

การกระจายตัวของสารปนเปื้อนอินทรีย์ในน้ำชะขยะในกรณีรั่วซึมสู่สิ่งแวดล้อม THE CONTRIBUTION OF ORGANIC COMTAMINANTS IN CASE LEACHATE LEAKED TO ENVIRONMENT

พิมพกา โพธิ์ลังกา^{1*}, วันวิสาข์ ชูจิต² และอภิศักดิ์ จักรบุตร¹
Pimphaka Phothilangka^{1*}, Wanwisa Chujit², and Apisak Jukkraboot¹

¹Faculty of Science, Lampang Rajabhat University

²Boromarajonani College of Nursing, Nakhon Lampang

*corresponding author email: pphothilangka@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการกระจายตัวของสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนสู่สิ่งแวดล้อม ในกรณีน้ำชะขยะและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจากสถานฝังกลบเทศบาลนครลำปางเกิดการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม น้ำชะขยะและน้ำทิ้งจากสถานฝังกลบเทศบาลนครลำปางถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาคุณลักษณะองค์ประกอบ และสารปนเปื้อน การศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิค gas chromatography และ mass spectrometry ในการจำแนกชนิดของสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในน้ำชะขยะและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย และใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Fugacity-Base Environmental Equilibrium Partitioning Model Level I ในการประเมินผลกระทบในกรณีเกิดการรั่วไหลของน้ำชะขยะหรือน้ำเสียลงสู่สิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่าน้ำชะขยะและน้ำทิ้งมีสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณ 36 ชนิดสารส่วนใหญ่ได้แก่ 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester, 9-Octadecenoic acid, Cyclopropaneoctanal, 9,17-Octadecadienal, Phenol, Benzene, Oxime, และ Phenanthrene ซึ่งโดยมากเป็นสารที่อันตรายไม่มาก อย่างไรก็ตามมีการพบสารอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น benzene และ phenol ซึ่งให้เห็นว่ามีโอกาสที่จะมีการปนเปื้อนของสารอันตรายเกิดขึ้นหากมีการรั่วไหลของน้ำชะขยะหรือน้ำทิ้ง ในกรณีนี้ phenol และ benzene มีโอกาสกระจายตัวลงสู่ 8 หมู่บ้านในรัศมี 5 กิโลเมตรรอบสถานฝังกลบขยะเทศบาลนครลำปาง โดย phenol รั้อยละ 94 มีแนวโน้มที่จะกระจายตัวอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งอาจมีความเข้มข้นประมาณ 5.714 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่ในสิ่งแวดล้อมส่วนอื่น ๆ อาจพบน้อยมาก กรณีนี้ยังพบ benzene ด้วย ซึ่งส่วนใหญ่จะปนเปื้อนอยู่ในชั้นบรรยากาศประมาณร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก คิดเป็นความเข้มข้น 53.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนที่เหลืออาจกระจายตัวในน้ำ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการรั่วไหลของน้ำชะขยะและน้ำเสียจากสถานฝังกลบขยะจะมีผลกระทบต่อชั้นน้ำใต้ดิน และส่วนอื่น ๆ ในสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: น้ำชะขยะ สารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน สถานฝังกลบขยะ

Abstract

The purpose of this study was to assess the distribution of organic hydrocarbon substances in case of leachate and effluent from Nakorn Lampang municipality landfill

site leak to environment. Leachate and effluent were collected and analyzed their characterizations, compositions and contaminants. Gas chromatography and mass spectrometry technique were used to identify organic hydrocarbon contaminants in leachate and effluent. Then the mathematical model Fugacity-Base Environmental Equilibrium Partitioning Model Level I was applied to the impact of leachate percolation to environment. The results found 36 organic hydrocarbon compounds existed in landfill leachate and effluent. Both of them consisted of 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester, 9-Octadecenoic acid, Cyclopropanoic acid, 9,17-Octadecadienal, Phenol, Benzene, Oxime, and Phenanthrene as majority substances. Almost these substances were less toxicant and harmfulness. However, high compositions of volatile organic compounds such as benzene and phenol were also detected, indicating hazardous substances contamination in environment can be occur. In case leachate percolation at landfill site, phenol and benzene can be distributed to 8 villages within 5 kilometers around Nakorn Lampang municipality landfill site. The 94% of phenol may distribute to aquatic phase. The concentration of it in aquatic phase may be 5.714 mg/m^3 whereas other phases found very rare. Benzene also found in this case and almost of it may be contaminated in atmosphere around 99% by weight with the concentration of 53.5 ng/m^3 . The leftover may distribute in aquatic phase. The results indicated that the leaking leachate and effluent from the landfill site have a minimal impact on the groundwater resource and others phase of environment.

