนการผลิต การนำมาใช้ การเก็บรักษา การขนส่ง การกำจัด การหกรั่วไหล และการลักลอบทิ้ง เนื่องจากไม่มีระบบการควบคุมที่ดี จึงทำให้สารในกลุ่ม DNAPLs สามารถกระจายตัวและเกิดการสะสมอยู่ในดินจนทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนสู่น้ำใต้ดินได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ของสารในกลุ่ม DNAPLs สู่น้ำใต้ดิน
ที่มา: Schnoor (1996)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สถานการณ์ของสารในกลุ่ม DNAPLs

ปัจจุบันพบปัญหาการปนเปื้อนของสารในกลุ่ม DNAPLs ขยายตัวออกเป็นวงกว้างส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย เห็นได้จากรายงานตรวจการปนเปื้อนของสารในกลุ่ม DNAPLs อาทิเช่น มีศักดิ์ มิลิน ทวิสมัย และคณะ (2544) ได้ทำการตรวจสอบบริเวณพื้นที่โรงงานผลิตเครื่องประดับสตรี โรงงานผลิตแผ่นเซรามิกสำหรับฝังวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และโรงงานผลิตสายนาฬิกาโลหะพบว่าสารไตรคลอโรเอทธิลีนบางส่วนถูกเก็บไว้ในถังตั้งทิ้งไว้กลางแจ้งและขาดระบบการควบคุมการใช้ก่อให้เกิดการปนเปื้อนสู่ดินและน้ำใต้ดินในระยะยาว เนื่องจากสารมีความคงตัวสูงและสะสมได้นานในสิ่งแวดล้อมเพราะมีโครงสร้างที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนและธาตุกลุ่มฮาโลเจนที่ยากต่อการสลายตัวในธรรมชาติ หากมนุษย์ได้รับสารในกลุ่ม DNAPLs เข้าสู่ร่างกายสารมีความสามารถกระตุ้นการเกิดมะเร็งและส่งผลต่อพันธุกรรมทำให้เกิดความผิดปกติต่อร่างกายมนุษย์ ในการตรวจสอบพบว่าการลักลอบฝังกลบของเสียอันตรายบริเวณพื้นที่ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พบถังบรรจุสารเคมีขนาด 200 ลิตร จำนวน 500 ใบ ที่มีการเทสารเคมีทิ้งลงในหลุมฝังกลบโดยไม่มีการปูพื้นที่ก้นหลุม และมีถังที่รอการกำจัดจำนวน 8,786 ใบ กองไว้ในที่โล่งเป็นเหตุให้เกิดการปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs ลงสู่ดินที่ระดับความลึก 2 เมตร และพบการปนเปื้อนสู่ในน้ำใต้ดินที่ระดับความลึกถึง 40 เมตร (ธนัญชัย วรรณสุข, 2550) อีกหนึ่งเหตุการณ์ที่น่าสนใจจากข่าวหนังสือพิมพ์มติชน วันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2550 รายงายว่านางสรวงสุดา ปิติเสรีย์ ปลัดอำเภอฝ่ายความมั่นคง อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยาพร้อมหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องเข้าตรวจสอบถังสารเคมีอันตรายที่บรรจุของเหลวพบว่าเป็นกากตะกอนของเสียจากน้ำมันที่ใช้แล้วของโรงงานอุตสาหกรรมโดยมีสภาพความเป็นกรดสูงและมีส่วนผสมของสารไฮโดรเจนซัลไฟด์ผสมอยู่ในปริมาณมากโดยบรรจุในถัง 200 ลิตร จำนวน 15 ใบ โดยมีผู้ลักลอบนำมาทิ้งในพงหญ้าริมถนน ด้านข้างเป็นร่องน้ำไหลลงสู่คลองชลประทานพร้อมกับประกาศให้เป็นพื้นที่อันตรายในรัศมี 1 กิโลเมตร เหตุการณ์ในข่าวหนังสือพิมพ์ไทยรัฐฉบับวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2552 รายงานว่า “ศาลปกครองระยองพิพากษาให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติประกาศให้ท้องที่เขตเทศบาลเมืองมาบตาพุดและอีก 5 ตำบลบริเวณใกล้เคียงเป็นพื้นที่ควบคุมมลพิษ” และเหตุการณ์ในข่าวหนังสือพิมพ์ไทยรัฐ วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2552 รายงานว่ามีการตรวจพบการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) อาทิเช่น สารเบนซิน ไดคลอโรอีเทน และบิวทาไดอีนเกินมาตรฐาน ดังนั้นควรตระหนักถึงวิธีการป้องกันและแก้ไขอย่างถูกวิธีก่อนที่ในอนาคตจะกลายเป็นปัญหาที่ยากต่อการแก้ไข และหากสารในกลุ่ม DNAPLs เหล่านี้ปนเปื้อนสู่ดินและน้ำใต้ดินได้แล้วการบำบัดต้องใช้ทุนทรัพย์เป็นจำนวนมากและใช้เวลานานในการบำบัด อีกทั้งต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศในการแก้ไขและบำบัดสารในกลุ่ม DNAPLs อีกด้วย

