การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน บริเวณหลุมฝังกลบ ของเสียที่ไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี

โดย
นายสิริพงศ์ สุดางาม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน บริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี

โดย
นายสิริพงศ์ สุดางาม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

HEALTH RISK ASSESSMENT OF HEAVY METALS IN GROUND WATER IN NON-HAZARDOUS WASTE LANDFILL AREA, RATCHABURI PROVINCE

By

MR. Siriphong SUDANGAM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

Department of ENVIRONMENTAL SCIENCE

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2018

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน บริเวณหลุมฝังกลบ ของเสียที่ไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี
โดย	สิริพงศ์ สุดางาม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาคะโป

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาคะโป)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์)

58311310 : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ, โลหะหนัก, น้ำใต้ดิน, หลุมฝังกลบ, ราชบุรี, ของเสียที่ไม่อันตราย

นาย สิริพงศ์ สุดางาม: การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน บริเวณหลุมฝังกลบ ของเสียที่ไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาคะโป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปา รวมทั้งประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ทั้งความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินและในน้ำประปาบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี โดยเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่จุดอ้างอิงเหนือน้ำ จุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน และจุดอ้างอิงท้ายน้ำ รวมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำประปาเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ระหว่างเดือนเมษายน - ตุลาคม พ.ศ. 2560

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดต้นน้ำและจุดท้ายน้ำพบ Ba Mn Ni และ Zn จุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินพบ As Ba Cr Hg Mn Ni Pb และ Zn ความเข้มข้นอยู่ในช่วง ND-0.004, 0.011-1.37, ND-0.13, ND-0.006, 0.013-11.14, ND-0.095, ND-0.042, และ ND-0.085 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2559 สำหรับความเข้มข้นของ Ba Mn Ni และ Zn ของจุดอ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient) และ จุดอ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.100, 0.515, 0.126, และ 0.930 ตามลำดับ) แต่พบความเข้มข้นของ As Ba Mn Cr ในตัวอย่างน้ำใต้ดินของจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำกับจุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.001, 0.001, 0.012, และ 0.025 ตามลำดับ) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในน้ำประปาตรวจพบเฉพาะ Mn และ Zn มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.011-0.038 และ ND-0.043 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2550

สำหรับการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณจุดต้นและจุดท้ายน้ำซึ่งวิเคราะห์ไม่พบ As ซึ่งเป็นโลหะหนักชนิดเดียวที่ก่อมะเร็งตามรายงานของ US-EPA (2011) และ US-EPA (2003) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงไม่พบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเนื่องจากการได้รับโลหะหนักจากการใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปา สำหรับการประเมินความ

เสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งสำหรับผู้ใหญ่พบความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนัก เรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ Ni Mn Ba และ Zn อยู่ในช่วง 0.050-0.069, 0.011-0.062, 0.006-0.045 และ 0.002-0.003 ตามลำดับ การได้รับสัมผัสผ่านทางเดินอาหารก่อให้เกิดความเสี่ยงมากกว่าทางผิวหนัง และความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินสูงกว่าการได้รับโลหะหนักจากน้ำประปา โดยความเสี่ยงรวมมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของ US-EPA (1989)

58311310 : Major (ENVIRONMENTAL SCIENCE)
Keyword : HEALTH RISK ASSESSMENT, HEAVY METAL, GROUND WATER, LANDFILL, RATCHABURI, NON HAZARDOUS WASTE

MR. SIRIPHONG SUDANGAM : HEALTH RISK ASSESSMENT OF HEAVY METALS IN GROUND WATER IN NON-HAZARDOUS WASTE LANDFILL AREA, RATCHABURI PROVINCE THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR MALLIKA PANYAKAPO

The objectives of this research are to investigate the contamination of heavy metals in groundwater and tap water and to assess human cancer and non-cancer risk caused by heavy metals in groundwater in non-hazardous landfill area located in Rachaburi province. Groundwater and tap water samples, at up-gradient, landfill and down-gradient areas were collected during April to October 2017.

Ba Mn Ni and Zn were found in groundwater collected from up-gradient and down-gradient wells whereas the other heavy metals were not detected. The concentrations of As, Ba, Cr, Hg, Mn, Ni, Pb and Zn in groundwater collected from monitoring well located in the landfill area were ND-0.004, 0.011-1.37, ND-0.13, ND-0.006, 0.013-11.14, ND-0.095, ND-0.042 and ND-0.085 mg/L, respectively which was meet the requirements of Groundwater Quality Standards by the Department of Industrial Works (2016). The concentrations of Ba, Mn, Ni and Zn at up-gradient and down-gradient areas were not significantly differences with *p*- values of 0.100, 0.515, 0.126 and 0.930. But the concentrations of As, Ba, Mn and Cr at up-gradient as well as down-gradient to the monitoring wells were significantly differences with *p*- values of 0.001, 0.001, 0.012, and 0.025 at 95% significant level. For tap water samples, Mn and Zn concentrations were 0.011-0.038 and ND-0.043 mg/L, respectively which was meet the requirement of the Standard Deviation of Provincial Waterworks Authority, 2007. The other heavy metals in tap water were not detected.

Among all kinds of heavy metals analyzed in this research, only arsenic (As) causes carcinogenic risk in human, according to US-EPA (2011) and US-EPA (2003). The concentration of As in groundwater and tap water samples collected in the up-gradient and the down-gradient area was not detected. Therefore, there is no cancer

risk caused by heavy metal intake. Non-cancer risk caused by Ni, Mn, Ba and Zn descended from 0.050-0.069, 0.011-0.062, 0.006-0.045, and 0.002-0.003 respectively. The oral ingestion route caused higher risk than the dermal absorption whereas non-cancer risk from groundwater intake was much higher than that from tap water intake. The total non-cancer risk was lower than 1 which was accepted by US-EPA 1989.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้โอกาส ให้คำแนะนำช่วยเหลือ ตลอดคนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ขอบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์ ประธานกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยดาว วินิจนันทรัตน์ กรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ติดต่อประสานงานในการจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการสอบวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการ บริษัท แวกซ์ กาเบ็จ รีไซเคิล เซ็นเตอร์ จำกัด ที่มอบโอกาส ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณนายเอกชัย ลิ้มพัฒนสกุล และนางสาววารี ลิ้มพัฒนสกุล รองประธานกรรมการบริษัท ที่ให้คำแนะนำ และสนับสนุนทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อยม สุดางาม และคุณแม่จวน สุดางาม ขอบคุณนายสุวิทย์ สุดางาม นายณัฐวิทย์ สุดางาม นางสาวธันย์ชนก ปีแสน รวมทั้งทุกคนในครอบครัวสุดางามที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนช่วยเหลือจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สิริพงศ์ สุดางาม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญรูป ..... ฒ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 5

ตรวจสอบเอกสาร 5

2.1 ของเสีย 5

2.1.1 ของเสียอันตราย (Hazardous Waste) 5

2.1.2 ของเสียที่ไม่เป็นอันตราย (Non hazardous Waste) 5

2.1.3 การจำแนกกากของเสีย 6

2.2 หลุมฝังกลบ (Landfill) 6

2.2.1 การฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) 7
2.2.1.1 วิธีฝังกลบแบบพื้นราบ (Area Method) 8
2.2.1.2 วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method) 8
2.2.1.3 วิธีการฝังกลบแบบหุบเขา (Canyon Method) 9
2.2.2 การฝังกลบแบบปลอดภัย (Secure Landfill) 10
2.3 การปนเปื้อนจากหลุมฝังกลบ (Landfill Contamination) 11
2.4 โลหะหนัก 12
2.4.1 ตะกั่ว (Lead) 12
2.4.2 แคดเมียม (Cadmium) 13
2.4.3 โครเมียม (Chromium) 13
2.4.4 แบเรียม (Barium) 13
2.4.5 สังกะสี (Zn) 14
2.4.6 สารหนู (Arsenic) 14
2.4.7 นิกเกิล (Nickel) 14
2.4.8 ปรอท (Mercury) 15
2.4.9 แมงกานีส (Manganese) 15
2.4.10 ซีลีเนียม (Selenium) 16
2.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน 16
2.6 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment) 17
2.6.1 การบ่งชี้อันตราย หรือการพิจารณาหาสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) 18
2.6.2 การประเมินผลกระทบจากสิ่งคุกคามนั้น (Dose-Response Evaluation) 19
2.6.3 การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment) 19
2.6.4 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment) 21
2.6.5 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization) 23

2.7 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา 25
2.7.1 ความเป็นมาของโครงการ 25
2.7.2 พื้นที่โดยรอบหลุมฝังกลบ 28
2.7.2.1 ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 28
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
2.8.1 การปนเปื้อนของโลหะในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบ 32
2.8.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ 34
บทที่ 3 37
วิธีการวิจัย 37
3.1 ภาพรวมของการวิจัย 37
3.2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล 38
3.3 การเก็บและการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ 38
3.3.1 จุดเก็บตัวอย่าง 38
3.3.2 ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง 43
3.3.3 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ 43
3.4 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 46
3.4.1 เครื่องมือ 46
3.4.2 สารเคมี เครื่องแก้ว และอุปกรณ์ 46
3.4.3 การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์โลหะหนัก 47
3.4.4 การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ปรอท 47
3.4.5 การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์สารหนู และเซเลเนียม 48
3.5 การทำแบบสอบถาม 49
บทที่ 4 51
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย 51

4.1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก....51
4.1.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดิน....51
4.1.1.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดอ้างอิงเหนือน้ำ....51
4.1.1.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดบ่อสังเกตการณ์....51
4.1.1.3 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหนักจุดอ้างอิงท้ายน้ำ....51
4.1.1.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่าง 3 กลุ่มจุดอ้างอิง..55
4.1.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปา....57
4.1.2.1 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปา....60
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม....62
4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ....64
4.3.1 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer Risk)....64
4.3.2 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk)....64
4.3.3 การเปรียบเทียบความเสี่ยงด้านสุขภาพ....74
4.4 แนวทางการจัดการความเสี่ยง....81
บทที่ 5....83
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ....83
5.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดิน....83
5.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปา....83
5.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ....84
รายการอ้างอิง....86
ภาคผนวก....87
ภาคผนวก ก แบบตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นของโครงการหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตราย....88

ภาคผนวก ข แบบสอบถามสำหรับผู้ใช้น้ำ เรื่อง การใช้น้ำของประชาชนบริเวณหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี.....91

ประวัติผู้เขียน.....93

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เกณฑ์ค่าสูงสุดของการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินในบริเวณโรงงาน.....17
2.2 ค่า Oral Slope Factor และ Reference Dose ของโลหะหนัก.....22
2.3 ค่า Dermal Slope Factor และ Reference Dose ของโลหะหนัก.....22
2.4 ค่าคงที่สำหรับคำนวณหาความเข้มข้นของโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกาย (Intake).....23
2.5 ปริมาณของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายที่รับมาฝังกลบหลุมที่ 1.....27
3.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน.....40
3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำประปา.....43
3.3 การรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ.....45
3.4 ค่าคงที่สำหรับคำนวณการได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย (Intake).....50
3.5 สัดส่วนของการใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาจากข้อมูลแบบสอบถาม.....50
4.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักน้ำใต้ดิน.....53
4.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักน้ำประปา.....57
4.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสีย ไม่อันตราย จังหวัดราชบุรีกับงานวิจัยต่าง ๆ.....62
4.4 ข้อมูลจากแบบสอบถามสำหรับการใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน.....63
4.5 ตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางเดินอาหารสำหรับผู้ใหญ่.....66
4.6 ตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณท้ายน้ำ ผ่านทางผิวหนัง สำหรับผู้ใหญ่.....67
4.7 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนัก ในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางเดินอาหารสำหรับผู้ใหญ่.....68

4.8 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนัก ในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางผิวหนังสำหรับผู้ใหญ่.....68
4.9 ความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน บริเวณจุดท้ายน้ำ สำหรับผู้ใหญ่ กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด.....69
4.10 ตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางเดินอาหาร สำหรับผู้ใหญ่.....70
4.11 ตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางผิวหนังสำหรับผู้ใหญ่.....71
4.12 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนัก ในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางเดินอาหารสำหรับผู้ใหญ่.....72
4.13 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนัก ในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางผิวหนังสำหรับผู้ใหญ่.....72
4.14 ความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน บริเวณจุดท้ายน้ำสำหรับผู้ใหญ่ กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย.....14
4.15 การเปรียบเทียบการได้รับความเสี่ยงจากการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งกับงานวิจัย อื่นๆ.....81

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 การฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill).....7
2.2 วิธีฝังกลบแบบพื้นราบ (Area Method).....8
2.3 วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method).....9
2.4 วิธีฝังกลบแบบหุบเขา (Canyon Method).....9
2.5 การฝังกลบแบบปลอดภัย (Secure Landfill).....10
2.6 เส้นทางการสัมผัส.....20
2.7 ที่ตั้งหลุมฝังกลบกากของเสียที่ไม่เป็นอันตราย.....25
2.8 ภาพตัดขวางหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่อันอันตราย (หลุมที่ 1).....26
2.9 ภาพตัดขวางหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่อันอันตราย (หลุมที่ 2).....27
2.10 ที่ตั้งตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี.....29
2.11 ลำห้วยสาธารณะ.....31
2.12 บ่อน้ำตื้น.....32
3.1 ภาพรวมการดำเนินงานวิจัย.....37
3.2 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่หลุมฝังกลบ.....38
3.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน.....39
3.4 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW1.....41
3.5 บ่อน้ำบาดาล GW2.....41
3.6 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW3.....41
3.7 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW4.....41
3.8 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW5.....41
3.9 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW6.....41
3.10 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW7.....41