Keywords: leachate, organic hydrocarbon substance, landfill site

บทนำ

สารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน เป็นสารที่พบมากในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลาย ตั้งแต่ในระดับครัวเรือน เช่น การใช้น้ำยาซักแห้ง จนถึงในระดับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้แต่ภาคเกษตรกรรมอันเกิดจากการใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น เหตุนี้เองสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้จึงกลายเป็นของเสียอันตรายได้มาก เช่น สารอินทรีย์ในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหย (volatile organic compounds : VOCs) เป็นต้น เมื่อถูกนำเข้าสู่กระบวนการฝังกลบก็จะไปเหนี่ยวนำให้น้ำชะขยะมีความเป็นพิษมากขึ้น ซึ่งหากเกิดการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อมแล้วจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียงและสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้น ทั้งผลกระทบแบบเฉียบพลัน (acute effect) หรือ ผลกระทบแบบเรื้อรัง (chronic effect) การรับสารประกอบอินทรีย์เข้าสู่ร่างกายนั้นสามารถเกิดขึ้นโดยการได้รับสัมผัสทางการหายใจ ทางผิวหนัง และทางปาก สารละลายที่ก่อให้เกิดพิษที่สำคัญ ได้แก่ benzene, toluene, styrene, trichloroethylene เป็นต้น

ในกรณีของสถานฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครลำปาง แม้ว่าเทศบาลนครลำปางจะมีระบบบำบัดน้ำชะขยะ ซึ่งมีการปูแผ่น HDPE (High Density Polyethylene) ที่มีความหนา 1.5 มิลลิเมตรไว้รองรับน้ำเสียที่กั้นบ่อตามมาตรฐานกำหนด แต่ก็มีการตั้งข้อสงสัยว่าหากมีการรั่วไหลของน้ำชะขยะ ซึ่งอาจมี

สาเหตุจากแผ่น HDPE ฉีกขาด หมดยายุ หรือการชำรุดของบ่ออันเนื่องมาจากอุบัติเหตุหรือการเกิดภัยธรรมชาติ สารประกอบอินทรีย์เหล่านี้จะกระจายตัวสู่สิ่งแวดล้อมในทางใดได้บ้าง สร้างผลกระทบต่อด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมแก่พื้นที่ใกล้เคียง การประเมินสถานการณ์การรั่วไหลของสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนในกรณีที่น่าจะขยเขเกิดการรั่วไหลลงสู่สิ่งแวดล้อมจึงมีความสำคัญ และจำเป็น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานอกจากจะทำให้ชุมชนรอบบ่อฝังกลบขยเขเกิดการตระหนักรู้แล้วยังเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการกำหนดนโยบาย และวางแผนระยะสั้นและระยะยาว ตลอดจนการสร้างมาตรการต่าง ๆ เพื่อรองรับต่อเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

แหล่งกำเนิดและลักษณะของน้ำที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ มี 2 ประเภท คือ น้ำขยขยและน้ำทิ้งซึ่งเป็นน้ำที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝัง (stabilization pond) โดยน้ำขยขยที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ เป็นน้ำขยขยที่เก็บจากบ่อพักน้ำขยขยจากสถานฝังกลบขยขยเทศบาลนครลำปาง ตั้งอยู่ ณ บ้านกล้วยแพะ หมู่ที่ 2 ต.กล้วยแพะ อ.เมือง จ.ลำปาง บริเวณดังกล่าวล้อมรอบไปด้วยชุมชน 8 ชุมชน มีประชากรอาศัยอยู่ประมาณ 11,771 คน การเก็บตัวอย่างน้ำใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (grab sampling) ตรวจวัด pH และอุณหภูมิ ณ จุดเก็บตัวอย่าง และเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ลงพื้นที่เพื่อสร้างความเข้าใจ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับสถานฝังกลบขยขย และความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และกำหนดขอบเขตร่วมกับชุมชนเพื่อเลือกพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของน้ำขยขยจากสถานฝังกลบขยขยมูลฝอยเทศบาลนครลำปาง
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนที่มีโอกาสพบในหลุมฝังกลบขยขยและอาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ความเป็นพิษหรือเป็นอันตราย ตลอดจนแนวทางหรือวิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
3. วิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสีย และน้ำขยขยจากบ่อรวบรวมน้ำขยขยทุก ๆ 2 เดือน เป็นเวลาทั้งสิ้น 1 ปี ได้แก่ ความสกปรกของน้ำในรูปของ บีโอดี ซีโอดี ของแข็งทั้งหมด ค่าพีเอช อุณหภูมิ ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ นิเกิล โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว และทองแดง โดยวิเคราะห์ตามวิธีการมาตรฐานของ AWWA (American Public Health Association, 1995) ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 (Table 1)
4. นำน้ำขยขยมาวิเคราะห์หาชนิดของสารอินทรีย์ที่พบในน้ำขยขยซึ่งจะวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS (Gas chromatography - Mass spectrometry) รวบรวมข้อมูลของสารประกอบอินทรีย์ที่ตรวจพบทุกชนิดและรายงานความเป็นพิษ
5. ศึกษาสารประกอบอินทรีย์ 4 ชนิดแรก ที่พบมากที่สุดหรือส่งผลกระทบต่อชุมชนหรือสิ่งแวดล้อมมากที่สุด พร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น โครงสร้างทางเคมี น้ำหนักโมเลกุล การละลายน้ำ ความดันไอ เป็นต้น เพื่อเตรียมเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การกระจายตัวของสารด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Table 1 Monitored parameters and analytical methods