ต้นเหตุของปัญหา

จากข้อมูลการวิจัยของทั้งมีศักดิ์ มิลินทวิสมัยและคณะ (2544) และ ธนัญชัย วรรณสุข (2550) ยืนยันได้ว่ามีปัญหาการปนเปื้อนของสารในกลุ่ม DNAPLs ในบางพื้นที่ของประเทศไทย และอาจจะรุนแรงขึ้นถ้าไม่มีการแก้ไขที่ตรงจุด ปัญหาการปนเปื้อนของสารในกลุ่มนี้อาจขยายออกไปเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับประเทศ ต้นเหตุหลักที่สำคัญมาจากการขาดความใส่ใจของโรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการที่ใช้สารในกลุ่ม DNAPLs ขาดความระมัดระวังทำให้เกิดปัญหาการรั่วไหลของสารในกลุ่ม DNAPLs ออกนอกพื้นที่ รวมถึงปัญหาการกำจัดสารในกลุ่ม DNAPLs ที่ขาดความรอบคอบก่อให้เกิดปัญหาการลักลอบทิ้งของเสียอันตรายในพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศไทย นอกจากนี้เกิดจากการขาดความเข้มงวดของเจ้าหน้าที่ในการใช้กฎหมายควบคุมการปฏิบัติงานเพื่อการคัดแยกขยะแต่ละประเภท การเก็บรวบรวม โดยเฉพาะขาดการจัดการที่เอาจริงในด้านระบบเอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตรายไปกำจัดอย่างถูกต้องตามกฎหมาย จึงก่อให้เกิดปัญหาการลักลอบทิ้งระหว่างทางก่อนถึงจุดหมาย รวมถึงขาดแนวทางในการกำจัดของเสียอันตรายด้วยวิธีการฝังกลบอย่างปลอดภัย (Secure Landfill System) ที่ชัดเจนเพื่อให้ทุกหน่วยงานปฏิบัติเป็นแบบแผนเดียวกัน เนื่องจากวิธีการฝังกลบอย่างปลอดภัยมีโครงสร้างหลักคือ การป้องกันการรั่วซึมของน้ำและสารปนเปื้อนอย่างรัดกุมที่ ก้นหลุม ด้านข้างหลุม และด้านบนของหลุม ในส่วนล่างของหลุมต้องมีระบบระบายน้ำชะของเสีย (Leachate) ให้ได้มากที่สุดเพื่อนำไปบำบัดและต้องไม่ให้มีน้ำชะซึมออกจากหลุมฝังกลบ (มัลลิกา ปัญญาคะโป, 2549) เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความแตกต่างจากวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill System) ที่ใช้สำหรับกำจัดขยะชุมชนทั่วไป (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2546) จึงทำให้การดำเนินงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุจากการขาดบุคลากรที่มีความรู้และความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในการเก็บตัวอย่างสารในกลุ่ม DNAPLs เพื่อผลการตรวจสอบที่เที่ยงตรงและแม่นยำมากที่สุด