3.11 บ่อน้ำใต้ดิน GW8.....41
3.12 บ่อน้ำใต้ดิน GW9.....41
3.13 จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปา.....42
3.14 การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินด้วยวิธี Bailer Sampling.....45
4.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำใต้ดิน.....55
4.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปา.....58
4.3 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำชัฏป่าหวาย.....59
4.4 อ่างเก็บน้ำชัฏป่าหวาย อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี 59
4.5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสและสังกะสีในตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปา.....60
4.6 จุดเหนือน้ำและจุดท้ายน้ำ.....75
4.7 ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในแต่ละเส้นทางการได้รับโลหะหนัก.....76
4.8 ร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในแต่ละเส้นทางการได้รับโลหะหนัก....71
4.9 ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดิน
และน้ำประปา.....77
4.10 ร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดิน
และน้ำประปา.....78
4.11 ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด.....79
4.12 ร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด....79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีกำลังฐานผลิตในด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่กำลังขยายฐานการผลิตไปทั่วภูมิภาคของประเทศ เกิดการสร้างนิคมอุตสาหกรรมขึ้นจำนวนมาก สิ่งที่ตามมาควบคู่กันคือของเสียจากกระบวนการอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งต้องทำการส่งกำจัดอย่างถูกต้องตามกฎหมายโดยหน่วยงานที่รับบำบัดและกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมที่ได้รับรองการประกอบกิจการโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม หลักการวิธีการบำบัดและกำจัดมีหลายวิธี การฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้บำบัดและกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมที่กำลังได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานของภาครัฐเพื่อช่วยลดปัญหาปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรม แต่ในปัจจุบันปัญหามลพิษจากหลุมฝังกลบนับวันยิ่งทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นดังที่เป็นข่าวการร้องเรียนของชุมชนในพื้นที่บริเวณใกล้เคียงที่ประกอบกิจการหลุมฝังกลบว่าแหล่งน้ำหรือพื้นที่ทางการเกษตรปนเปื้อนสารมลพิษจากหลุมฝังกลบ ทำให้ชาวบ้านในชุมชนได้รับความเดือดร้อนหรือมีความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการประกอบกิจการหลุมฝังกลบที่ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องยาวนานโดยไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการและความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของผู้ประกอบการ ตลอดจนการกำกับดูแลที่ไม่ทั่วถึงของภาครัฐที่ทำให้เกิดผลกระทบตามมาดังกล่าว กระทรวงอุตสาหกรรมได้ออกกฎกระทรวงการควบคุมการปนเปื้อนดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ.2559 ออกมาใช้ในการติดตามตรวจสอบเพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์ของหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรม ตลอดจนใช้เป็นแนวทางป้องกันแก้ไขปัญหาทั้งระยะสั้นและระยะยาวครอบคลุมด้านการควบคุม การป้องกัน และการแก้ไขปัญหามลพิษจากหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

งานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักต่าง ๆ ในน้ำใต้ดินบริเวณโดยรอบหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายที่ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยวิเคราะห์โลหะหนักต่าง ๆ ได้แก่ แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) แบเรียม (Barium) ตะกั่ว (Lead) แมงกานีส (Manganese) นิกเกิล (Nickel) สังกะสี (Zinc) สารหนู

(Arsenic) ซีลีเนียม (Selenium) และ ปรอท (Mercury) เนื่องจากโลหะเหล่านี้ได้ถูกกำหนดเป็นสารปนเปื้อนในบริเวณโรงงานตามภาคผนวก 1 ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2559ข) รวมทั้งประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเส้นทางการได้รับสัมผัสสารโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย 2 เส้นทาง ได้แก่ ทางเดินอาหาร (Ingestion) และทางผิวหนัง (Dermal Contact) ของประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณโดยรอบหลุมฝังกลบในรัศมี 500 เมตรจากการได้รับโลหะหนักเหล่านี้ในน้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดินสำหรับการอุปโภคบริโภค เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการดำเนินการป้องกันแก้ไขปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดกับประชนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตราย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อทราบสถานการณ์การปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย

1.2.2 เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ ทั้งความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย

1.3.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินมีความเข้มข้นต่ำกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2559ข)

1.3.2 ความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับโลหะหนักอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ของ US-EPA ปี ค.ศ.1989

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย จังหวัดราชบุรี จำนวน 9 จุดในรัศมี 500 เมตรจากหลุมฝังกลบ ตามเกณฑ์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2559ข) และน้ำประปาในพื้นที่ศึกษาจำนวน 5 จุด

1.4.2 วิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักน้ำใต้ดินและน้ำประปา โดยวิเคราะห์โลหะหนัก จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม แบเรียม ตะกั่ว แมงกานีส นิกเกิล สังกะสี สารหนู ซีลีเนียม และปรอท ตามมาตรฐานวิธีการวิเคราะห์ของ APHA, AWWA, WEF (2012) (APHA, 2012)

1.4.3 เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปา 4 ครั้ง ในเดือนเมษายน มิถุนายน สิงหาคม และตุลาคม พ.ศ. 2560

1.4.4 เก็บตัวอย่างแบบสอบถามในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 จำนวน 1 ครั้ง จากประชาชนที่อาศัยอยู่ในจุดเหนือน้ำกับจุดท้ายน้ำและบริเวณโดยรอบหลุมฝังกลบ จำนวน 43 คน

1.4.5 ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ทั้งความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง จากการได้รับโลหะหนักจากน้ำประปาและน้ำใต้ดินในพื้นที่โดยรอบหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตรายด้วยวิธีของ US-EPA ปี ค.ศ.1989 โดยทำการประเมินความเสี่ยงจากเส้นทางการได้รับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย 2 เส้นทาง ได้แก่ ทางเดินอาหาร (Ingestion) และทางผิวหนัง (Dermal contact) และประเมินความเสี่ยงสำหรับคน 2 กลุ่ม คือ เด็ก (อายุ 0-6 ปี และอายุ 6-12 ปี) และผู้ใหญ่ (อายุ 15-60 ปี ขึ้นไป และมีอายุเฉลี่ย 70 ปี)

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 รวบรวมข้อมูลทั่วไปของโครงการหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย

1.5.2 เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย

1.5.4 เก็บตัวอย่างแบบสอบถาม

1.5.5 วิเคราะห์โลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย และน้ำประปาในพื้นที่ศึกษา

1.5.6 ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำน้ำประปาในพื้นที่โดยรอบหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย ด้วยวิธีของ US-EPA ปี ค.ศ.1989

1.5.7 เสนอแนวทางการป้องกันและแก้ไขการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดิน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบสถานการณ์การปนเปื้อนโลหะหนักน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย

1.6.2 ทราบความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับโลหะหนักจากน้ำประปา และน้ำใต้ดินในพื้นที่โดยรอบหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย

1.6.3 เสนอแนวทางป้องกันและแก้ไขการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตรายเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2

ตรวจสอบเอกสาร

2.1 ของเสีย

ของเสีย (Waste) หมายถึง "สิ่งปฏิกูล" หมายความว่า อุจจาระหรือปัสสาวะ และหมายความรวมถึงสิ่งอื่นใดซึ่งเป็นสิ่งโสโครกหรือมีกลิ่นเหม็น "มูลฝอย" หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น (ราชกิจจานุเบกษา, 2561) หรือมลสารวัตถุอันตรายอื่นใดซึ่งถูกปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษรวมทั้งกากตะกอน หรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้นที่อยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซ (นิธาน ชัยเนตร, 2548) ของเสียเหล่านั้นมีทั้งของของเสียอันตราย (Hazardous waste) และของเสียที่ไม่เป็นอันตราย (Non hazardous waste) ดังนี้

2.1.1 ของเสียอันตราย (Hazardous Waste)

ของเสียที่เป็นอันตราย หมายถึง ของเสียที่เป็นพิษหรือก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไป รวมถึงปริมาณของเสียเหล่านั้นหรือคุณสมบัติทางกายภาพทางเคมี หรือการแพร่เชื้อโรค ของเสียอันตรายมักมีคุณสมบัติไวไฟ ทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรง เกิดการกัดกร่อน ก่อให้เกิดพิษและโรค หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากากของเสียอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2548 (ราชกิจจานุเบกษา, 2549) ยกตัวอย่างเช่น บรรจุภัณฑ์ของสารเคมี ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ กากตะกอนที่มีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ เป็นต้น

2.1.2 ของเสียที่ไม่เป็นอันตราย (Non hazardous Waste)

ของเสียที่ไม่เป็นอันตราย หมายถึง สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งไม่ก่อให้เกิดพิษหรืออันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไป รวมถึงปริมาณของเสียเหล่านั้นหรือคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี หรือการแพร่เชื้อโรค

2.1.3 การจำแนกกากของเสีย

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (2548) ได้มีการกำหนดรหัส ชนิด และประเภทของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วเป็นเลข 6 หลัก และถ้ามีอักษร HA (Hazardous waste-Absolute entry) และ HM (Hazardous waste-Mirror entry) ถือว่าจัดเป็นของเสียอันตรายตามลักษณะที่กำหนดไว้ตามรายละเอียดในภาคผนวกที่ 1 รหัสของชนิดและประเภทของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 (ราชกิจจานุเบกษา, 2549) กรณีรหัสกำกับด้วย HM ถ้าผู้ประกอบการต้องการโต้แย้งว่าสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วชนิดนั้นไม่เข้าข่ายเป็นของเสียอันตรายต้องทำการวิเคราะห์ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 คือ ลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นของเสียอันตราย ดังนี้

ข้อ 1 สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วประเภทไวไฟ (Ignitable substances)

ข้อ 2 สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วประเภทสารกัดกร่อน (Corrosive substances)

ข้อ 3 สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วประเภทสารที่เกิดปฏิกิริยาได้ง่าย (Reactive substances)

ข้อ 4 สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วประเภทสารพิษ (Toxic substances)

ข้อ 5 สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีองค์ประกอบของสิ่งเจือปน

ข้อ 6 การหาความเข้มข้นทั้งหมด การสกัด และการวิเคราะห์หาปริมาณเข้มข้นของสารอันตรายในน้ำสกัด

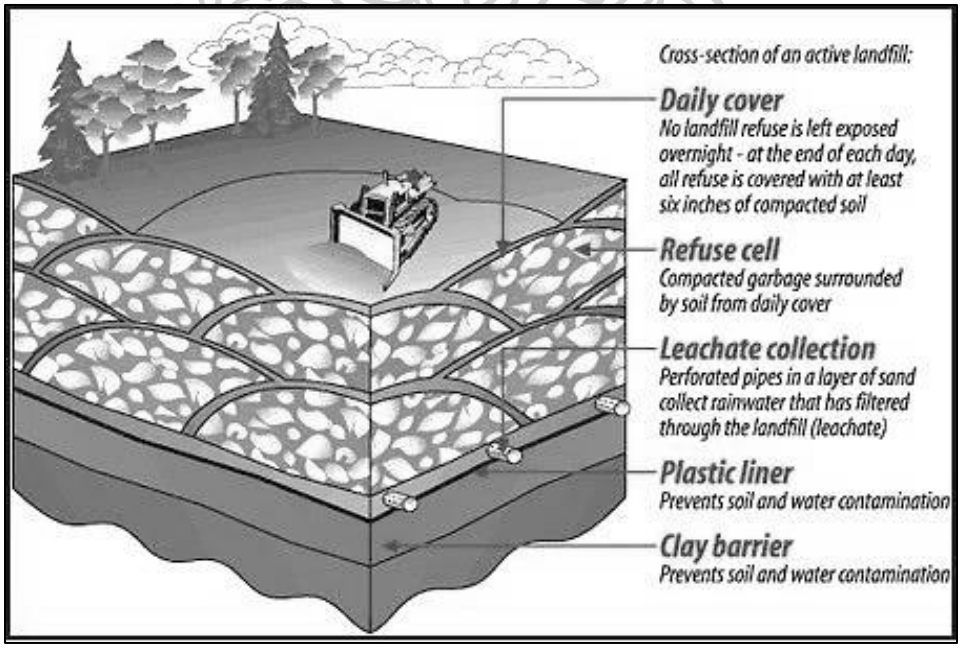
2.2 หลุมฝังกลบ (Landfill)

การฝังกลบ (Landfill) หมายถึง การกำจัดของเสียโดยนำไปฝังกลบในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการรองรับของเสีย โดยมีการวางมาตรการป้องกันผลกระทบในด้านต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง (กรมควบคุมมลพิษ, 2556) การกำจัดของเสียโดยการฝังกลบเป็นวิธีที่ใช้กันมานับร้อยปี เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายถูกที่สุดและเชื่อกันว่าไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การไหลซึมน้ำชะจากขยะ (Leachate) ไม่มีผลถึงแหล่งน้ำใต้ดิน

เพราะถูกกรองโดยชั้นดินก่อน โดยประเทศสหรัฐอเมริกาได้เริ่มเปลี่ยนวิธีการกำจัดมูลฝอยจากการเผาและเททิ้งในพื้นที่กลางแจ้ง มาเป็นการใช้สถานที่ฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกสุขลักษณะ (Sanitary landfill) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2483 (ค.ศ. 1940) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งด้านน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และการระบาดของเชื้อโรค (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2553) การฝังกลบแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1 การฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