Parameters	Method
pH	pH Meter
Temperature	Thermometer
Chemical Oxygen Demand; COD	Closed Reflux and Titrimetric Method (5220C)
Biochemical Oxygen Demand; BOD	Azide Modification Method (5120B)
Total Solids;TS	Gravimetric method
Total Suspended Solids; TSS	Gravimetric method
Total dissolved solid; TDS	Gravimetric method
Total Nitrogen; TKN	Kjeldahl method
Ammonia nitrogen ; NH ₃ -N	Colorimetric Method (Nesslerization)
Cadmium	Air-C ₂ H ₂ FAAS
Chromium	Air-C ₂ H ₂ FAAS
Nickel	Air-C ₂ H ₂ FAAS
Lead	Air-C ₂ H ₂ FAAS
Copper	Air-C ₂ H ₂ FAAS

6. วิเคราะห์การกระจายตัวของสารประกอบอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมในกรณีเกิดการรั่วไหลหรือการรั่วซึมของน้ำชะขยะลงสู่สิ่งแวดล้อมโดยใช้ Fugacity Model Level I (Mackay, 2000; Mackay & Paterson, 1991) การประเมินผลกระทบจะทำการประเมินผลกระทบต่อชุมชนพื้นที่ในรัศมีประมาณ 5 กิโลเมตร โดยรอบหลุมฝังกลบขยะ เทศบาลนครลำปาง ซึ่งมีผลกระทบต่อชุมชนพื้นที่ 8 หมู่บ้านในเขต ตำบลกล้วยแพะ อ.เมือง จ.ลำปาง (หมู่บ้านกล้วยหลวง หมู่บ้านกล้วยแพะ หมู่บ้านกล้วยม่วง หมู่บ้านกล้วยกลาง หมู่บ้านหัวฝาย และหมู่บ้านประสบสุข) ภายใต้การปกครองดูแลของเทศบาลเมืองเขลางค์นคร และหมู่บ้านแม่ปุง หมู่บ้านฮ่องห้า ต.น้ำโจ้ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง ภายใต้การปกครองดูแลของเทศบาลตำบลน้ำโจ้

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์การกระจายตัวของสารประกอบอินทรีย์ใช้วิธีคำนวณผ่านสมการ $C_{ij} = \sum_j f_{ij}$ (Bates, 2016; Booty & Wong, 1996) โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Fugacity Model Level I สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สมบัติของน้ำชะขยะและน้ำทิ้ง

น้ำชะขยะที่เกิดขึ้นจากการฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาลของเทศบาลนครลำปาง และน้ำทิ้งที่มีสมบัติดังแสดงในตารางที่ 2 (Table 2)

Table 2 Effluent and leachate characteristics

Parameters	Leachate	Effluent
pH	6.0 ±0.2	6.9±0.3
BOD (mg/l)	4,631±123	61.91±3.63
COD (mg/l)	10,213±4038	550.±196.63
TKN (mg/l)	422	NA
NH ₄ -N (mg/l)	240	NA
TSS (g/l)	0.27±0.14	0.07±0.06
TDS (g/l)	7.12±2.27	2.35±0.50
TS (g/l)	7.38±2.40	2.42±0.56
Cd (mg/l)	ND	ND
Cr(mg/l)	<0.025	ND
Ni (mg/l)	0.242±0.001	0.188±0.002
Pb (mg/l)	0.102±0.016	<0.028
Cu (mg/l)	<0.040	ND

Remark ND = not detected, NA =not available

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำชี้ให้เห็นว่า น้ำชะขยะมีค่าความสกปรกสูง โดยมีค่าความสกปรกในรูปซีโอดี และความสกปรกในรูปบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 10,213 และ 4,631 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับค่าพีเอช เฉลี่ยประมาณ 6 ชี้ให้เห็นว่าน้ำชะขยะมีคุณสมบัติเป็นกรด ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.38 กรัมต่อลิตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของแข็งละลายน้ำ ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า กระบวนการย่อยสลายของขยะมูลฝอยในหลุมฝังกลบขยะดำเนินมาได้เป็นเวลานานพอที่จะเกิดการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Tchobanoglous, 1993) ส่งผลให้น้ำชะขยะมีค่าความสกปรกในรูปซีโอดีและบีโอดีสูง กรดอินทรีย์ที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายนี้อาจทำปฏิกิริยากับโลหะที่ปะปนมากับขยะ ทำให้เกิดไอออนของโลหะละลายออกมา สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบแสดงในตารางที่ 2 (Table 2) (%RSD = 7.26) ซึ่งมีความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว พ.ศ. 2548 สอดคล้องกับปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในน้ำชะขยะจากแหล่งอื่น (Alslaihi et al., 2011; Kulikowska, 2012; Naveen et al., 2017) ซึ่งมาจากหลุมฝังกลบขยะที่มีอายุการฝังใกล้เคียงกัน ทั้งนี้หลุมฝังกลบขยะที่มีอายุการฝังกลบมากกว่า 10 ปี จะพบโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำชะขยะน้อยกว่าหลุมฝังกลบขยะใหม่ที่มีอายุการฝังกลบน้อยกว่า 2 ปี (Tchobanoglous, 1993) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์คุณภาพน้ำชะขยะทำให้ทราบว่าปริมาณโลหะที่ปนเปื้อนมากับน้ำชะขยะนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน การวิเคราะห์น้ำทิ้งที่ออกมาจากระบบบำบัดน้ำเสียชี้ให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพสูง สามารถลดค่าความสกปรกในรูปซีโอดีและบีโอดีได้มากถึงร้อยละ 94.6 และ 98.6 ตามลำดับ