ปัจจุบันนี้การจัดการสารในกลุ่ม DNAPLs ยังไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการและปลอดภัยต่อระบบนิเวศน์ สาเหตุหลักคือขาดความร่วมมือจากประชาชนในทุกพื้นที่ที่ไม่มีการคัดแยกภาชนะบรรจุสารในกลุ่ม DNAPLs ที่หลงเหลือให้เป็นสัดส่วน แต่กลับนำขยะของเสียที่มีสารในกลุ่มนี้ซึ่งจัดเป็นของเสียอันตรายไปทิ้งปะปนกับขยะทั่วไปทำให้ยากแก่การกำจัดเนื่องจากภาชนะบรรจุสารในกลุ่ม DNAPLs ต้องใช้วิธีในการกำจัดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบที่เกิดขึ้น

ผลกระทบต่อดิน น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน: ผลกระทบเกิดเมื่อภาชนะบรรจุสารในกลุ่ม DNAPLs ที่หลงเหลืออยู่ถูกนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบที่ขาดการปูพื้นด้วยพลาสติก (Lining) และไม่มีระบบรวบรวมน้ำชะขยะ (Leachate) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษต่างๆ ทำให้เมื่อน้ำชะขยะไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนสารพิษต่างๆ ซึมลงสู่ชั้นดินน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน จึงไม่สามารถนำทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมาใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ นอกจากนี้สารในกลุ่ม DNAPLs มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ที่สามารถระเหยกลายเป็นไอสู่บรรยากาศได้ง่ายหากฝนตกจะสามารถถูกชะล้าง หรือสามารถรวมตัวกับอนุภาคในอากาศตกลงสู่พื้นดินและแหล่งน้ำทำให้เกิดการสะสมในแหล่งน้ำ ดินและแพร่กระจายสู่น้ำใต้ดินได้อีกด้วย

ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์: สารในกลุ่ม DNAPLs ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและมีผลต่อการทำงานของปอดเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งอาทิเช่น สารไตรคลอโรเอทธิลีนหากได้รับเป็นระยะเวลานานสามารถสะสมได้ดีในไขมันจึงสะสมในอวัยวะต่างๆ และสามารถส่งผลต่อระบบประสาทในการควบคุมความทรงจำ ความเร็วในการตอบคำถาม และสารไตรคลอโรเอทธิลีนจัดเป็นสารก่อมะเร็งในอวัยวะต่างๆ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเช่น มะเร็งหลอดเลือด มะเร็งเม็ดเลือดขาว มะเร็งต่อมไทรอยด์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ส่วนสารคลอโรฟอร์มถ้าสูดดมเข้าไปทำให้วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้ ปวดหัว หากสัมผัสบ่อยครั้งสามารถส่งผลโดยตรงต่อระบบประสาท ระคายเคืองผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) จึงควรมีการเฝ้าระวังปัญหาของสารในกลุ่ม DNAPLs ก่อนที่จะเกิดปัญหาในอนาคตอันส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสุขภาพของมนุษย์

การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผล

ในปัจจุบันการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่ม DNAPLs ของประเทศไทยยังได้ผล ไม่เด่นชัดมากนัก เนื่องจากวิธีในการเก็บตัวอย่างอากาศ ดินและน้ำใต้ดินซึ่งสาเหตุใหญ่เกิดจากการตรวจสอบที่ผิดพลาดทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ตรง กับความเป็นจริง หรือผลการตรวจสอบไม่พบสารในกลุ่ม DNAPLs จึงมีความจำเป็นต้องใช้วิธีในการเก็บที่เหมาะสม อาทิเช่น การเก็บตัวอย่างสารในกลุ่ม DNAPLs ในอากาศสามารถเก็บตัวอย่างโดยใช้คอลัมน์ที่บรรจุด้วย Active Solids เช่น Molecular Sieves, Porous Polymers, Silica Gel, Alumina และ Activated Carbon เพื่อดูดซับสารในกลุ่ม DNAPLs แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ (Gas Chromatographic), หรือใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องอัตโนมัติ (Continuous Emission Monitoring System :CEMs) อย่างต่อเนื่องที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จำพวกโรงไฟฟ้าโรงกลั่นน้ำมัน (วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์และคณะ, 2540) โดยวิธีในการเก็บตัวอย่างดินที่ปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs ถ้าอยู่ในระดับตื้น ขั้นแรกต้องทำการเปิดหน้าดินออกจนถึงระดับความลึกที่ต้องการด้วยเสียม พลั่ว หรือช้อนตักอย่างใดอย่างหนึ่ง เขี่ยดินชั้นบนออกจากนั้นเก็บตัวอย่างดินส่วนหนึ่งลงภาชนะที่เหมาะสมทันที และเก็บตัวอย่างส่วนที่เหลือใส่ลงไปในถังกวนผสมและทำการกวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อเป็นตัวแทนของตัวอย่างในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างแล้วนำใส่ลงในภาชนะที่เหมาะสมเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป ส่วนการเก็บตัวอย่างดินในระดับลึกสามารถใช้ Hand Auger หรือ Trier เจาะลงไปจนถึงระดับที่ต้องการแล้วเทตัวอย่างส่วนหนึ่งลงภาชนะที่เหมาะสมทันทีโดยไม่ต้องกวนผสมจากนั้นเก็บตัวอย่างที่เหลือลงถังกวนผสมและกวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อเป็นตัวแทนของตัวอย่างในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่าง เมื่อเก็บตัวอย่างดินเสร็จให้ใช้ดินที่ขุดขึ้นมาค่อยๆ กลบลงไปในหลุมจนเต็ม หรือใช้เทคนิค Head Space แล้วนำไปตรวจสอบปริมาณสารปนเปื้อนด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) (นิภา มิลินทวิสมัย และสุวรรณา เนียมสนิท, 2549) หรือใช้ชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่าง Soil Gas ควบคู่กับ Portable Photo-Ionization Detector (PID) ตรวจประเมินผลเพื่อแยกชนิดของสารอินทรีย์ระเหยต่อไป (ธนัญชัย วรรณสุข, 2550) และการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs ในบ่อติดตามตรวจสอบต้องวัดระดับน้ำในบ่อติดตามตรวจสอบก่อนการเก็บตัวอย่างทุกครั้งและถ่ายน้ำขังออกจากบ่อและให้น้ำที่อยู่ในชั้นดินไหลเข้ามา จากนั้นใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