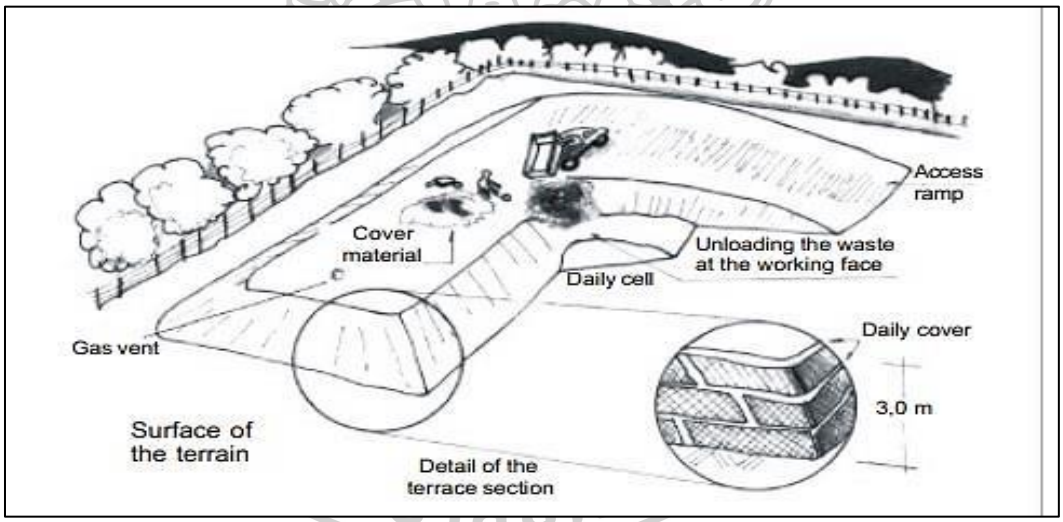
การฝังกลบของเสียที่ถูกหลักสุขาภิบาล หมายถึง วิธีการกำจัดของเสียบนพื้นดินโดยไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญหรือส่งผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของประชาชน โดยอาศัยหลักการวิศวกรรมในการจำกัดขอบเขตของเสียในพื้นที่ที่มีขนาดจำกัด เพื่อลดปริมาตรของเสียให้เหลือน้อยที่สุด และฝังกลบด้วยดินหรือวัสดุที่เหมาะสม หลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานในแต่ละวันหรือตามระยะเวลาที่เหมาะสม วิธีและรูปแบบของการฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill)
ที่มา: (ปราโมช เชี่ยวชาญ, 2557)

2.2.1.1 วิธีฝังกลบแบบพื้นราบ (Area Method)

วิธีฝังกลบแบบพื้นราบ เป็นวิธีฝังกลบที่เริ่มจากระดับดินเดิมโดยไม่มีการขุดดิน ทำการบดอัดของเสียตามแนวราบก่อน แล้วค่อยบดอัดทับในชั้นถัดไปสูงเรื่อย ๆ จนได้ระดับตามที่กำหนด การฝังกลบของเสียโดยวิธีนี้จำเป็นต้องทำคันดิน (Embankment or berm) ตามแนวขอบพื้นที่เพื่อทำหน้าที่เป็นผนังหรือขอบยันการบดอัดของเสียและทำหน้าที่ป้องกันน้ำเสียที่เกิดจากการย่อยสลายของของเสียไม่ให้ซึมออกมาด้านนอก ลักษณะของพื้นที่ที่จำเป็นต้องใช้วิธีนี้คือ ที่ราบลุ่มหรือที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าผิวดินเล็กน้อยไม่เกิน 1 เมตรซึ่งไม่สามารถขุดดินเพื่อกำจัดด้วยวิธีฝังกลบแบบขุดร่องได้ เพราะอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำเสียจากของเสียลงสู่น้ำใต้ดินได้ง่าย ดังรูปที่ 2.2 การกำจัดด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องจัดหาดินจากที่อื่นเพื่อมาทำคันดินทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

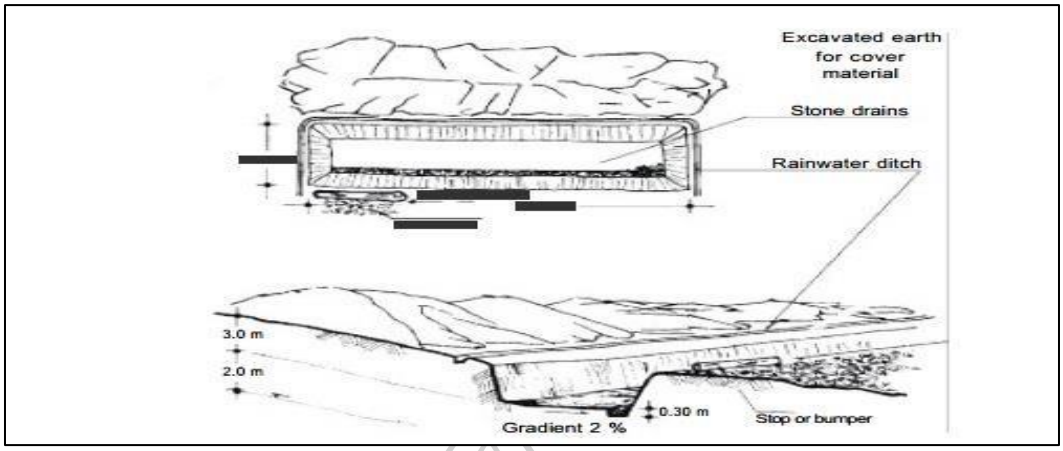


รูปที่ 2.2 วิธีฝังกลบแบบพื้นราบ (Area Method)

ที่มา: (ปราโมช เชี่ยวชาญ, 2557)

2.2.1.2 วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method)

วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง เป็นวิธีการฝังกลบที่เลือกใช้ในกรณีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดิน โดยระดับพื้นของบ่อฝังกลบที่ขุดจะต้องมีระดับน้ำใต้ดินไม่น้อยกว่า 1 เมตรโดยยึดระดับน้ำใต้ดินสูงสุดเป็นเกณฑ์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดิน ดังรูปที่ 2.3 การฝังกลบแบบขุดร่องไม่จำเป็นต้องทำคันดิน เพราะสามารถใช้ผนังของร่องขุดในการบดอัดของเสียได้โดยตรงและยังสามารถใช้ดินที่ขุดออกแล้วนั้นมาใช้กลบของเสียได้อีก (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)



รูปที่ 2.3 วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench method)

ที่มา: (ปราโมช เชี่ยวชาญ, 2557)

2.2.1.3 วิธีการฝังกลบแบบหุบเขา (Canyon Method)

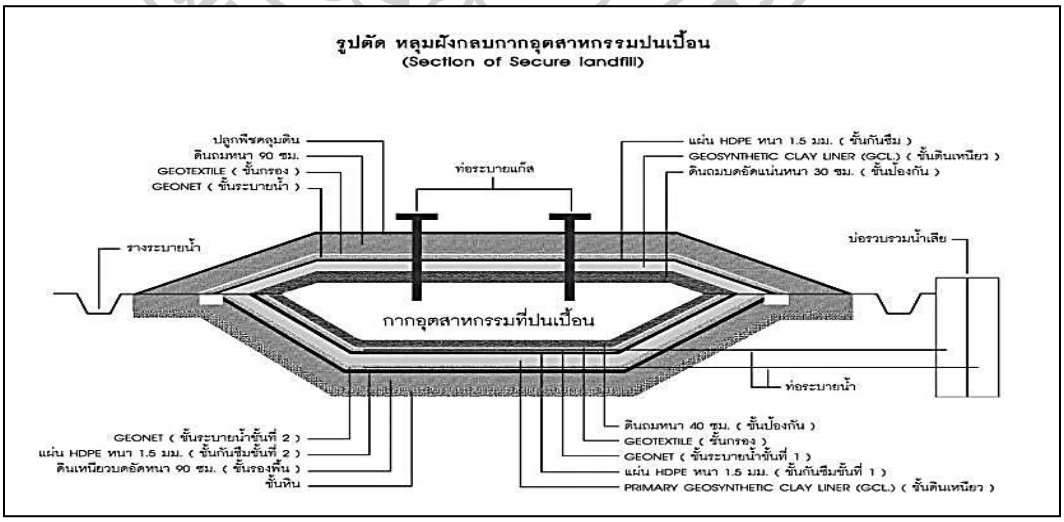
วิธีการฝังกลบแบบหุบเขา เป็นวิธีฝังกลบบนพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแอ่งขนาดใหญ่ ซึ่งอาจเกิดขึ้น ตามธรรมชาติ หรืออาจเกิดจากการขุด เช่น หุบเขา ห้วย บ่อ เหมือง เป็นต้น ดังรูปที่ 2.4 ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่นั้น ๆ เช่น ถ้าพื้นของบ่อมีสภาพค่อยข้างราบ อาจใช้วิธีการฝังกลบแบบขุดร่องหรือแบบที่ราบแล้วแต่กรณี

รูปที่ 2.4 วิธีฝังกลบแบบหุบเขา (Canyon method)

ที่มา: (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

2.2.2 การฝังกลบแบบปลอดภัย (Secure Landfill)

การฝังกลบอย่างปลอดภัย เป็นระบบการจัดการของเสียประเภทที่เป็นอันตราย โดยการนำกากของเสียที่เป็นอันตรายไปทำการปรับเสถียร (Stabilization) เพื่อลดความเป็นพิษด้วยวิธีปรับสภาพความเป็นกรดด่างของกากของเสียให้มีค่าเป็นกลางและทำให้เป็นของแข็ง (Solidification) โดยผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อห่อหุ้มกากของเสียป้องกันการชะล้าง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556) จากนั้นจึงนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบแบบปลอดภัย (กรมควบคุมมลพิษ, 2556) ดังรูปที่ 2.5 หลุมฝังกลบแบบปลอดภัยจะต้องมีลักษณะทางธรณีวิทยาที่เหมาะสม โดยต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งแร่ที่มีค่าทางเศรษฐกิจอยู่ข้างใต้ ไม่มีรอยแตก หรือเป็นโพรงของหิน ชั้นล่าง มีความหนาของชั้นดินระหว่างฐานของหลุมฝังกลบกับระดับน้ำใต้ดินพอสมควร ระดับก้นหลุมฝังกลบจะต้องอยู่สูงจากระดับน้ำใต้ดินสูงสุดไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร และระยะห่างระหว่างขอบนอกของหลุมฝังกลบกับแนวเขตที่ตั้งของหลุมฝังกลบต้องไม่ต่ำกว่า 33 เมตร ไม่เป็นพื้นที่ลุ่มหรือที่น้ำท่วมถึง ไม่มีปัญหาเรื่องน้ำท่วม และอยู่ห่างจากแม่น้ำลำคลอง หรือแหล่งน้ำที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่น้อยกว่า 66 เมตร หรือตามที่ได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้โดยคำนึงถึงสภาพและลักษณะทางธรณีวิทยา หรือมาตรการป้องกันอื่น ๆ ประกอบและอยู่ห่างจากเขตชุมชน ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการหกหล่นฟุ้งกระจาย ปัญหาการจราจรระหว่างการขนส่งกากของเสียสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว รวมทั้งปัญหาเรื่องฝุ่นและเสียงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทำงาน



รูปที่ 2.5 การฝังกลบแบบปลอดภัย (Secure landfill)
ที่มา: (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ม.ป.ป.)

2.3 การปนเปื้อนจากหลุมฝังกลบ (Landfill Contamination)

การปนเปื้อน หมายถึง การที่สิ่งแวดล้อมมีจุลชีพ สารเคมี ของเสีย ทั้งในรูปของแข็ง ของเหลว และแก๊สที่ปนเปื้อนในอาหาร น้ำ อากาศ หรือเปรอะเปื้อนที่พื้นผิววัสดุ อุปกรณ์ และร่างกายหรือบริเวณที่ต้องการใช้งานซึ่งเกิดขึ้นโดยไม่เจตนา เพราะอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ในปริมาณที่ทำให้ไม่เหมาะแก่การดำรงชีวิต (มณีรัตน์ เทียมทัน, 2554)

ปัญหาหลักที่มักเกิดจากการฝังกลบของเสีย คือ ก๊าซและน้ำชะมูลฝอยที่ไม่มีการออกแบบและเตรียมการรองรับ และยังอาจมีปัญหาอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้หากไม่มีการควบคุมดูแลทำให้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้เคียง หรือเป็นทางผ่านของสถานที่ฝังกลบ (สุภาภรณ์ ศิริโสภนา, 2549) แก๊สซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของเสียที่อยู่ในหลุมฝังกลบจะได้แก๊สชีวภาพ คือ มีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซที่ติดไฟง่ายและเบากว่าอากาศ ถ้ามีปริมาณมากจะมีแรงดันออกทุกทิศทาง ประกอบกับในหลุมฝังมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้นหากในหลุมฝังไม่มีระบบระบายแก๊สหรือควบคุมดูแลไม่ดีอาจเกิดระเบิดหรือไฟไหม้ได้ (Chu C, Ullas, Cheng, & Shang, 2007)

กลิ่นรบกวนจากของเสียขณะขนส่งเทกอง และระหว่างอยู่ในหลุมฝังกลบเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในของเสีย ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีกลิ่น ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นรบกวน นอกจากนี้ยังมีกลิ่นรบกวนจากน้ำชะกากของเสียที่รอการบำบัด ซึ่งส่งกลิ่นรบกวน ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อชุมชนใกล้เคียง (Sarkar, Hobbs, & Longhurst, 2003) นอกจากนี้การปลิวและกระจัดกระจายของของเสียเนื่องจากไม่มีการปิดคลุมด้านบนของมูลฝอยหลังจากเทกองไว้ในแต่ละวัน หรือปิดคลุมไม่ทั่วถึงก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง

ฝุ่นละอองซึ่งเกิดจากการสัญจรของรถบรรทุกมูลฝอย และฝุ่นฟุ้งกระจาย หรือเกลี่ยและบดอัดในสถานที่ฝังกลบ สัตว์พาหะนำโรคต่าง ๆ ก่อให้เกิดเหตุรำคาญและผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและชุมชนใกล้เคียง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพาหะนำโรค กลิ่น รบกวน ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม ทั้งด้านอากาศ น้ำ และดิน ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุและโรคจากการทำงาน รวมทั้งมีผลกระทบต่อสุขภาพจิตจากความเครียดและวิตกกังวลในสุขภาพ

มลพิษทางดินและน้ำ เนื่องจากน้ำชะมูลฝอยซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์ เชื้อโรค และสารพิษต่าง ๆ เจือปนอยู่ไหลสู่แหล่งน้ำผิวดินในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้น้ำชะมูลฝอยยังซึมลงปนเปื้อนสู่