องค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำชะขยะ

การศึกษาค้นคว้าของสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนในน้ำชะขยะโดยการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนเป็นตัวสกัด พบว่าน้ำชะขยะที่ออกจากบ่อฝังกลบขยะ มีสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณ 20 ชนิด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3 (Table 3)

Table 3 Organic hydrocarbon substances existed in landfill leachate

Leachate components	Detected proportion (%)
2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester)	99
9-Octadecenoic acid	97
Oleic acid	96
Cyclopropaneoctanal	96
9,17-Octadecadienal	86
Phenol	81
Glycidol stearate	78
Benzene	74
6-Octadecenoic acid	70
Imidazole	68
N-[2-p-Tolylsulfonyl]ethyl] phthalimide	59
Methoxyacetic acid	59
1,3-Bis (trimethylsilyl) benzene	56
2-Oxazolidinethione	47
Chloroacetic acid	43
Cyclononane	42
2-Ethylacridine	37
Indolizine	30
4-Nitro-4'-chlorodiphenylsulfoxide	25
Formic acid	14
3-Bromo-3-buten-1-ol	9

การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำชะขยะด้วยเทคนิค GC-MS (Gas chromatography-mass spectrometry; GC-MS) โดยทำการวิเคราะห์โดยใช้คอลัมน์ HP5-MS ขนาด 0.25 มม. x 30 มม. x 0.25 ไมโครเมตร ภายใต้ความดัน 12.95 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำให้ทราบว่า น้ำชะขยะ มีสารจำพวกอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเกินร้อยละ 80 อยู่ 5 ชนิด ได้แก่ 2-hydroxy-1- (hydroxymethyl) ethyl ester, 9-Octadecenoic acid, Cyclopropaneoctanal, 9,17-Octadecadienal และ Phenol ทั้งนี้ไม่รวมถึงสารตัวกลาง (intermediate) ในกลุ่มกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาหลายงานวิจัย (Kylefors, 2003; Wiszniowski et al., 2007; Aziz & Mojiri, 2015; Gupta & Paulraj, 2017) ที่พบสารอินทรีย์ที่มีหมู่ของ carboxyl และ aromatic hydroxyl จำนวนมากอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลของน้ำชะขยะจากบางแหล่ง นอกจากนี้ยังมีการพบสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก หรือเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ เช่น สารประกอบ chlorinated organics, AOX (Adsorbable organic halides) และ PAH (Polycyclic aromatic hydrocarbons) อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังไม่พบสารประกอบดังกล่าว

การวิเคราะห์การกระจายตัวของสาร

การประเมินการกระจายตัวของสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนกรณีเกิดการรั่วไหลของน้ำชะขยะจากสถานฝังกลบขยะเทศบาลนครลำปาง ลงสู่สิ่งแวดล้อมด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Fugacity-Base Environmental Equilibrium Partitioning Model Level I ประมวลผลภายใต้เกณฑ์มาตรฐาน

(Equilibrium Criterion; EQC) (Mackay et al., 1996) ซึ่งสารเคมีที่พบว่าเป็นองค์ประกอบในน้ำชะขยะ และมีคุณภาพเกินร้อยละ 80 มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดังแสดงในตารางที่ 4 (Table 4)

Table 4 Physical and chemical properties of organic hydrocarbon substances existed in landfill leachate

Organic compounds	Quality (%)	Molar mass (g/mol)	Water solubility (g/m ³)	Vapour pressure (mmHg)	(Pa)	Melting point (°C)	Log Kow
2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	99	316.476	0.3984	1.26E-09	1.68E-07	149.21	5.14
9-Octadecenoic acid	97	282.4614	0.009653	1.54E-06	0.000205	132.66	7.73
Cyclopropaneoctanal	96	280.4885	0.002725	3.07E-05	0.004093	88.81	7.92
9,17-Octadecadienal	86	264.4461	0.01058	8.48E-05	0.011306	62.66	7.34
Phenol	81	94.1112	2.62E+04	3.50E-01	46.66283	-2.27	1.51