อาทิเช่น เบลเลอร์ เครื่องสูบแบบรีด เครื่องสูบแรงเหวี่ยงแบบจุ่ม และเครื่องสูบแบบถุงอย่างใดอย่างหนึ่งหย่อนลงสู่บ่อติดตามตรวจสอบเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและต้องดึงขึ้นมาอย่างช้าๆ ด้วยความระมัดระวัง หากไม่ระมัดระวังค่าที่ได้จะผิดพลาดและทำการเก็บตัวอย่างจากความลึกในช่วงช่องกรองตามลำดับ โดยบรรจุลงขวดแก้วปากกว้างให้ล้นออกมาเล็กน้อยให้มีระดับผิวน้ำนูนปริ่มที่ปากขวดก่อนปิดฝาจากนั้นคว่ำเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีฟองอากาศอยู่แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ˚C ทันที เพื่อลดการสูญเสียการระเหยและการย่อยสลายของจุลินทรีย์ก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (สัญญา สิริวิทยาปกรณ์, 2550) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าวิธีที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ ดิน และน้ำใต้ดินเพื่อวิเคราะห์สารในกลุ่ม DNAPLs มีความหลากหลายของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างและวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันจึงจำเป็นที่ผู้เก็บตัวอย่างต้องมีความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ของตัวอย่างที่ถูกต้องและแม่นยำ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์หาสารปนเปื้อนในกลุ่ม DNAPLs ที่ห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Gas Chromatography (GC) โดยนำสารตัวอย่างฉีดเข้าที่ Sample Injection Port สารจะกลายเป็นไอแล้วถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ที่เป็นหลักการสำคัญของการแยกสาร ซึ่งการเลือกคอลัมน์ต้องลองทดสอบหรืออาจได้จากประสบการณ์โดยคอลัมน์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Packed Columns มีด้วยกัน 2 ชนิด คือ Partition Column เป็นคอลัมน์เปล่าที่บรรจุด้วยอนุภาคของแข็งที่มีความเฉื่อยแล้วฉาบผิวด้วย Liquid Phase และAdsorption Column เป็นคอลัมน์ที่บรรจุด้วยอนุภาคของสารดูดซับจำพวก Alumina, Activated Charcoal, Silica Gel, Molecular Sives คอลัมน์อีกประเภทคือ Capillary Columns เป็นหลอดรูเล็กๆ กลวงทำด้วยเหล็กกล้าเหล็กไร้สนิม แก้ว แร่ควอทซ ภายในฉาบผิวด้วย Liquid Phase เป็นฟิล์มบางๆ หากใช้คอลัมน์ยาวมากๆ ทำให้มีประสิทธิภาพในการแยกสารมีค่าสูงหรือใช้คอลัมน์ที่เป็น 2,6-diphenylene oxide polymer และ methyl silicone จากนั้นฉีดสารตัวอย่างเข้าไปจะมีเครื่องให้ความร้อน (Heater) ประกอบอยู่ด้วยเพื่อทำให้สารตัวอย่างกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 180˚C เพื่อไล่สารออกจากคอลัมน์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ซึ่งอุณหภูมิของคอลัมน์มีความสำคัญต่อการแยกสาร หากเพิ่มอุณหภูมิของคอลัมน์ขึ้นจะทำให้องค์ประกอบของสารมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้นส่งผลให้การวิเคราะห์เร็ว แต่ถ้าอุณหภูมิของคอลัมน์ลดลงจะช่วยทำให้การแยกองค์ประกอบต่างๆ ดีขึ้น ดังนั้นจึงควรเลือกใช้อุณหภูมิของคอลัมน์ให้เหมาะสมเพื่อให้ได้การแยกที่ดีและการแยกองค์ประกอบต่างๆ ไม่นานเกินไป จากนั้นสารจะถูกพาเข้าไปในคอลัมน์ด้วยตัวพา (Carrier Gas) เพื่อพาไอของสารตัวอย่างผ่านเข้าไปในคอลัมน์ได้แก่ ไนโตรเจน ฮีเลียม อาร์กอน อย่างช้าๆ สารผสมจะถูกแยกออกเป็นส่วนๆ ที่คอลัมน์แล้วออกไปสู่เครื่องดีเทคเตอร์ (Detector) ที่เป็นส่วนที่ใช้สำหรับตรวจวัดสารแต่ละชนิดที่ถูกแยกออกมาจากคอลัมน์จะได้สัญญาณเกิดขึ้น โดยเครื่องดีเทคเตอร์เป็นเครื่องมือที่มีลักษณะที่ให้สัญญาณกับสารต่างๆ อาทิเช่น Flame Ionization Detectors (FIDs) ใช้สำหรับตรวจวัดสารที่แตกตัวเป็นไอออน โดยใช้หลักการความต่างศักย์ที่วัดได้ในเปลวไฟเกิดปริมาณกระแสไฟฟ้า Photoionization Detectors (PIDs) ใช้สำหรับตรวจวัดสารที่แตกตัวเป็นไอออนโดยใช้รังสียูวีทำให้เกิดโมเลกุลของสารอินทรีย์แตกตัวเป็นประจุที่เคลื่อนที่ไปที่ขั้วทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า (สัญญา สิริวิทยาปกรณ์, 2550) จากนั้นสัญญาณจากเครื่องดีเทคเตอร์จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องประมวลผลเพื่อเขียนออกมาเป็นโครมาโตกราฟด้วยเครื่องบันทึกหรือต่อเข้ากับอุปกรณ์เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณตรงจากเครื่องคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้วิเคราะห์ทราบองค์ประกอบของสารตัวอย่างได้ ซึ่งการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นของแข็งทำค่อนข้างยากกว่าสารที่เป็นของเหลวหรือก๊าซ เพราะต้องใช้อุณหภูมิในการเปลี่ยนให้เป็นไอสูงกว่าหรือใช้อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนสารที่เป็นของแข็งให้สลายตัวเป็นก๊าซ (Pyrolysis Equipment) โดยเผาที่อุณหภูมิสูงถึง 1,000 ˚C (แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม, 2539)