ดินทำให้คุณภาพดินเสื่อมสภาพลงและปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำใต้ดิน (Groundwater contamination) หมายถึง การที่มีสารแปลกปลอม ได้แก่ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ กัมมันตรังสี หรือสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้เมื่ออยู่ในน้ำใต้ดินทำให้คุณภาพของน้ำต่ำลงจนเกิดอันตราย

2.4 โลหะหนัก

โลหะหนัก (Heavy metallic elements) หมายถึง ธาตุโลหะที่มีน้ำหนักต่อปริมาตรสูง คือ ในปริมาตรหนึ่งลูกบาศก์เซนติเมตรมีน้ำหนักตั้งแต่ 5.0 กรัมขึ้นไป เริ่มเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ที่ความเข้มข้นต่ำ ตัวอย่าง ได้แก่ ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) อาร์เซนิค โครเมียม (Cr) ธาลเลียม ตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) เซลีเนียม (Se) และสังกะสี (Zn) ธาตุโลหะหนักบางธาตุ เช่น ทองแดง (Cu) เซลีเนียม (Se) และสังกะสี (Zn) เป็นธาตุที่จำเป็นสาหรับมนุษย์ แต่ร่างกายมนุษย์ต้องการเพียงเล็กน้อยและหากได้รับมากเกินไปจะเป็นพิษ (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2553) โลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ และถ่ายทอดเข้าสู่สิ่งมีชีวิตโดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และบางส่วนจะสะสมอยู่ในตะกอนดิน พืชสามารถสะสมโลหะหนักได้มากหรือน้อยตามปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักที่มีในดิน น้ำ และตะกอนดิน (พฤหัส จันทร์นวล, 2550) รายละเอียดของโลหะต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1 ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นโลหะหนักในหมู่ IVA ของตารางธาตุ มีเลขอะตอม 82 น้ำหนักอะตอม 207.19 มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 327 องศาเซลเซียส และจุดเดือดที่อุณหภูมิ 1,737 องศาเซลเซียส ใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบ Tetraethyllead มีสูตรเคมีคือ $Pb(C_2 H_5)_4$ เป็นสารเคมีที่ใช้เติมในน้ำมันเบนซิน เพื่อเพิ่มเติมค่าออกเทนในน้ำมัน ใช้ในแบตเตอรี่ แบตเตอรี่รถยนต์ ที่ใช้โดยทั่วไปเป็นเซลล์กัลป์วานิกที่ใช้โลหะตะกั่วเป็นขั้วลบและออกไซด์ของโลหะตะกั่ว (PbO_2) เป็นขั้วบวก ถ้าร่างกายคนได้รับตะกั่วเข้าไปสะสมในระบบเลือดมากกว่า 0.8 ppm จะเกิดอาการเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน คือจะมีอาการปวดท้องอย่างรุนแรงเกิดอาการช็อก ตื่นเต้นง่าย ความจำเสื่อม และทำอันตรายไต

2.4.2 แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมเป็นโลหะหนักในหมู่ IIB ของตารางธาตุ มีเลขอะตอม 48 น้ำหนักอะตอม 112.40 จัดเป็นโลหะอ่อน มีลักษณะสีขาวปนน้ำเงิน ถ้าทิ้งไว้ในอากาศที่ชื้นจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ ปกติจะมีความเหนียวมาก แต่จะมีความเปราะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เคลือบผิวของโลหะอื่น ๆ เช่น เหล็ก เหล็กกล้าสามารถต่อต้านการผุกร่อนได้ดี ถ้าสะสมแคดเมียมในร่างกายในปริมาณสูงจะทำให้คนหรือสัตว์เป็นหมันและเป็นมะเร็งได้ ทำให้เกิดโรคโลหิตความดันสูงเป็นอันตรายต่อไตและตับ

2.4.3 โครเมียม (Chromium)

โครเมียมเป็นโลหะหนักในหมู่ VIB ของตารางธาตุ มีเลขอะตอมเท่ากับ 24 น้ำหนักอะตอมเท่ากับ 51.99 มีลักษณะเป็นโลหะสีขาวปนน้ำเงิน แข็งแต่เปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดที่อุณหภูมิสูง ใช้ทำโลหะเจือผสมกับโลหะอื่น ๆ เช่น เหล็กและนิกเกิล ผลิตเหล็กปลอดสนิม (Stainless steel) ใช้เคลือบโลหะเพื่อป้องกันการผุกร่อน โลหะโครเมียมที่มีความเป็นพิษจะอยู่ในรูปโครเมียม เฮกซะวาเลนส์อิออน (Cr^{6+}) เมื่อเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่เป็นพิษจะทำให้เกิดอาการอาเจียน ถ้าสัมผัสนานจะเกิดแผลพุพองได้

2.4.4 แบเรียม (Barium)

แบเรียมเป็นโลหะหนักในหมู่ IIA ของตารางธาตุ จัดเป็นอโลหะ มีเลขอะตอมเท่ากับ 56 น้ำหนักอะตอมเท่ากับ 137.34 มีจุดเดือด 1,637 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลว 729 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่ใช้เป็นตัว "getter" ของหลอดวิทยุเพื่อขจัดแก๊สในปริมาตรน้อยนิดที่ยังหลงเหลืออยู่ แก๊สเหล่านี้ ได้แก่ H_2, O_2, CO, CO_2 และ H_2O ใช้เป็นตัวออกซิไดซ์สำหรับทองแดง เป็นตัวหล่อลื่นสำหรับขั้วในหลอดรังสีเอกซ์ ซึ่งไอของ Ba เป็นพิษอย่างแรงต่อระบบทางเอนหายใจ สารประกอบของแบเรียมที่ละลายน้ำได้ทุกชนิดเป็นพิษ รวมทั้ง $BaCO_3$ ซึ่งละลายน้ำได้น้อยมาก (0.002 g/100 ml. ของน้ำ ที่ 20 องศาเซลเซียส เมื่อรับประทานจะสามารถละลาย โดยกรดไฮโดรคลอริกในกระเพาะได้ ขนาดของ $BaCl_2$ ที่ทำให้เราตายได้ คือ 0.8 – 1.0 g. แบเรียมอิออนเป็น

ตัวกระตุ้นกล้ามเนื้อ เป็นพิษต่อหัวใจ และทำให้เกิด Ventricular fibrillation คือ ภาวะหัวใจห้องล่างเต้นแผ่วระรัว

2.4.5 สังกะสี (Zn)

สังกะสีมีเลขอะตอม 30 น้ำหนักอะตอม 65.37 เป็นโลหะที่ค่อนข้างหนัก มีสีขาวปนน้ำเงินนิยมใช้กันมากเพราะราคาถูก ทนการกัดกร่อน และใช้ผสมกับโลหะอื่น ๆ ได้ มีความหนาแน่นน้อยกว่าทองแดงเล็กน้อย สังกะสีบริสุทธิ์มีความแข็งแรง ต่ำมักจะเปราะ สังกะสีเป็นโลหะที่มีจุดหลอมตัวต่ำ คือ ประมาณ 419 องศาเซลเซียส มีจุดเดือด 907 องศาเซลเซียส สังกะสีมักใช้ในอุตสาหกรรม การชุบโลหะ การทาบรอนซ์ ภาชนะโลหะเคลือบสี น้ำยารักษาคุณภาพไม้ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น โลชันบำรุงผิว ยาสระผมกันรังแค ยารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อโรค ทางเกษตรใช้เป็นสารคลุกเคล้าฆ่าเชื้อรา ถ้าร่างกายได้รับปริมาณสังกะสีมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อวัน ในระยะยาวจะส่งผลต่อการทำงานของระบบควบคุมต่าง ๆ ในร่างกาย หรือกระบวนการเมทตาบอลิซึม อันตรายมากที่สุดคือ เป็นสารก่อมะเร็งในร่างกาย

2.4.6 สารหนู (Arsenic)

สารหนูมีเลขอะตอม 33 เป็นธาตุที่ 3 ของหมู่ V5 ในตารางธาตุ จัดเป็นกึ่งโลหะ น้ำหนักอะตอม 74.92 พบในรูปของสารประกอบกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ สารหนูส่วนใหญ่ใช้เตรียมสารเคมี ใช้ผสมกับโลหะเช่น ผสมกับตะกั่ว (As 0.5 ถึง 2%) ในการผลิตกระสุนปืนและแผ่นตะกั่วของหม้อแบตเตอรี่ เป็นพิษอย่างแรงต่อผิวหนัง ความเป็นพิษจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นกับว่าอยู่ในรูปธาตุอิสระหรือสารประกอบ และชนิดของสารประกอบ ถ้าได้รับสารหนูในระดับที่เกินค่ามาตรฐานคือ 35 ug/l. อาจจะเกิดอาการเป็นพิษจากสารหนูเรื้อรัง ได้แก่ ผิวหนังเปลี่ยนสีที่เป็นลักษณะเฉพาะโรค เช่น โรคไข้ดำ รวมทั้งมะเร็งอวัยวะภายในในบางกรณี

2.4.7 นิกเกิล (Nickel)

นิกเกิลเป็นธาตุที่มีหมายเลขอะตอม 28 และสัญลักษณ์ คือ Ni ในคาบที่ 4 ของหมู่ VIII ในตารางธาตุจัดเป็นโลหะและโลหะทรานซิชัน น้ำหนักอะตอม 58.71 จุดหลอมเหลว 1,453 องศาเซลเซียส จุดเดือด 2,730 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นโลหะแข็ง สีเงินวาว นิกเกิลมี

ความสามารถในการก่อให้เกิดผื่นแพ้สัมผัสได้มาก และสารประกอบของนิกเกิลยังก่อให้เกิดมะเร็งปอด มะเร็งโพรงจมูกและไซนัสได้ด้วย สารประกอบของนิกเกิลที่มีพิษมากที่สุด คือ นิกเกิลคาร์บอนิล (Nickel carbonyl) มีฤทธิ์ทำให้คลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ และปอดบวมน้ำได้ นิเกิลเป็นแร่ที่พบบนพื้นผิวโลกมักอยู่เป็นสินแร่ร่วมกับเหล็ก กำมะ ถันสารหนู กลไกการก่อโรคการเข้าสู่ร่างกายนิเกิลเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจมากที่สุดสามารถเข้าสู่ร่างกายทางการกิน และทางผิวหนังได้บ้างการเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจโดยสูดเอา Dust (Insoluble nickel compound), Aerosols (Soluble nickel), Gas (Nickel carbonyl)

2.4.8 ปรอท (Mercury)

ปรอทเป็นโลหะหนักอยู่ในกลุ่มธาตุทรานซิชัน สัญลักษณ์ของธาตุคือ Hg มีมวลอะตอม 200.589 กรัมต่อโมล จุดหลอมเหลว -38.83 องศาเซลเซียส จุดเดือด 356.73 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 13.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สารปรอทได้รับเข้าสู่ร่างกายและอวัยวะในรูป เมทธิลหรืออัลคิล เป็นสารประกอบอินทรีย์มีพิษมากที่สุดการเกิดพิษจากสารปรอทมีทั้งชนิดเฉียบพลันและเรื้อรัง พิษชนิดเฉียบพลันมักเกิดจากอุบัติเหตุโดยการกลืนกินสารปรอทเข้าสู่ร่างกายซึ่งปริมาณปกติที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายและทำให้คนตายได้โดยเฉลี่ยประมาณ 0.02 กรัม เช่น อาการที่เกิดจากการกลืนกินปรอท คือ อาเจียน ปากพองแดงไหม้อักเสบ และเนื้อเยื่ออาจหลุดออกมาเป็นชิ้น ๆ มีเลือดออกและปวดท้องอย่างแรง เนื่องจากปรอทกัดระบบทางเดินอาหาร มีอาการท้องร่วงอย่างแรง อุจจาระเป็นเลือด เป็นลมสลบ เนื่องจากร่างกายเสียเลือดมาก เมื่อเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิต ปรอทจะไปทำลายไตทำให้ปัสสาวะไม่ออกหรือปัสสาวะเป็นเลือด จนเสียชีวิตในที่สุด

2.4.9 แมงกานีส (Manganese)

แมงกานีสเป็นธาตุโลหะมีสัญลักษณ์ทางเคมี Mn หมายเลขอะตอม 25 พบได้ในธรรมชาติโลหะแมงกานีสมีสีขาวเงิน แข็งและเปราะ ธาตุแมงกานีสเกิดแพร่กระจายในชั้นเปลือกโลกประมาณร้อยละ 0.1 และเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับที่ 12 ในลักษณะเป็นสารประกอบร่วมกับธาตุอื่น แมงกานีสที่บริสุทธิ์มีจุดหลอมเหลวที่ 1,246 องศาเซลเซียส และจุดเดือดที่ 2,061 องศาเซลเซียส ความเป็นพิษของแร่แมงกานีสเมื่อร่างกายได้รับสารแมงกานีสเข้าไปในปริมาณที่มากพอ คือแมงกานีส

ในเลือดไม่ควรเกิน 0.008 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่วงระยะเวลาอาการจากการได้รับพิษของแมงกานีส คือระยะแรก เริ่มด้วยอาการเป็นไข้ เบื่ออาหาร นอนไม่หลับ ระยะกลาง มีอาการปวดกล้ามเนื้อ เป็นตะคริว กล้ามเนื้อกระตุก และระยะรุนแรง มีอาการเป็นอัมพาตของร่างกายในบางส่วน โดยส่วนมากเป็นชนิดเรื้อรังอาการมีการพัฒนาอย่างช้า ๆ เป็นกลุ่มโรคอาการพิษจากโลหะหนัก (Heavy metal poisoning)

2.4.10 ซีลีเนียม (Selenium)