ผลการทดลอง พบว่าน้ำชะขยะและน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียมีสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนจำนวน 36 ชนิด ไม่รวมถึงกรดอินทรีย์ระเหยง่ายซึ่งเป็นสารตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศ โดยสารที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้งและน้ำชะขยะส่วนใหญ่ ได้แก่ 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester, 9-Octadecenoic acid, Cyclopropaneoctanal, 9,17-Octadecadienal, Phenol, Benzene, Oxime และ Phenanthrene เป็นต้น สารที่พบโดยส่วนใหญ่นี้ โดยมากเป็นอันตรายไม่มาก เช่น ก่อให้เกิดการระคายเคืองเมื่อมีการสัมผัสถูกผิวหนัง ตา หรือการสูดดมผ่านระบบทางเดินหายใจ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการกระจายตัวของ 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester ซึ่งเป็นสารที่พบมากที่สุดคือน้ำชะขยะและน้ำทิ้ง และสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนอีก 2 ชนิด ได้แก่ phenol และ benzene ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบมาก และถูกระบุว่าเป็นสารอันตราย (UN No. 1671, 2312, 2821 สำหรับ phenol และ UN No.1114 สำหรับ benzene) การพบ benzene และ Phenol นี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาในหลายพื้นที่ที่มีการพบสารทั้งสองชนิดนี้ในน้ำชะขยะ และได้ให้ความสำคัญในความเป็นอันตรายของสาร ตลอดจนเสนอแนวทางในการลดความเป็นพิษของสารที่พบด้วย (Mojiri & Ziyang, 2015; Bakraouy et al., 2015; Jayawardhana et al., 2015)

การกระจายตัวของ 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester

2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester เป็นสารที่พบมากที่สุดคือน้ำชะขยะและน้ำทิ้งจากสถานฝังกลบขยะเทศบาลนครลำปาง สารชนิดนี้นอกจากจะพบในห้องปฏิบัติการเคมี และอุตสาหกรรมทางเคมีเภสัชแล้ว ยังพบได้ในพืชบางชนิดด้วย (Balaji & Kilimozhi, 2013; Romeh, 2013) ความเป็นพิษของสารชนิดนี้ คณะกรรมการจัดกลุ่มสารเคมีเพื่อแสดงข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet; SDS) ตามมาตรฐาน GHS (Globally Harmonised System for Classification and labeling of Chemicals) ให้ข้อมูลไว้ว่า สารนี้เป็นสารที่ติดไฟได้ง่ายไม่ว่าจะอยู่ในรูปละอองไอ หรือของเหลว ไม่ควรสัมผัสถูกผิวหนังหรือกลืนกิน การสัมผัสกับตาจะทำให้เกิดการระคายเคืองได้ เนื่องจาก 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester สามารถทำอันตรายเยื่อเมือกของเซลล์ผิวหนังและระบบหายใจส่วนบนได้ จึงทำให้เกิดอันตรายได้หากสูดดมเข้าไป หากผิวหนังสัมผัสสารโดยตรงจะต้องรีบล้างทำความสะอาดด้วยสบู่และน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง กรณีกลืนกินสารเข้าไป หรือสัมผัสถูกตาต้องล้างตาด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง แล้วไปพบแพทย์ทันที

หากอยู่ในบริเวณที่มีการใช้สารเคมี ควรหลีกเลี่ยงการหายใจที่มีฝุ่นละอองไอก๊าซ อนุภาคน้ำ หรือสเปรย์ ที่ปนอยู่ในอากาศ และเพื่อลดอาการจากการที่สารเข้าสู่ร่างกายโดยหายใจ จะต้องรีบเคลื่อนย้ายผู้ที่ได้รับสารออกสู่บริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกและมั่นใจว่าบริเวณดังกล่าวจะมีอากาศที่ไม่เป็นพิษ

จากการศึกษาพบว่า 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester ถูกพบในน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบขยะบางแห่ง โดยปริมาณสูงสุดที่เคยตรวจวัดได้ในหลุมฝังกลบขยะชุมชนที่มีอายุเท่ากัน คือ 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (Aziz, 2012) ผลวิเคราะห์การกระจายตัวของสารดังกล่าวสู่สิ่งแวดล้อมในรัศมี 5 กิโลเมตรรอบสถานฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาลนครลำปางในกรณีที่เกิดการรั่วไหลของน้ำชะขยะและน้ำทิ้งโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Fugacity-Base Environmental Equilibrium Partitioning Model Level I พบว่า หากเกิดการรั่วไหลของน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบขยะของเทศบาลนครลำปาง จะพบว่า 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำชะขยะมีโอกาสกระจายตัวลงสู่สิ่งแวดล้อมในทุกส่วน ได้แก่ อากาศ ละอองไอ น้ำ ของแข็งแขวนลอยในน้ำ สัตว์น้ำ (ปลา) ดิน และตะกอนดิน ดังภาพที่ 1 (Figure 1)