แนวทางการแก้ไขปัญหา

การแก้ไขปัญหาสารในกลุ่ม DNAPLs ในปัจจุบันมีหลายแนวทางขึ้นอยู่กับระยะเวลา ค่าใช้จ่ายในการบำบัด และการฟื้นฟูพื้นที่ ซึ่งวิธีการที่เหมาะสมและนำมาประยุกต์ใช้ได้ดีสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสารในกลุ่ม DNAPLs ควรติดตั้งอุปกรณ์เพื่อควบคุมระดับสารระเหยในกระบวนการผลิตโดยวิธีการดูดซับไว้ด้วยสารที่เป็นของแข็งวัสดุที่ใช้เช่น Activated Carbon, Activated Alumina, Silica Gel หรือสารละลายบางชนิดซึ่งสารอาจเปลี่ยนรูปไปได้โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา หรือการเผาทำลาย หรือเปลี่ยนรูปเป็นสารอื่นที่ไม่เป็นอันตราย และสามารถควบคุมความเข้มข้นให้ลดลงได้โดยการควบคุมที่กระบวนการผลิตหรือสภาพแวดล้อม

ที่แหล่งกำเนิด การขนถ่ายและการบรรจุภาชนะและควรใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมไม่เป็นสนิมผุกร่อนง่ายซึ่งเป็นเหตุให้เกิดปัญหาการรั่วไหลของสารเคมีในระหว่างการจัดเก็บ ส่วนวิธีการขนส่งสารในกลุ่ม DNAPLs ควรมีการควบคุมระบบเอกสารกำกับการขนส่งที่ชัดเจนเพื่อแสดงว่าการจัดส่งของเสียไปกำจัดนั้นถูกต้องตามกฎหมาย หรือใช้ระบบกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียมหรือ GPS (Global Positioning System) เพื่อเฝ้าระวังการติดตามการขนส่งทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถตรวจสอบและควบคุมการทำงานของผู้ก่อกำเนิดมลพิษ ผู้ขนส่ง และผู้ประกอบการสถานเก็บกักบำบัดและกำจัด ตลอดจนสามารถลดปัญหาการลักลอบทิ้งของเสียอันตรายในสถานที่ต่างๆ ได้อย่างแน่นอน

2. สำหรับบริเวณพื้นที่ที่มีการใช้หรือเก็บถังบรรจุสารในกลุ่ม DNAPLs ควรมีการสุ่มตรวจสอบระดับสารในอากาศ ดินและน้ำใต้ดินเพื่อป้องกันการลักลอบทิ้งในพื้นที่หรือพื้นที่ข้างเคียง หากผลการตรวจสอบพบว่ามีการปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs จำเป็นต้องบำบัดและฟื้นฟูสภาพพื้นที่ด้วยเทคนิคต่างๆ อาทิเช่น การพ่นฟองอากาศ (Air Sparging) การใช้สารเคมีทำปฏิกิริยาแบบออกซิเดชั่น-รีดักชั่น (Chemical Oxidation-Reduction) การดูดซับด้วยพืช (Phyto-remediation) การใช้อากาศเพื่อทำให้สารระเหยออกจากดิน (Soil Vapor Extraction) และการใช้จุลินทรีย์บำบัด (Bioremediation) โดยวิธีการบำบัดที่จุดปนเปื้อนหรือกำจัดที่จุดกำเนิด (In-situ Treatment) เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วให้ผลลัพธ์ที่ตรงเป้าหมายมากที่สุด (พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์, 2550) สอดคล้องกับเอกวัล ลือพร้อมชัย (2546) ที่กล่าวว่าการบำบัดจุดปนเปื้อนในพื้นที่ได้โดยตรงโดยใช้วิธีฟื้นฟูทางชีวภาพเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งเป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย สามารถนำไปใช้งานได้จริงและมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำกว่าวิธีการ Chemical Oxidation-Reduction และ Soil Vapor Extraction แต่มีความจำเพาะต่อสภาพพื้นที่และสารที่ปนเปื้อน โดยวิธีฟื้นฟูทางชีวภาพมีรายละเอียดดังนี้