ซีลีเนียม คือ ธาตุเคมีที่มีหมายเลขอะตอม 34 และสัญลักษณ์คือ Se มีจุดหลอมเหลว 220.8℃ มีมวลอะตอม 78.96 เป็นอโลหะมีสมบัติทางเคมีคล้ายกับธาตุกำมะถัน เป็นแร่ธาตุที่พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ โดยสามารถพบได้ในรูปอนินทรีย์ (ซีลีเนทและซีลีไนท์) และซีลีเนียมอินทรีย์ (ซีลีโนเมไทโอนีและซีลีโนซิสเตอีน) ในภาวะที่ร่างกายได้รับซีลีเนียมมากเกินไปคือ 400 ไมโครกรัมต่อวัน จะทำให้มีระดับซีลีเนียมในเลือดสูงเรียกว่า ซีลีโนซิส (Selenosis) อาการที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ มีความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ผมร่วง เล็บมีจุดสีขาว ๆ และอาจมีประสาทเสื่อม (Mild nerve damage) ปริมาณสูงสุดที่ร่างกายควรได้รับโดยไม่ทำให้เกิดอันตราย (Tolerance upper intake level) ไม่ควรเกิน 400 ไมโครกรัมต่อวันจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดซีลีโนซิสได้

2.5 มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

กฎกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 ได้ให้ความหมายของสารปนเปื้อน คือ สารเคมีหรือสิ่งอื่นใดที่ใช้หรือเก็บรักษาภายในบริเวณโรงงาน หรือเป็นของเสียภายในบริเวณโรงงาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย และสิ่งแวดล้อม (ราชกิจจานุเบกษา, 2559) คือ 1) สารอินทรีย์ระเหยง่าย 2) โลหะหนัก 3) สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ 4) สารที่มีลักษณะและคุณสมบัติตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมว่าด้วยการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของบุคคลและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงได้ออกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพ

ดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559 โดยกล่าวถึงการประเมินความเสี่ยงของมนุษย์ ทั้งความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและอันตรายอื่น นอกจากมะเร็งจากการได้รับสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน มาตรฐานเกณฑ์การปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินในบริเวณโรงงาน แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ค่าสูงสุดของการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินในบริเวณโรงงาน

ลำดับที่	ชื่อสาร	เลขทะเบียนซีเอเอส (CAS No.)	ต้องไม่เกินเกณฑ์ (mg/L)
1	อาร์เซนิค หรือสารหนู	7440-38-2	0.1
2	แคดเมียม	7440-43-9	2.0
3	โครเมียม	7440-47-3	6.0
4	เลด หรือ ตะกั่ว	7439-92-1	4.0
5	แมงกานีส	7439-96-5	33
6	เมอร์คิวรี หรือ ปรอท	7439-97-6	0.7
7	นิเกิล	7440-02-0	5.0
8	ซีลีเนียม	7782-49-2	12
9	ซิงค์ หรือสังกะสี	7440-66-6	10
10	แบเรียม	7440-39-3	160

ที่มา: (ราชกิจจานุเบกษา, 2559)

2.6 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment)

ความเสี่ยง (Risk) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งคุกคามสุขภาพ (Health hazard) และการได้รับสิ่งคุกคามนั้น (Exposure) (นันทิกา สุนทรไชยกุล, เพ็ญศรี วัจฉละญาณ , & สิริมา มงคลสัมฤทธิ์, 2552) การประเมินความเสี่ยง เป็นกระบวนการ เพื่อประมาณระดับความเสี่ยง และตัดสินว่าความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยนิยมใช้ในการการจัดการสารเคมีที่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยใช้ความรู้ด้านด้านพิษวิทยา มารวมเข้ากับความรู้ด้านคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณค่าความปลอดภัย ความเสี่ยงมีองค์ประกอบสำคัญ คือ การที่มีอันตราย หรือสิ่งคุกคามสุขภาพ และการได้รับสัมผัส ปัจจุบันมีการนำหลักการการประเมินความเสี่ยงไปใช้ทางด้านจุล

ชีววิทยา (Microbiological risk assessment) นอกจากนี้ได้มีการนำความรู้ไปใช้สำหรับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การประเมินความเสี่ยงต่อระบบนิเวศ (Ecological risk assessment) (สุเทพ เรืองวิเศษ, 2551)

สำหรับหลักการการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมีลักษณะคล้ายคลึงกันเป็นการวิเคราะห์การดำเนินการภายใต้ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสิ่งคุกคามนั้นกับสิ่งคุกคามต่อสุขภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ และประเมินผลของความสัมพันธ์ว่าเกิดอะไร (Consequences) ด้วยระดับความรุนแรง (Severity) มีโอกาสมากน้อยเพียงใด(Likelihood) และปัจจัยใดที่มีอิทธิพลต่อการก่อให้เกิดความรุนแรง (Magnitude) (นันทิกา สุนทรไชยกุล et al., 2552) การประเมินความเสี่ยงเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk analysis) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การประเมินความเสี่ยง การจัดการความเสี่ยง (Risk management) และการสื่อสารความเสี่ยง (Risk communication) สำหรับขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ โดยเน้นไปทางสารเคมีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาได้กำหนดการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.6.1 การบ่งชี้อันตราย หรือการพิจารณาหาสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปว่าการได้รับสารเคมีที่กำลังสนใจอยู่นั้นมีผลเสียต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ และต้องทราบข้อมูลความชัดเจนเกี่ยวกับสารเคมีหรือสิ่งคุกคาม โดยต้องทราบว่ามีสารใดบ้างในบริเวณที่ต้องการศึกษา รวมทั้งต้องทราบความเข้มข้นและการกระจายตัวของสารว่าสามารถเคลื่อนย้ายไปยังผู้รับได้อย่างไร โดยขั้นตอนการเลือกสารเคมีหรือสิ่งคุกคามต้องทราบสมบัติของสารเคมีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมี 3 ประเด็นหลักที่นำมาทำการประเมิน ได้แก่

1) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่มีความเป็นพิษสูง

2) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่มีความคงทนสูง มีความเข้มข้นและการกระจายตัวสูง

3) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้สูง เช่น สารที่สามารถระเหยได้ง่าย การละลายน้ำได้ดี เป็นสารที่มีความเกี่ยวข้องกับคน โดยสารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่เลือกมาทำการประเมินต้องมีความเสี่ยงประมาณร้อยละ 99 ของความเสี่ยงทั้งหมด

การรายงานสารเคมีหรือสิ่งคุกคามต้องประกอบด้วยความเสี่ยงของสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer risk) และความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง

2.6.2 การประเมินผลกระทบจากสิ่งคุกคามนั้น (Dose-Response Evaluation)

ขั้นตอนนี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ได้รับและความรุนแรงของความเป็นพิษทั้งเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative) ข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง และอาจมีบางส่วนที่ได้จากการศึกษาในมนุษย์ การคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีต้องทราบความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างความเป็นพิษและปริมาณสารเคมีที่ได้รับ (Dose-response relationship) แบ่งสารเคมีเป็น 2 กลุ่ม คือ สารไม่ก่อมะเร็ง (Non-carcinogen) และสารก่อมะเร็งที่มีผลต่อยีน (Genetic carcinogen)

2.6.3 การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment)

ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินปริมาณสารเคมีที่มนุษย์หนึ่งคนหรือประชากรหนึ่งกลุ่มได้รับจากสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้นับว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อการประเมินความเสี่ยง ทั้งนี้เพราะความเป็นพิษของสารเคมีจะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่ได้รับสารนั้น และความรุนแรงของความเป็นพิษขึ้นกับปริมาณของสารที่ได้รับ ดังนั้นถ้าการประเมินปริมาณสารที่ได้รับผิดพลาดจากความเป็นจริง การคำนวณความเสี่ยงก็จะมีความคลาดเคลื่อน (Uncertainty) สูง ดังนั้นการประเมินการสัมผัสจึงเป็นวิธีการประมาณหรือวัดปริมาณความเข้มข้นของสารที่คุกคามหรือสารที่แต่ละคนได้รับ โดยประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดลักษณะของการสัมผัส (Characterizing Exposure)

การกำหนดลักษณะของการสัมผัสจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น สภาพทางอากาศ สภาพทางอุตุนิยมวิทยา สภาพทางภูมิศาสตร์ สภาพดิน สภาพน้ำใต้ดิน สภาพน้ำผิวดิน ส่วนการกำหนดลักษณะกลุ่มประชากรกลุ่มเสี่ยงจะต้องศึกษาถึงลักษณะของประชากรที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้กับแหล่งกำเนิดสารพิษ โดยต้องมีการรวบรวมข้อมูลในด้านต่าง ๆ ดังนี้

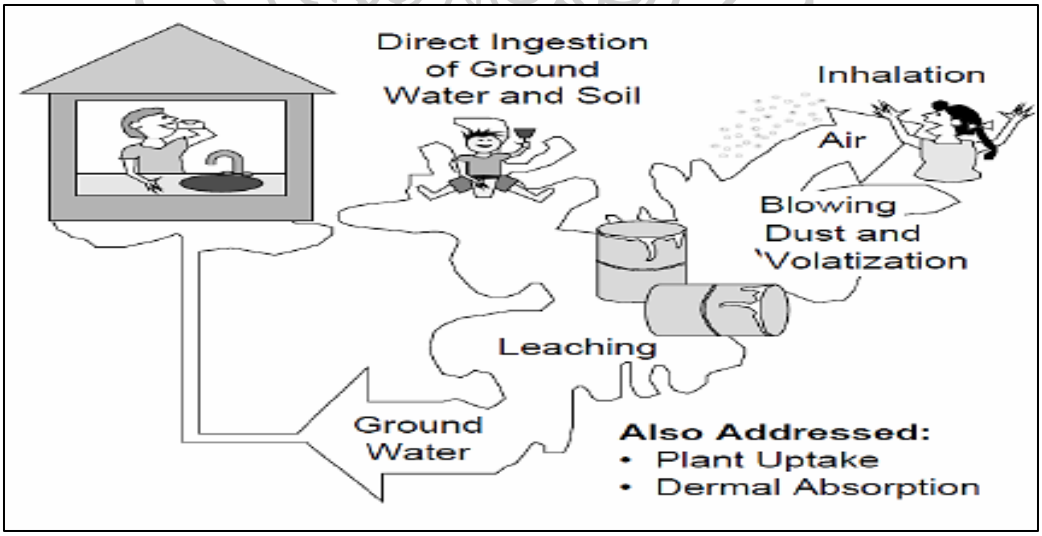
1) ตำแหน่งที่อยู่อาศัย เนื่องจากกลุ่มประชากรที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดสารพิษย่อมมีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารคุกคามมากกว่ากลุ่มที่อยู่ห่างออกไป แต่ทั้งนี้กลุ่มที่อยู่ห่างออกไปก็มีโอกาสได้รับสารคุกคามได้เช่นกัน

2) ลักษณะการใช้ที่ดินและลักษณะของกิจกรรมที่ทำ ลักษณะการใช้ที่ดิน เช่น การใช้ที่ดินทางการเกษตรหรืออุตสาหกรรม จะเป็นตัวบอกถึงสารคุกคามที่มีโอกาสสัมผัสและกิจกรรมที่ทำที่มีผลต่อการได้สัมผัสกับสาร

3) กลุ่มประชากรที่มีความไวต่อสาร เช่น ผู้ป่วยจากโรงพยาบาล ผู้สูงอายุ เด็ก หญิงมีครรภ์ เป็นต้น

ขั้นที่ 2 การค้นหาเส้นทางสัมผัส (Identifying Exposure Pathway)

เส้นทางการสัมผัสเป็นการแสดงถึงว่าสารเคมีหรือสารคุกคามจะสามารถเข้าสู่คนแต่ละคนได้อย่างไร ดังนั้นในการวิเคราะห์เส้นทางการสัมผัสต้องทราบแหล่งกำเนิดของสารคุกคาม ตำแหน่งของสารในการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ตำแหน่งของประชากรและกิจกรรมต่าง ๆ ที่ปฏิบัติเพื่อนำมาพิจารณาเส้นทางที่จะได้รับสารคุกคาม โดยเส้นทางที่สัมผัสประกอบด้วย 4 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดและกลไกการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ตัวกลางที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายของสาร จุดที่ประชากรมีโอกาสเสี่ยงกับการสัมผัสตัวกลางที่ปนเปื้อน ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เส้นทางการรับสัมผัส

ที่มา: (US-EPA, 1996)

ขั้นที่ 3 การวัดการสัมผัส (Quantifying Exposure)

การวัดการสัมผัส คือ การประเมินการรับสารเข้าสู่ร่างกาย โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้ การคำนวณปริมาณสารที่ได้รับจากการดื่มน้ำ การคำนวณปริมาณสารที่ได้รับจากการหายใจ การคำนวณปริมาณสารที่ได้รับจากการสัมผัสทางผิวหนัง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)-(3)

$$I_{Ingestion} = \frac{CW \times IR \times EF \times EP}{BW \times AT} \quad (1)$$

$$I_{contact\ Dermal} = \frac{CW \times SA \times PC \times ET \times EF \times EP \times CF}{BW \times AT} \quad (2)$$

$$I_{inhalation} = \frac{CW \times ET \times EF \times EP \times IR}{BW \times AT} \quad (3)$$

เมื่อ I = ปริมาณสารที่ร่างกายได้รับ (mg/kg-weight/day)

CW = ความเข้มข้นของสารในน้ำ (mg/L)

IR = อัตราการบริโภคน้ำ (L/day)

ET = ระยะเวลาในการสัมผัสต่อวัน (hr/day)

EF = จำนวนวันที่สัมผัสใน 1 ปี (day/year)

EP = จำนวนปีที่สัมผัสสาร (year)

BW = น้ำหนักของร่างกาย (kg)

AT = ระยะเวลาเฉลี่ย (day)

SA = พื้นที่ผิวที่สัมผัส (cm^2)

PC = ค่าคงที่จำเพาะต่อสารเคมีที่ซึมผ่านทางผิวหนัง (cm/hr)

CF = ค่าที่ใช้สำหรับการแปลงค่าปริมาตรน้ำ (1 L/ 1000 cm^3)