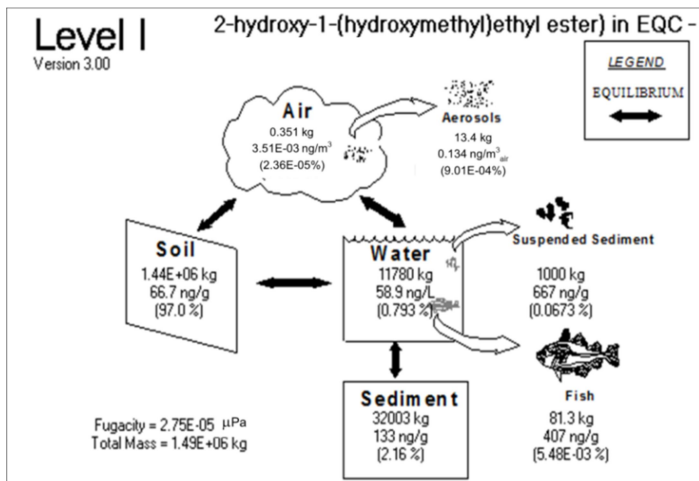


Figure 1 The accumulation of 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester in environment in case of leachate percolation

โดยจะมีการสะสมตัวอยู่ในส่วนของดินมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97 โดยน้ำหนักของปริมาณสารทั้งหมด รองลงมาคือตะกอนดิน และในน้ำ โดยอาจสะสมตัวในตะกอนดินประมาณร้อยละ 2 ขณะที่อาจมีการสะสมตัวในน้ำน้อยกว่าร้อยละ 1 สำหรับในส่วนอื่นๆ ได้แก่ ตะกอนหรือของแข็งแขวนลอยในน้ำ สัตว์น้ำ ละอองไอ และอากาศ พบการสะสมตัวของ 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ปริมาณและความเข้มข้นของ 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester ที่มีโอกาสสะสมตัวในสิ่งแวดล้อมในรัศมี 5 กิโลเมตรรอบสถานฝังกลบขยะเทศบาลนครลำปางในกรณีที่มีการรั่วไหลของน้ำชะขยะและน้ำทิ้งแสดงในตารางที่ 5 (Table 5)

Table 5 Concentration and mass of 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester in environment in case of leachate percolation

Environment	Concentration			Mass		
	mol/m ³	g/m ³	µg/g of solids	mol	kg	%
Air	1.11E-14	3.51E-12	2.96E-09	1.10938	0.351092	0.00
Aerosol	2.11E-02	6.692024	3.346012	42.29087	13.38405	0.00
Water	1.86E-07	5.89E-05	5.89E-05	37223.82	11780.45	0.79
Suspended solid	3.16E-03	1.000085	0.666723	3160.064	1000.085	0.07
Aquatic animals	1.28E-03	0.406538	0.406538	256.9158	81.30768	0.01
Soil	5.06E-04	0.160014	0.066672	4550492	1440122	96.98
Sediment	1.01E-03	0.320027	0.133345	101122	32002.7	2.16

การกระจายตัวของ phenol

อย่างไรก็ตามทั้งในน้ำชะขยะและในน้ำทิ้งซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝิ่ง (stabilization pond) มีการพบสารอินทรีย์ระเหยง่าย ได้แก่ benzene และ phenol ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้ มีความเป็นอันตรายโดย phenol นั้นสามารถแพร่เข้าสู่ร่างกาย โดยซึมผ่านทางผิวหนังได้ง่าย ทำให้เกิดอาการปวดหัว หน้ามืด ไอของ phenol ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและตา phenol ในสถานะของแข็งจะทำให้ผิวหนังถูกเผาไหม้หากมีการสัมผัส นอกจากนี้ยังจัดเป็นสารก่อมะเร็ง (Babich & Davis, 1981)

การศึกษาในครั้งนี้พบว่า หากเกิดการรั่วไหลของน้ำชะขยะและน้ำทิ้ง จะมีโอกาสพบ phenol กระจายตัวอยู่ในน้ำมากกว่าส่วนอื่นๆในสิ่งแวดล้อมคิดเป็นร้อยละ 94.1 โดยน้ำหนัก ซึ่งหากกระจายตัวทั่วพื้นที่ 8 หมู่บ้านในรัศมี 5 กิโลเมตร รอบสถานฝังกลบขยะแล้วจะมีโอกาสพบความเข้มข้นของ phenol ในแหล่งน้ำ 5.714 ไมโครกรัมต่อลิตร ขณะที่ในดินและอากาศ ก็มีโอกาสพบ phenol ด้วยเช่นกัน แต่พบในระดับความเข้มข้นที่ไม่มากนัก โดยพบในอากาศ 0.386 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอาจพบในดิน 1.52 นาโนกรัมต่อกรัมของแข็งทั้งหมด ดังภาพที่ 2 (Figure 2)