❖ วิธีการดูดซับด้วยพืช (Phytoremediation) หรือเรียกอีกอย่างว่า “พฤกษาบำบัด” เป็นวิธีการที่ใช้พืชเพื่อบำบัดสารปนเปื้อนในดินโดยใช้พืชทำงานร่วมกับจุลินทรีย์จึงมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารที่ปนเปื้อนที่เป็นอันตรายได้หลายชนิด อาทิเช่น ตัวทำละลายสารอินทรีย์, โลหะหนัก, น้ำมัน, สารฆ่าแมลง แต่ข้อเสียคือ ต้องใช้ระยะเวลาในการบำบัดสารปนเปื้อนที่ยาวนาน และจำเป็นต้องคำนึงถึงสภาพอากาศ ลักษณะสภาพแวดล้อม ฤดูกาล ข้อจำกัดของวิธีนี้ไม่สามารถนำมาใช้บำบัดพื้นที่บริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับราก หรือบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูง (เอกวัล ลือพร้อมชัย, 2547) และอาจส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหาร หากสัตว์บริโภคพืชที่มีสารปนเปื้อน

❖ วิธีการใช้จุลินทรีย์บำบัด (Bioremediation) เป็นกระบวนการฟื้นฟูดินด้วยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติจำพวกแบคทีเรีย (Bacteria) และรา สำหรับจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายเพื่อการเจริญเติบโตอาจสร้างเอนไซม์ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อสารตั้งต้นจึงสามารถเกิดการย่อยสลายได้ ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความเหมาะสมต่อการเจริญและรอดชีวิตแตกต่างกัน โดยการใช้จุลินทรีย์บำบัดขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสาร ขอบเขตการแพร่กระจาย และลักษณะของพื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อนแต่วิธีการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดในพื้นที่ได้โดยตรง (เอกวัล ลือพร้อมชัย, 2546) ถึงแม้ว่ามีอัตราการย่อยสลายค่อนข้างช้า และบางครั้งอาจใช้เวลานานจึงจะสามารถย่อยสลายได้เต็มที่ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2546) แต่ต้นทุนต่ำ และเป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือใช้เทคโนโลยีไบโอฟิวเตอร์ (Biofilter) ที่มีชั้นกรองไว้ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะแล้วผลิตเมือกบางๆ เรียกว่า ไบโอฟิล์ม (Biofilm) เพื่อย่อยสลายสารปนเปื้อนให้กลายเป็นสารที่มีอันตรายน้อยลงหรือไม่เป็นอันตรายได้

บทสรุป

จากสถานการณ์ข่าวสารต่างๆ ในปัจจุบันของประเทศไทยชี้ให้เห็นชัดเจนว่าในหลายพื้นที่เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs จากการขนย้ายและการกำจัดของเสียที่ขาดการควบคุมกำกับที่ต้นทางอย่างเข้มงวดทำให้เกิดปัญหาการลักลอบทิ้งของเสียอันตรายทั่วประเทศไทย ถึงแม้ว่ามีกฎหมายออกมาควบคุมการขนย้าย ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงคือ กรมโรงงานอุตสาหกรรมควรมีการประสานกับกรมควบคุมมลพิษดำเนินการควบคุมการขนย้ายและกำจัดของเสียให้มีมาตรฐานเดียวกันและเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินการทุกขั้นตอน โดยใช้ระบบกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียมหรือ GPS (Global Positioning System) ในการเฝ้าระวังการติดตามการขนส่งเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการดำเนินคดีทางกฎหมายในการเอาผิดต่อผู้ที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงจัดงบประมาณสร้างห้องปฏิบัติการระดับภูมิภาคขึ้นเพื่อรองรับปัญหาฉุกเฉินที่อาจเกิดได้อย่างทันต่อ