2.6.4 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

การประเมินความเป็นพิษมี 2 รูปแบบ ได้แก่ ความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยค่า Slop Factor (FS) เป็นค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็ง และความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งแสดงด้วยค่า Reference Concentration (R_fC) ซึ่งเป็นค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง โดยทั้งค่า SF และค่า R_fC สามารถค้นคว้าได้จาก

http://www.epa.gov/iris ซึ่งค่า Slope factor และ Reference dose ของโลหะที่เข้าสู่ร่างกายทางปากและทางผิวหนังแสดงดังตารางที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 ค่า Oral Slope Factor และ Reference Dose ของโลหะหนัก

Metals	Oral SF (mg/kg-day)$^{-1}$	Oral RfD (mg/kg/day)
As	1.5	3.0×10^{-4}
Cd	-	5.0×10^{-4}
Cr	-	3.0×10^{-3}
Ba	-	2.0×10^{-1}
Hg	-	3.0×10^{-4}
Pb	-	3.5×10^{-3}
Ni	-	2.0×10^{-2}
Zn	-	0.3
Mn	-	0.14
Se	-	5.0×10^{-3}

ที่มา : (US-EPA, 2011)

ตารางที่ 2.3 ค่า Dermal Slope Factor และ Reference Dose ของโลหะหนัก

Metals	Dermal SF (mg/kg-day)$^{-1}$	Dermal RfD (mg/kg/day)
As	3.66	1.23×10^{-4}
Cd	-	1.0×10^{-5}
Cr	-	6.0×10^{-5}
Ba	-	1.4×10^{-2}
Hg	-	2.1×10^{-5}
Pb	-	5.25×10^{-4}
Ni	-	5.4×10^{-3}
Zn	-	6×10^{-2}
Mn	-	1.84×10^{-3}
Se	-	2.2×10^{-3}

ที่มา : (US-EPA, 2003)

2.6.5 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

สำหรับการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงจากความเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งคำนวณได้จากสมการที่ (4) และ (5) ตามลำดับ ค่าคงที่สำหรับคำนวณความเข้มข้นของโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกาย (Intake) แสดงดังตารางที่ 2.4

$$\text{Cancer Risk} = I \times SF \qquad (4)$$

$$HI = \frac{I}{RfD} \qquad (5)$$

เมื่อ Cancer risk = ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง

HI = ดรรชนีความเสี่ยงจากการเป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Hazard Index)

I = ปริมาณสารที่ได้รับ (mg/kg-day)

SF = Slope Factor (mg/kg-day)-1

RfD = Reference Dose (mg/kg-day)

ทั้งนี้การคำนวณความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในทุกทางที่เข้าสู่ร่างกาย สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6) และ (7)

Total cancer risk = risk (Ingestion pathway)
+ risk (Dermal contract pathway) (6)

Total hazard index = hazard index (Ingestion pathway)
+ hazard index (Dermal contract pathway) (7)

ตารางที่ 2.4 ค่าคงที่สำหรับคำนวณหาความเข้มข้นของโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกาย (Intake)

พารามิเตอร์	ตัวแปร	หน่วย	ค่าคงที่
อัตราการบริโภคน้ำ	IR	l	2
จำนวนวันที่สัมผัสใน 1 ปี	EF	day/year	365
จำนวนปีที่สัมผัสสาร	EP	year	70

ตารางที่ 2.4 **(ต่อ)**

พารามิเตอร์	**ตัวแปร**	**หน่วย**	**ค่าคงที่**
น้ำหนักของร่างกายผู้ใหญ่	BW	Kg	70
น้ำหนักของร่างกายเด็ก 0.-1.5 ปี 1.5-5 ปี 5-12 ปี	BW	Kg	 10 14 26
ระยะเวลาเฉลี่ย	AT	day	25,550
พื้นที่ผิวที่สัมผัส ผู้ใหญ่	SA	cm^2	18,000
พื้นที่ผิวที่สัมผัส เด็ก	SA	cm^2	6,600
ค่าคงที่จำเพาะต่อสารเคมีที่ซึมผ่านทางผิวหนัง	PC	cm/hr	8.4×10^{-4}
ระยะเวลาในการสัมผัสต่อวันของเด็ก	ET	hr/day	0.66
ระยะเวลาในการสัมผัสต่อวันของผู้ใหญ่	ET	hr/day	0.50
ค่าที่ใช้สำหรับการแปลงค่าปริมาตรน้ำ	CF	1 L/ 1000 cm^3	0.001

ที่มา : (US-EPA, 1989)

การพิจารณาผลที่ได้จากการคำนวณว่าอยู่ในเกณฑ์การประเมินที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ หากเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ต้องหาแนวทางในการบริหารจัดการและแก้ไขความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นกับสุขภาพอนามัยของระชาชนในพื้นที่ ดังต่อไปนี้

1) กรณีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง

ความเสี่ยงระหว่าง 1×10^{-6} ถึง 1×10^{-4} เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้

2) กรณีความเสี่ยงจากอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง

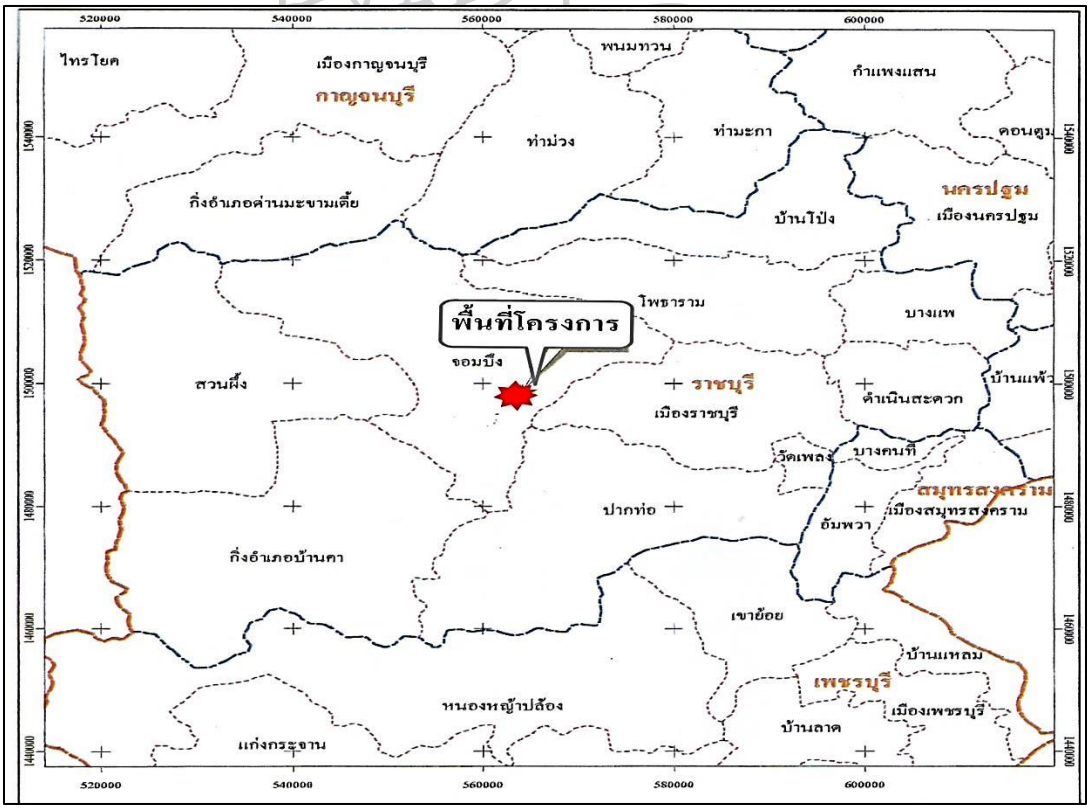
ค่า Hazard index มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 หมายความว่า ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับสัมผัสไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย

ค่า Hazard index มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับสัมผัสโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ

2.7 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

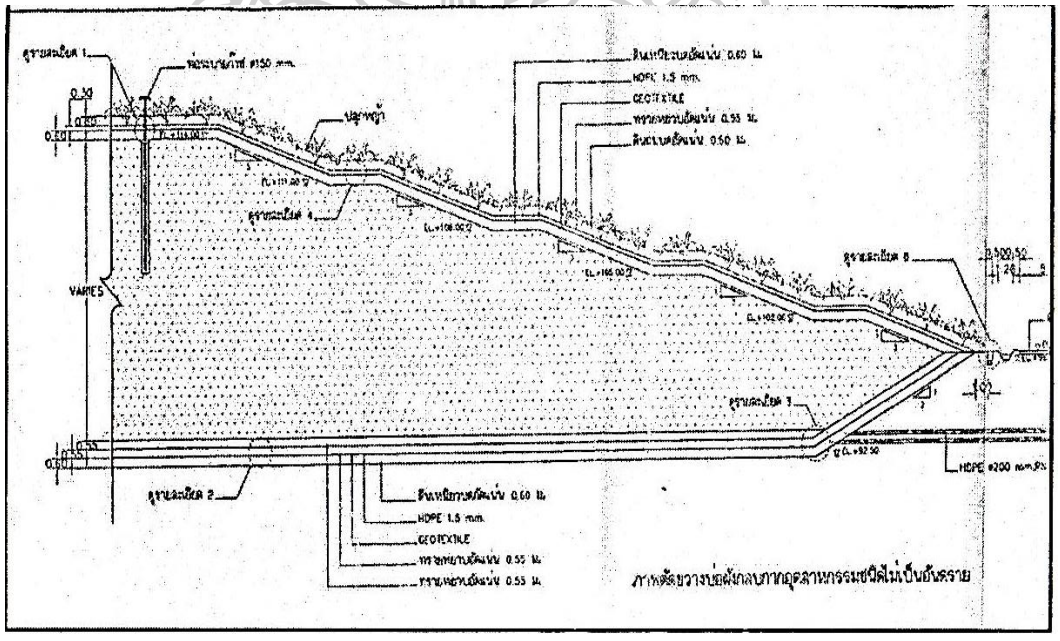
2.7.1 ความเป็นมาของโครงการ

หลุมฝังกลบกากของเสียที่ไม่เป็นอันตราย จังหวัดราชบุรีได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานโดยระบุประเภทโรงงานลำดับที่ 105 ตั้งอยู่ในพื้นที่ ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี เริ่มดำเนินธุรกิจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการตามประเภทโรงงานหลักที่ 10500 ลำดับที่ 105 เป็นโรงงานจำพวกที่ 3 คือ ประกอบกิจการเกี่ยวกับการฝังกลบวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นอันตราย โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 159 ไร่ โดยพื้นที่การประกอบกิจการเกี่ยวกับการฝังกลบวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นอันตรายมีพื้นที่ 54 ไร่ ที่ตั้งหลุมฝังกลบกากของเสียที่ไม่เป็นอันตราย ดังรูปที่ 2.7

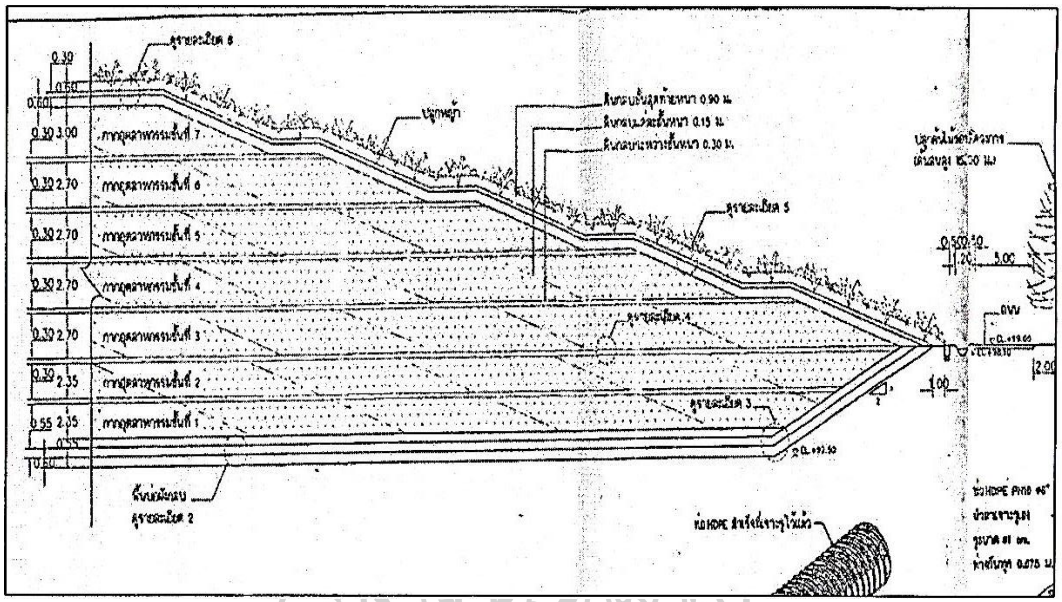


รูปที่ 2.7 ที่ตั้งหลุมฝังกลบกากของเสียที่ไม่เป็นอันตราย
ที่มา: ดัดแปลงจาก (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2543)

หลุมฝังกลบของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายจังหวัดราชบุรีเป็นการฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) โดยการฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench method) ได้ดำเนินการฝังกลบโดยมีหลุมฝังกลบจำนวน 2 หลุม คือ หลุมฝังกลบที่ 1 ดังรูปที่ 2.8 ที่ปิดแล้วและหลุมฝังกลบที่ 2 ที่ดำเนินการอยู่ ดังรูปที่ 2.9 ได้มีการนำของเสียที่ไม่อันตรายมาฝังกลบในหลุมฝังกลบในหลุมที่ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 จนถึงปี พ.ศ. 2556 จากนั้นดำเนินการปิดหลุมฝังกลบที่ 1 แบบชั่วคราวโดยมีปริมาตรรวมของของเสียที่บรรจุอยู่ในหลุมฝังกลบทั้งหมด 130,000 ลูกบาศก์เมตร การดำเนินการฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายหลุมที่ 1 ดำเนินการโดยรับของเสียอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งได้ดำเนินการรับของเสียตามรหัสของชนิดและประเภทของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว โดยสามารถรับกำจัดของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายได้ปริมาณสูงสุด 100 ตันต่อวัน โดยปริมาตรหลังการบดอัดและกลบทับด้วยดินแล้วจะมีปริมาตร 125 ลูกบาศก์เมตร โดยข้อมูลปริมาณของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายที่ฝังกลบในหลุมฝังกลบที่ 1 แสดงดังตารางที่ 2.5