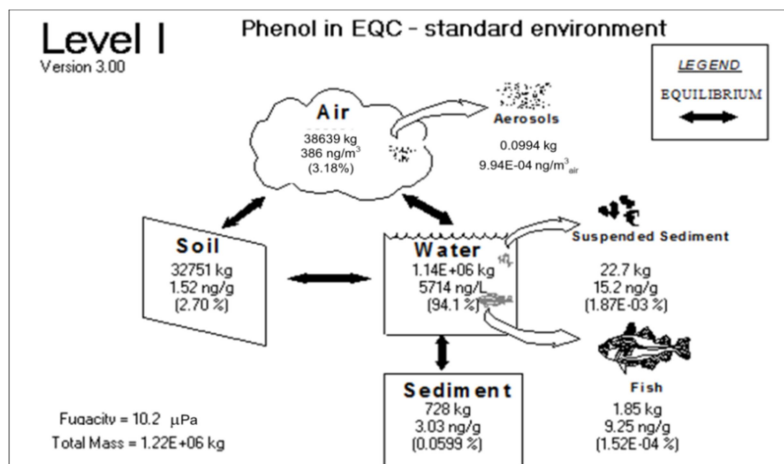


Figure 2 The accumulation of Phenol in environment in case of leachate percolation

การกระจายตัวของbenzene

Benzene เป็นสารอันตรายที่หายใจได้รับเข้าสู่ร่างกายแล้วจะทำให้เกิดอาการเชื่องซึม วิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน ง่วงนอน ปวดศีรษะ หัวใจเต้นเร็ว ชัก และถ้าได้รับในปริมาณสูงมากและเป็นเวลานาน อาจทำให้เสียชีวิตได้ หาก benzene เข้าสู่ร่างกายเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีผลกระทบต่อระบบเลือด เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคโลหิตจาง (anemia) โดยที่ benzene จะเข้าไปทำลายไขกระดูก ทำให้มีจำนวนเม็ดเลือดลดลง เกิดเลือดต่ำ และทำลายระบบภูมิคุ้มกันภายในร่างกายได้ นอกจากนี้ benzene ยังมีพิษต่อระบบประสาท โดยมีความผิดปกติของเส้นประสาทสมอง มีพิษต่อดับ ทำให้ตับอักเสบ และยังเป็นสารก่อมะเร็ง ก่อให้เกิดโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) การประเมินการรั่วไหล benzene ลงสู่สิ่งแวดล้อมในกรณีที่มีการรั่วไหลของน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครลำปาง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Fugacity-Base Environmental Equilibrium Partitioning Model Level I พบผลการประเมินโอกาสการสะสมตัวในสิ่งแวดล้อมที่มีความแตกต่างจากสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่น กล่าวคือ benzene จะมีการกระจายตัวไปในส่วนของอากาศมากที่สุด ซึ่งสูงถึงร้อยละ 99 โดยน้ำหนักของเบนซินที่อยู่ในน้ำเสียและน้ำทิ้งทั้งหมด (5.347 ตัน) และมีส่วนหนึ่งมีโอกาสกระจายตัวอยู่ในน้ำเพียงร้อยละ 0.88 โดยน้ำหนัก (47.56 กิโลกรัม) ส่วนที่เหลือจะมีโอกาสกระจายตัวไปได้ใน ดิน ตะกอนดิน ของแข็งแขวนลอยในน้ำปลา และละอองไอ โดยจะสะสมตัวในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนัก

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงระดับความเข้มข้นของ benzene ที่กระจายตัวอยู่ในสิ่งแวดล้อม จะพบว่าความเข้มข้นที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อม ให้ผลแตกต่างกับการพิจารณาการกระจายตัวของสารในเชิงปริมาณ กล่าวคือ หากเกิดการรั่วไหลของน้ำชะขยะหรือน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียจากสถานฝังกลบขยะเทศบาลนครลำปางแล้ว อาจมีโอกาสพบ benzene ในอากาศสูงถึง 5.347 ตัน แต่หากพิจารณาในส่วนของความเข้มข้นแล้ว benzene จะมีการสะสมตัวอยู่ในชั้นตะกอนดินมากที่สุด คิดเป็น 5.26×10^{-4} นาโนกรัมต่อกรัมของแข็งทั้งหมด แม้ในเชิงปริมาณจะพบเพียง 0.126 กิโลกรัมก็ตาม ขณะที่โอกาสพบ benzene ในอากาศมีเพียง 53.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเท่านั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์บ่งชี้ว่า โอกาสที่จะพบ benzene ในสิ่งแวดล้อมส่วนอื่น ได้แก่ ดิน และน้ำ มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีโอกาสพบ benzene 2.63×10^{-4} นาโนกรัมต่อกรัมของแข็งทั้งหมด ในดิน และ 0.238 นาโนกรัมต่อลิตรในน้ำ