สถานการณ์ และสิ่งสำคัญคือควรกำหนดให้กรมควบคุมมลพิษสามารถจัดส่งเจ้าหน้าที่ไปตรวจสอบหลุมฝังกลบที่มีในประเทศไทยทุกจุด และหากจุดใดมีหลุมฝังกลบที่ไม่ได้มาตรฐานต้องทำการสั่งปิดหลุมฝังกลบนั้นทันที หากสามารถดำเนินการได้ดังกล่าวคาดว่าปัญหาการลักลอบทิ้งของเสียอันตรายในกลุ่ม DNAPLs ของประเทศไทยจะลดลง เพียงแต่ทุกคนและทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องให้ความร่วมมือดำเนินงานอย่างจริงจังตั้งแต่ต้นเหตุ โดยเริ่มจากการคัดแยกของเสียอันตรายก่อนทิ้ง รวมถึงจัดหาพื้นที่ทิ้งและใช้วิธีการกำจัดที่เหมาะสม ส่วนพื้นที่ที่เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs ควรใช้วิธีการบำบัดที่จุดกำเนิดจะเป็นการดีที่สุด ซึ่งในปัจจุบันมีหลายวิธีด้วยกันแต่วิธีดังกล่าวขึ้นอยู่กับงบประมาณและระยะเวลาในการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน วิธีนี้จะเกิดผลลัพธ์ที่ดีและผลกระทบน้อยกว่าวิธีทางเคมีเช่น Chemical Oxidation-Reduction หรือการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการบำบัดทางเคมีหรือเทคโนโลยีสมัยใหม่ มีข้อดีคือเป็นวิธีที่รวดเร็วและให้ผลลัพธ์ที่ตรงเป้าหมายมากที่สุด การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์สารในกลุ่ม DNAPLs ในประเทศไทยพบว่ายังไม่เด่นชัดเนื่องจากวิธีในการเก็บตัวอย่าง ดินและน้ำใต้ดินอาจเกิดจากวิธีการที่ผิดพลาดทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ตรงกับความเป็นจริงจึงจำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ในการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและแม่นยำ สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นมีอยู่ในหลายพื้นที่ของประเทศไทยและเป็นปัญหาที่เกิดอยู่เสมอเนื่องจากสารในกลุ่ม DNAPLs สามารถเกิดการดูดซับ (Adsorption) ไว้ในดินและในส่วนที่เกาะติดอยู่ตามรอยแตกที่สามารถละลายออกมาอย่างช้าๆ ได้ในภายหลังทำให้น้ำใต้ดินเกิดการปนเปื้อน ดังนั้นหากไม่รีบดำเนินการวางแผนในการแก้ไขปัญหาสารในกลุ่ม DNAPLs แล้วในอนาคตอันใกล้นี้อาจจะกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบในวงกว้างของประเทศไทยได้อย่างแน่นอน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2547). ไตรคลอโรเอทธิลีน. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2548). คลอโรฟอร์ม. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2546). ของเสียอันตราย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.

ธนัญชัย วรรณสุข. (2550). การติดตามตรวจสอบปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) และโลหะหนักในดิน และน้ำใต้ดิน กรณีการลักลอบฝังกลบของเสียอันตรายพื้นที่ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปี 2547-2549. นครราชสีมา.

นิภา มิลินทวิสมัย และสุวรรณา เนียมสนิท. (2549). แบคทีเรียที่ใช้ Toluene เป็นแหล่งต้นตอคาร์บอนและสามารถสลาย Trichloroethylene (TCE) ได้ที่แยกจากธรรมชาติและแหล่งปนเปื้อนและความสามารถในการใช้สารต้นตอตัวอื่น. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 34*(1), 59-71.

พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์. (2550). เทคโนโลยีทางด้านการฟื้นฟูดินและน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อน. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร, 27*(1), 125-137.

มัลลิกา ปัญญาคะโป. (2549). การจัดการของเสียอันตราย. นครปฐม: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มีศักดิ์ มิลินทวิสมัย, สีหนาถ ชาญณรงค์, พีรพงษ์ สุนทรเดชะ, วาลิกา เศวตโยธิน และจีระนันท์ พันธจักร. (2544). การปนเปื้อนของสาร Chlorinated Ethylene ในดินและน้ำใต้ดิน. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. (2539). หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต. (2540). มลภาวะอากาศ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สัญญา สิริวิทยาปกรณ์. (2550). แนวทางปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกวัล ลือพร้อมชัย. (2546). เทคโนโลยีชีวภาพกับการบำบัดสารเคมีอันตราย (ตอนที่1). *วารสารสิ่งแวดล้อม, 7*(28), 8-11.

เอกวัล ลือพร้อมชัย. (2547). เทคโนโลยีชีวภาพกับการบำบัดสารเคมีอันตราย (ตอนจบ). *วารสารสิ่งแวดล้อม, 8*(29), 13-16.

Jerald L. Schnoor. (1996). Environmental Modeling. New York. John Wiley & Sons.

Richard J. Watts. (1998). Hazardous Wastes. New York. John Wiley & Sons.