รูปที่ 2.8 ภาพตัดขวางหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่อันอันตราย (หลุมที่ 1)
ที่มา: (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2559ก)



รูปที่ 2.9 ภาพตัดขวางหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่อันอันตราย (หลุมที่ 2)
ที่มา: (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2559ก)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายที่รับมาฝังกลบหลุมที่ 1

ปี พ.ศ.	รายการ	ปริมาณ(ตัน)
2552	51	258.64
2553	2,891	27,723.72
2554	2,866	26,392.46
2555	2,410	17,454.26
2556	4,678	30,127.80

หมายเหตุ: ไม่มีข้อมูลปี พ.ศ. 2549-2551
ที่มา: (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2559ก)

สำหรับหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายหลุมที่ 2 ได้ดำเนินการก่อสร้างโดยมีปริมาตรประมาณ 82,000 ลูกบาศก์เมตร แต่ยังไม่ได้ดำเนินการฝังกลบเนื่องจากอยู่ระหว่างขออนุญาตต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมในการขออนุญาตนำของเสียเข้ามาฝังกลบหลังจากดำเนินการปิดหลุมฝังกลบกากของเสียที่ไม่เป็นอันตรายหลุมที่ 1 ในปี 2556 จึงได้เริ่ม

ดำเนินการใช้หลุมฝังกลบหลุมที่ 2 ตั้งแต่ปี 2557 เป็นต้นมา เมื่อพิจารณาจากพื้นที่หลุมฝังกลบ พบว่า ระดับความสูงและความลาดชันของหลุมฝังกลบคาดว่าปริมาณของเสียอุตสาหกรรมที่ฝังกลบอยู่ ในหลุมฝังกลบจะมีปริมาตร 228,312 ลูกบาศก์เมตร (ข้อมูลจากการคำนวณโดยใช้ค่าความหนาแน่น ของของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายที่ถูกบดอัดเป็น 1 ตันต่อลูกบาศก์เมตร) ในการออกแบบ หลุมฝังกลบของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายทั้ง 2 หลุม เป็นไปตามหลักเกณฑ์การออกแบบ หลุมฝังกลบของเสียอุตสาหกรรมตามหลักเกณฑ์การออกแบบหลุมฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

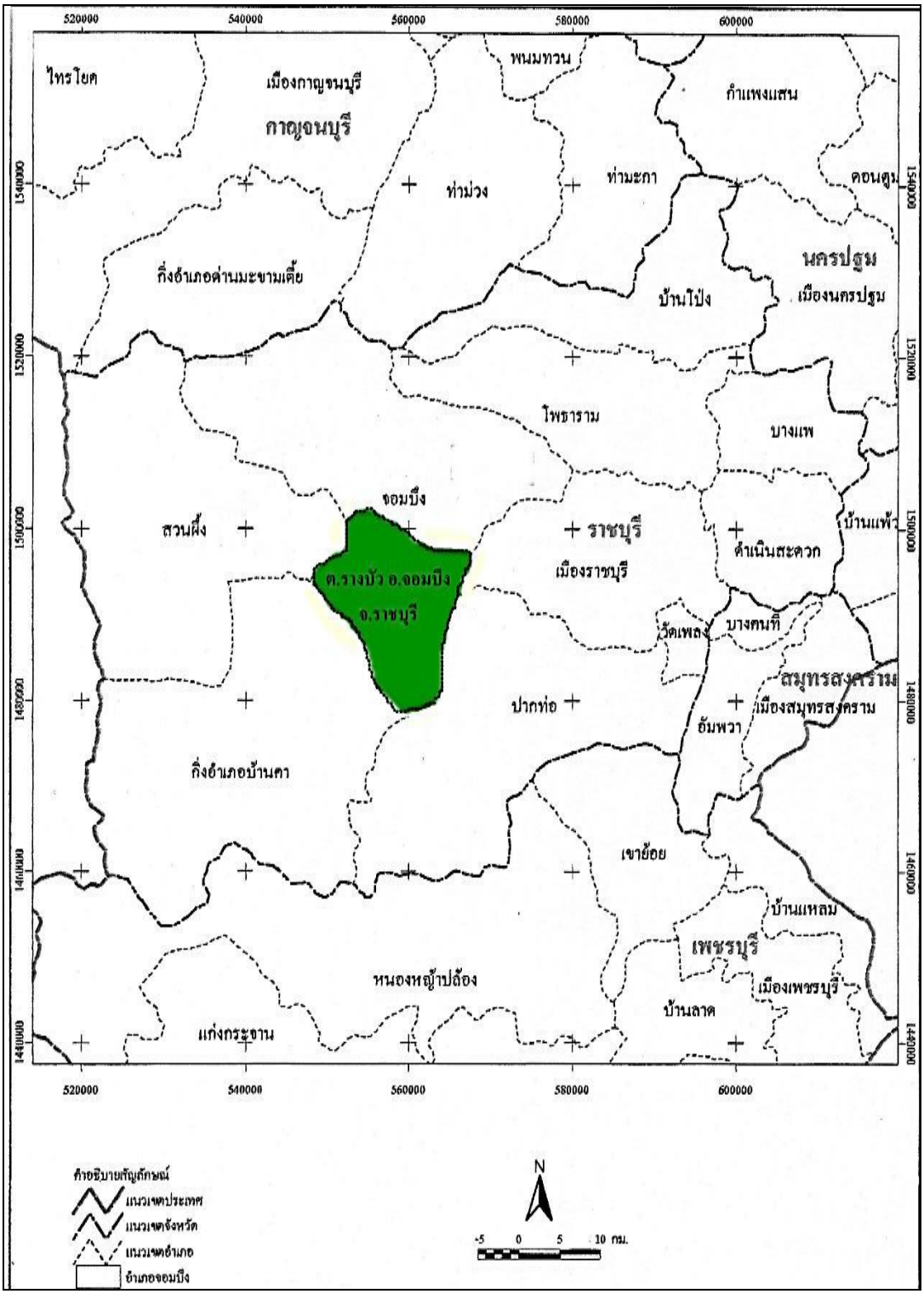
2.7.2 พื้นที่โดยรอบหลุมฝังกลบ

2.7.2.1 ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

บรรพบุรุษของประชาชนในตำบลรางบัวเป็นชาวพวน ซึ่งมีเชื้อสายของคนไทยภาคเหนือ หรือเชียงแสนเดิม ราษฎรเดิมอพยพมาจาก ตำบลดอนแร่เป็นส่วนใหญ่และตำบลคูบัวบางส่วนของอำเภอเมืองราชบุรี ครั้นมาถึงบริเวณที่มีลำรางขนาดใหญ่ มีแหล่งน้ำอุดมสมบูรณ์ ซึ่งมีดอกบัวขึ้นเป็นจำนวนมาก และตั้งเป็นหมู่บ้านขึ้น เรียกชื่อว่า "บ้านรางบัว"

พื้นที่

ตำบลรางบัวมีลักษณะเป็นที่ลาดเชิงเขา และที่ราบสูง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย จึงมีลักษณะพื้นที่แห้งแล้ง ทำนา ทำไร่ โดยทำนาในฤดูฝน ส่วนฤดูที่เหลือจะเป็นการทำไร่ อ้อย มันสำปะหลัง เพราะสภาพดินไม่อุ้มน้ำ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบสูงและลาดเชิงเขาสภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย หรือเป็นดินลูกรัง กักเก็บน้ำไว้ไม่ค่อยได้ จึงไม่มีน้ำสำหรับไว้ใช้ทำการเกษตรในฤดูแล้ง อาชีพส่วนใหญ่เป็นการทำนาโดยอาศัยน้ำฝนจากธรรมชาติ สภาพอากาศร้อนแห้งมี 3 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน ฤดูหนาว คนส่วนใหญ่จะเป็นเครือญาติ บ้านอาศัยเป็นบ้านไม้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปตามค่านิยม พื้นที่ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ที่ตั้งตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

ที่มา: ดัดแปลงจาก (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2543)

เขตพื้นที่

ทิศเหนือ จรด ตำบลเบิกไพร อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

ทิศใต้ จรด ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี

ทิศตะวันออก จรด ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง และ ตำบลอ่างหิน ตำบลทุ่งหลวง อำเภอ ปากท่อ จ.ราชบุรี

ทิศตะวันตก ติดต่อ ต.ป่าหวาย ท่าเคย อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี

อาชีพ

อาชีพหลัก ทำนา ทำสวน ทำไร่ ค้าขาย อาชีพเสริม ทอผ้าพื้นเมือง

การเดินทาง

ใช้เส้นทางสายเพชรเกษม (ทางหลวงหมายเลข 4) ผ่านจังหวัดนครปฐม เข้าจังหวัดราชบุรีหรือเส้นทางสายใหม่ (ทางหลวงหมายเลข 338) จากกรุงเทพฯ-พุทธมณฑลไปพบกับถนนเพชรเกษมก่อนถึงตัวเมืองนครปฐม 16 กิโลเมตร จากนั้นใช้ถนนเพชรเกษมตรงไปตัวเมือง แล้วแยกเข้าอำเภอจอมบึง ไปตามเส้นทางสาย 3087 จะผ่านราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง และถ้ำจอมพล จากนั้นเดินทางต่อไปอีกประมาณ 4 กิโลเมตร โดยใช้เส้นทางจอมบึง-สวนผึ้ง โดยวัดรางบัวอยู่ทางซ้ายมือ

สาธารณูปโภค

การติดต่อสื่อสาร

ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี มีโทรศัพท์สาธารณะใช้แต่ไม่ครอบคลุมพื้นที่ จึงได้มีการให้บริการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ของบริษัท TOT แต่ยังไม่ครอบคลุมในทุกหมู่บ้าน เนื่องจากไม่มีคู่สายต้อง ใช้สัญญาณวิทยุแทน

การใช้ไฟฟ้า

ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี มีไฟฟ้าใช้ทั่วถึงทุกหมู่บ้านคิดเป็นร้อยละ 98 แต่ยังไม่ครอบทุกครัวเรือน โดยเฉพาะบ้านที่อยู่ห่างไกล

การประปา /แหล่งน้ำ

ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี มีแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น ได้แก่ ฝาย จำนวน 8 แห่ง บ่อน้ำตื้น จำนวน 5 แห่ง บ่อโยก 27 แห่ง ระบบประปาหมู่บ้าน จำนวน 21 แห่ง ระบบประปาหมู่บ้านในตำบลรางบัวจะประสบปัญหาในฤดูแล้ง น้ำจะแห้งไม่เพียงพอต่อการทำน้ำประปา ส่วนฤดูฝนประสบปัญหาน้ำขุ่น ไม่สะอาด เนื่องแหล่งที่ใช้ผลิตน้ำประปาเป็นอ่างน้ำ สระน้ำ และเป็นที่ลุ่ม เมื่อฝนตกทำให้น้ำฝนชะล้างเอาสิ่งปฏิกูลไป เช่น มูลสัตว์ ขยะ ซึ่งระบบประปาไม่มีระบบกรองน้ำที่ดี (สำนักงานพัฒนาชุมชน จังหวัดราชบุรี, 2559)

ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับหลุมฝังกลบของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตรายในรัศมี 1 กิโลเมตร ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทำสวนลำไย สวนพุทรา ทำไร่อ้อย และไร่มันสำปะหลัง ใช้แหล่งน้ำจากธรรมชาติ ได้แก่ ลำห้วยสาธารณะ ดังรูปที่ 2.11 และขุดบ่อน้ำตื้นสำหรับใช้ในการทำการเกษตรและอุปโภคและบริโภค ดังรูปที่ 2.12 แต่ด้วยตำบลรางบัวมีลักษณะเป็นที่ลาดเชิงเขา และที่ราบสูง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายจึงมีลักษณะพื้นที่แห้งแล้ง น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง จึงมีน้ำสำหรับใช้ในการทำการเกษตรในช่วงฤดูฝนเท่านั้น ประชาชนส่วนใหญ่จึงขุดบ่อน้ำตื้นเพื่อใช้สำหรับอุปโภคบริโภคและทำการเกษตรในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงขาดแคลนสำหรับทำการเกษตร

รูปที่ 2.11 ลำห้วยสาธารณะ

รูปที่ 2.12 บ่อน้ำตื้น

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 การปนเปื้อนของโลหะในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบ

(ศุภาพิชญ์ ตั้งกองทรัพย์, 2546) ศึกษาการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของตะกั่วและแคดเมียมจากบริเวณฝังกลบของเสีย อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันของระดับการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของตะกั่วและแคดเมียมสู่ดิน น้ำ และพืช ซึ่งขุดเจาะบ่อสำรวจโดยรอบบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอยจำนวน 20 บ่อ ความลึก 1.5 เมตร ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2544) และช่วงฤดูหนาว (เดือนมกราคม พ.ศ. 2545) โดยเก็บตัวอย่างดินในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก รอบบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอยทิศละ 10 จุด รวม 40 จุด เก็บตัวอย่างน้ำชะขยะทั้ง 4 บ่อ เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ทิศละ 10 จุด รวม 40 จุด เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อตรวจสอบคุณภาพน้ำบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอยจำนวน 8 บ่อ เก็บตัวอย่างดินตะกอน ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม ทั้ง 4 ทิศ และเก็บตัวอย่างพืชทั้ง 8 บ่อ ไปวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในดินและน้ำ ระหว่างฤดูกาลโดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ Paired – test และเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในดินและน้ำกับทิศทางการแพร่กระจาย