สรุป

น้ำชะขยะและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมีสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณ 36 ชนิด สารส่วนใหญ่ได้แก่ 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester, 9-Octadecenoic acid, Cyclopropaneoctanal, 9,17-Octadecadienal, phenol, benzene, oxime และ phenanthrene ซึ่งโดยมากเป็นสารที่เป็นพิษและอันตรายน้อย อย่างไรก็ตามมีการพบ benzene และ phenol ในน้ำชะขยะและน้ำทิ้ง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอาจมีโอกาสดังกล่าวของสารอันตรายลงสู่สิ่งแวดล้อมหากมีการรั่วไหลของน้ำชะขยะหรือน้ำเสียเกิดขึ้น โดยพื้นที่ 8 หมู่บ้านในรัศมี 5 กิโลเมตรรอบสถานฝังกลบขยะเทศบาลนครลำปางมีโอกาสพบ phenol กระจายตัวอยู่ในน้ำมากที่สุด ความเป็นไปได้ที่อาจพบคือ 5.714 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบ benzene ซึ่งมีโอกาสกระจายตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศมากถึงร้อยละ 99 ส่วนที่เหลือจะกระจายตัวในน้ำประมาณร้อยละ 0.88 ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการรั่วไหลของน้ำชะขยะและน้ำเสียจากสถานฝังกลบขยะจะมีผลกระทบต่อชั้นน้ำใต้ดิน และส่วนอื่น ๆ ในสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปเป็นข้อมูลสนับสนุนการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำรอบสถานฝังกลบขยะเทศบาลนครลำปาง และการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณใกล้เคียงได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางและการสนับสนุนจากเทศบาลนครลำปาง ตลอดจนการช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยของเจ้าหน้าที่ในสถานฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครลำปาง

เอกสารอ้างอิง

- Alslaibi MT, Mogheir KY, Afifi S. Assessment of groundwater quality due to municipal solid waste landfills leachate. *Journal of Environmental and Technology*. 2011; 4(4): 419-436.
- American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, American Public Health Association. Washington DC: American Water Works Association, Water Environment Federation, 1995.
- Aziz HA, Adlan MN, Amilin K. et al. Quantification of leachate generation rate from a semi-aerobic landfill in Malaysia. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*. 2012; 11(9): 1581-1585.
- Aziz QS, Mojiri A. *Composition of Leachate, Control and Treatment of Landfill Leachate for Sanitary Waste Disposal*. USA: IGI Global, 2015.
- Babich H, Davis LD. Phenol: A review of environmental and health risk, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1981; 1(1): 90-109.
- Bakraouy H, Souabi S, Digua K. et al. Removal of phenol and surfactant from landfill leachate by coagulation flocculation process. *Scientific Study & Research*. 2015; 16(4): 329-341.
- Balaji K, Kilimozhi D. GC-MS Analytical of various extracts of Clerodendrum Phlomidis leaf. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science*. 2014; 6(1): 226-232.
- Bates LM, Bigot M, Cropp R. et al. On the formulation of environmental fugacity models and their numerical solutions. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2016; 35(9): 2182-2191.
- Booty GW, Wong WSI. Application of a fugacity model for assessing chemical fate in ecodistricts of southern Ontario, *Ecological Modelling*. 1996; 84(1-3): 245-263.
- Gupta A, Paulraj R. Leachate composition and toxicity assessment: an integrated approach correlating physicochemical parameters and toxicity of leachates from MSW landfill in Delhi, *Environmental Technology*. 2017; 38(13-14): 1599-1605.
- Jayawardhana Y, Kumarathilaka P, Weerasundara L. et al. Detection of benzene in landfill leachate from Gohagoda dumpsite and its removal using municipal solid waste derived biochar. *Proceeding on 6th International Conference on Structural Engineering and Construction Management 2015*, Kandy, Sri Lanka, 11-13th December 2015, 50-55.
- Kulikowska D. Nitrogen removal from landfill leachate via the nitrite route, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2012; 29(2): 7307-7318.
- Kylefors K, Evaluation of leachate composition by multivariate data analysis (MVDA), *Journal of Environmental Management*. 2003; 68(4): 367-376.
- Mackay D. *Multimedia Environmental Models: The Fugacity Approach*. Chelsea, USA: Lewis Publishers Inc., 2000.

- Mackay D, Guardo DA, Paterson S. et al. Assessing the fate of new and existing chemicals: A five stage process, *Environmental Toxicology Chemistry*. 1996; 15(9): 1618-1626.
- Mackay D, Paterson S. Evaluating the multimedia fate of organic chemicals: a level III fugacity model, *Environmental Science and Technology*. 1991; 25(1): 427-436.
- Mojiri A, Ziyang L. Phenols and manganese removal from landfill leachate and municipal wastewater using the constructed wetland, *International Journal of Environmental Chemical Ecological Geological and Geophysical Engineering*. 2015; 9(8): 974-977.
- Naveen PB, Mahapatra MD, Sitharam GT. et al. Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. *Environmental Pollution*. 2017; 220: 1-12.
- Romeh AA. Phytochemicals from *Ficussycomorus* L. Leaves act as insecticides and acaricides, *African journal of agricultural research*. 2013; 8(27): 3571-3579.
- Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. USA: McGraw-Hill, 1993.
- Wiszniewski J, Surmacz-Górska J, Robert D. et al. The effect of landfill leachate composition on organics and nitrogen removal in an activated sludge system with bentonite additive. *Journal of Environmental Management*. 2007; 85(1): 59-68.