โดยทดสอบทางสถิติแบบ Ducan Multiple Range Test วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในดินกับคุณสมบัติของดินและปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในน้ำกับดัชนีคุณภาพน้ำ โดยใช้สถิติค่าสหสัมพันธ์จากการศึกษา พบว่ามีการแพร่กระจายไปทิศตะวันออกและทิศใต้มีระดับการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด พบว่าปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในดินในเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 แพร่กระจายสูงกว่าเดือนกันยายน พ.ศ. 2544 ส่วนปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเดือนกันยายน พ.ศ. 2544 แพร่กระจายสูงกว่าเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินพบว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน

(ชุลีรัตน์ พรมเหลา, 2551) ศึกษาเพื่อประเมินการปนเปื้อนและคาดการณ์แนวโน้มการแพร่กระจายตลอดจนการเคลื่อนที่ของแคดเมียม โครเมียม และตะกั่วในน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน ดิน และพืช บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่กำจัดมูลฝอย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อน แคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว ของน้ำชะขยะจากสถานที่ฝังกลบน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน ดิน และพืชบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่การกำจัดของเสีย วิธีการศึกษาและประเมินสถานการณ์และทิศทางการแพร่กระจายของแคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์จากทิศทางการไหลของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม – ตุลาคม พ.ศ. 2550) ฤดูแล้ง (พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551) บริเวณรัศมี 500 เมตร รอบหลุมฝังกลบมูลฝอย พบว่าตะกั่วมีการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินสูงกว่าโครเมียมและแคดเมียม ตะกั่วที่พบมีค่าสูงทั้งสองฤดูกาล ผลการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในพืชพบว่ามันสำปะหลังสามารถดูดซับตะกั่วได้สูงสุด รองลงมา ได้แก่ กระเพรา โหระพา การดูดซับของแคดเมียมจะพบว่ามีค่าสูงในมันสำปะหลัง ไม่พบการสะสมของแคดเมียมในอ้อย และ ไม่พบโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด ในเมล็ดข้าว

(จิราภรณ์ หลาบคำ & อุไรวรรณ อินทร์ม่วง, 2554) ศึกษาสถานการณ์คุณภาพน้ำและความคิดเห็นของประชาชนต่อปัญหามลพิษทางน้ำของชุมชน บริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบของเสียเทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ศึกษาระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 – เดือนเมษายน พ.ศ.2554 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสำรวจการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดิน พบว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนัก โคลิฟอร์ม

แบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในปริมาณสูง โดยเฉพาะบ้านคาบอน ตั้งอยู่ใกล้สถานที่ฝังกลบมากที่สุด พบว่าตะกั่วและแมงกานีสเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ส่วนแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรพื้นที่ศึกษา ได้แก่ อ่างเก็บน้ำซาจานและห้วยหมากงอ พบว่าค่ามีบีโอดี ตะกั่ว และแมงกานีสสูงเกินมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินเพื่อการเกษตรและการอุปโภคและบริโภค ชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากปัญหามลพิษทางน้ำ ได้แก่ บ้านโนน บ้านท่อน บ้านท่อนใหม่ และบ้านบึงแก เนื่องจากทิศทางการไหลของน้ำชะมูลฝอยจะไหลไปตามร่องน้ำ ทิศเหนือลงห้วยหมากงอและไหลลงแม่น้ำพอง ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าชุมชนรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยมีปัญหามลพิษทางน้ำและมีแนวโน้มว่ามีสาเหตุการปนเปื้อนจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

(Longe & Balogun, 2010) ได้ตรวจสอบระดับการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินที่อยู่ใกล้กับพื้นที่ฝังกลบของเทศบาล ในพื้นที่รัฐลากอส รัฐไนจีเรีย โดยตรวจสอบพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ (ทางเคมี กายภาพและโลหะหนัก) จากตัวอย่างน้ำใต้ดิน ความเข้มข้นเฉลี่ยของ แมงกานีส สังกะสี และ โครเมียม เท่ากับ 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

(Charles & Tapiwa, 2017) ศึกษาประเมินการปลดปล่อยโลหะหนักในน้ำบาดาลบริเวณรอบหลุมฝังกลบในเมืองบูลาวาโย ประเทศซิมบับเว วัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อสำรวจความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุขอันเนื่องมาจากการฝังกลบหลุมฝังกลบที่ไม่ถูกต้องประเทศกำลังพัฒนา โดยการตรวจวัดตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และทองแดง ในน้ำบาดาลจากหลุมเจาะที่อยู่ใน บริเวณที่อยู่อาศัยในละแวกใกล้เคียง พบความเข้มข้น ทองแดง เท่ากับ 0.003-0.037 ตะกั่ว เท่ากับ 0.02-0.21 โครเมียม เท่ากับ 0.007-0.11 และแคดเมียม เท่ากับ 0.003-0.023 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2.8.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

(ธนาวัฒน์ รักกมล, ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์, สมเกียรติยศ วรเดช, & ชีระวิทย์ รัตรพันธ์, 2553) ประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่ประปาหมู่บ้านถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง พบว่าน้ำประปามีการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โดยมีปริมาณเหล็กที่เกินค่ามาตรฐาน โดยทำการเก็บตัวอย่างตามระยะทางของเส้นท่อส่งน้ำ ได้แก่ ต้นท่อ กลางท่อ และปลายท่อ ซึ่งแยก

เก็บตัวอย่างตามฤดูกาล คือ ฤดูฝนและฤดูแล้ง และศึกษาปริมาณโลหะหนัก 9 ชนิด ได้แก่ เหล็ก แมงกานิส ทองแดง สังกะสี แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว ปรอท และสารหนู จากการศึกษาพบว่าน้ำประปาหมู่บ้านมีการปนเปื้อนโลหะหนักทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ซึ่งได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี และพบว่าปริมาณเหล็กเท่านั้นที่เกินมาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ในบริเวณต้นท่อ และกลางท่อของฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.732 และ 0.700 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนการประเมินความเสี่ยงทางของมนุษย์ทั้งความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในการบริโภคน้ำประปา ภาพรวมทุกแห่งมีค่าเท่ากับ 8.17×10^{-3} ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้

(Xu, Huang, Wang, & Lagos, 2006) ประเมินการได้รับ ทองแดง สังกะสี และสารหนู จากนน้ำดื่มของเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน โดยพิจารณาร่วมกับข้อมูลของอายุ เพศ และสถานที่ทำงานของกลุ่มตัวอย่างที่ส่งผลต่อการได้รับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มแต่ละวัน จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดง สังกะสี และสารหนูที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำดื่มเท่ากับ 0.8 ug/L, 0.29 mg/L และ 0.91ug/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานของ U.S. EPA's Drinking Water Equivalent Level (DWEL) และ WHO ที่กำหนดไว้ และค่าเฉลี่ยการได้รับทองแดง สังกะสี และสารปนเปื้อนอยู่ในน้ำดื่มต่อวันเท่ากับ 21.12 µg/d, 0.6 µg/d และ 1.83 µg/d ตามลำดับ และคิดเป็นร้อยละ 0.01 (Cu) 1.1, (Zn) และ1.5 (Chu C et al.) ของปริมาณสูงสุดที่มนุษย์ได้รับในแต่ละวันที่ยอมรับได้ (Provisional Tolerable Daily Intake, PTDI) และการได้รับการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำดื่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสถานที่ทำงานที่แตกต่าง

(Kavcar, Sofuoglu, & Sofuoglu, 2009) ประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มของเมืองอิซเมียร์ ประเทศตุรกี โดยศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มทั้งหมด 11 ชนิด คือ สารหนู แบริลเลียม แคดเมียม โคบอล โครเมียม ทองแดง แมงกานีส นิเกิล ตะกั่ว วานาเดียม และสังกะสี และจัดทำแบบสำรวจการบริโภคน้ำดื่มด้วยแบบสอบถามจากจำนวนประชากรในพื้นที่การศึกษา พบว่าในน้ำดื่มมีปริมาณความเข้มข้นของสารหนู โครเมียม ทองแดง แมงกานีส นิเกิล และสังกะสีมากกว่าร้อยละ 50 ของตัวอย่าง และความเข้มข้นของ สารหนู และนิเกิล ที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมีค่าสูงกว่ามาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 20 และ 50 ของตัวอย่างตามลำดับ ส่วนค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard quotient, HQ) จากการบริโภคดื่มน้ำที่ปนเปื้อนสารหนู พบว่ามีค่า HQ มากกว่า 1 หรือคิดเป็นร้อยละ 19 ของประชาชนในพื้นที่

ในขณะที่ค่าครึ่งชีวิตของสารหนูที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งมีค่าน้อยกว่า 10^{-4} ซึ่งที่ระดับนี้ประชากรมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 46 และสัดส่วนของประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งมีค่ามากกว่า 10^{-6} คิดเป็นร้อยละ 90

(Supata & Hari, 2011) ประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการปนเปื้อนโลหะหนักของน้ำดื่ม ในจังหวัดกามรูป รัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย โดยทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ สังกะสี ทองแดง แคดเมียม แมงกานีส ตะกั่ว และ สารหนู โดยเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบริเวณท่อสูบน้ำ เครื่องสูบน้ำบ่อลึก และ Ring well เป็นการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก จากนั้นทำการประเมินรูปแบบการกระจายตัวของของโลหะหนักแต่ละชนิดในน้ำใต้ดิน จากการศึกษาพบว่าปริมาณของสังกะสี ทองแดง แคดเมียม แมงกานีส และตะกั่ว ในน้ำใต้ดินมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของ WHO และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณสารหนูนั้นพบเพียงเล็กน้อย และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ WHO

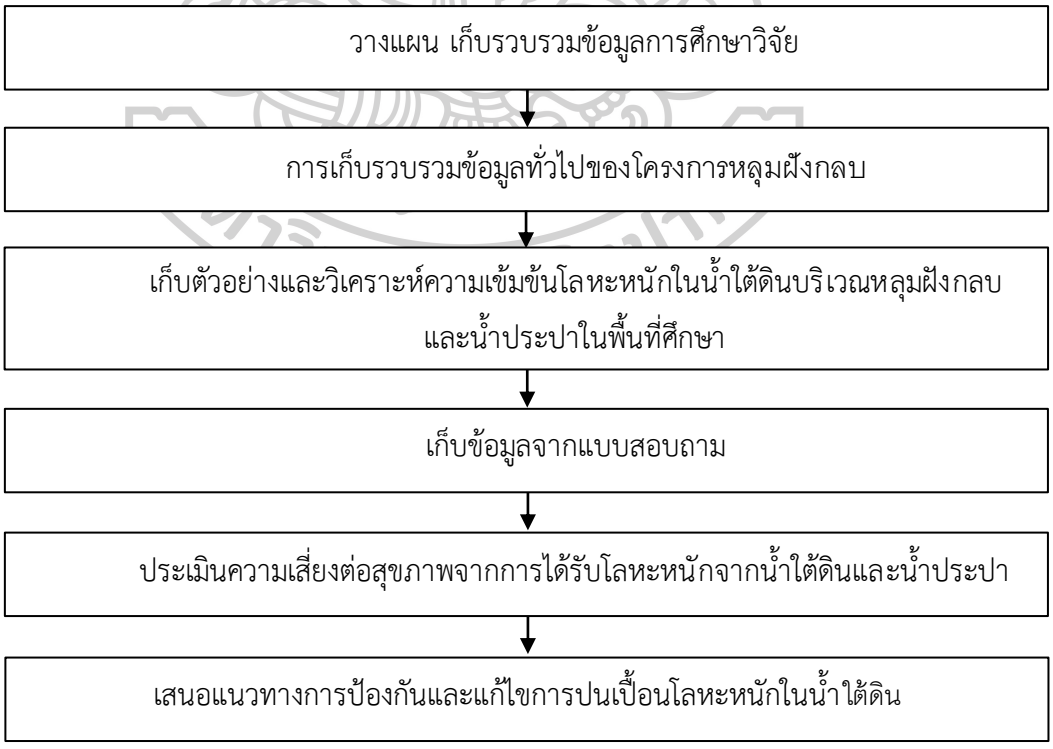
(Navoni et al., 2014) ทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มจากประเทศอาร์เจนตินา โดยทำการศึกษาเชิงพื้นที่และเก็บตัวอย่างปัสสาวะจากประชาชนที่อาศัยอยู่ในเมืองชาโก เมืองซานติเอโก้ และเมืองเอสเตโร เพื่อคำนวณปริมาณการได้รับสารหนูต่อวัน และดำเนินการสร้างแผนที่แหล่งน้ำเพื่อแบ่งเขตพื้นที่ศึกษาในการประเมินระดับการปนเปื้อนในพื้นที่โดยพิจารณาร่วมกับข้อมูลทางธรณีและสถิติจำนวนประชากร จากการศึกษาพบว่าสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำดื่มมีค่าอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ค่าที่ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non-Detectable, ND) จนถึง 2,000 ug/L ส่วนการวิเคราะห์ปัสสาวะพบว่า มีระดับของการปนเปื้อนของสารหนูมากกว่า 100 ug/L creatinine และพบว่าประชากรกว่าร้อยละ 68 มีค่าสัดส่วนความเสี่ยง (hazard quotient, HQ) มากกว่า 1 ซึ่งมีความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพ มีค่าเฉลี่ยการได้รับต่อวัน (Average daily dose, ADD) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.3×10^{-4} ถึง 138.0×10^{-4} mg/kg/day และมีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Carcinogenic risk, CR) อยู่ในช่วงระหว่าง 5×10^{-5} ถึง 2.1×10^{-2} ซึ่งมีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74 ของประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งปอดและมะเร็งกระเพาะปัสสาวะ

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 ภาพรวมของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดิน 10 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม แบเรียม ตะกั่ว แมงกานีส นิกเกิล สังกะสี สารหนู ซีลีเนียม และปรอท ซึ่งเป็นโลหะหนักที่กำหนดให้วิเคราะห์ในน้ำใต้ดิน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559 นอกจากนั้นยังวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำประปาเพื่อนำมาเปรียบเทียบด้วย และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน ตามเกณฑ์ของ US-EPA (1989) การดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพรวมการดำเนินงานวิจัย

3.2 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

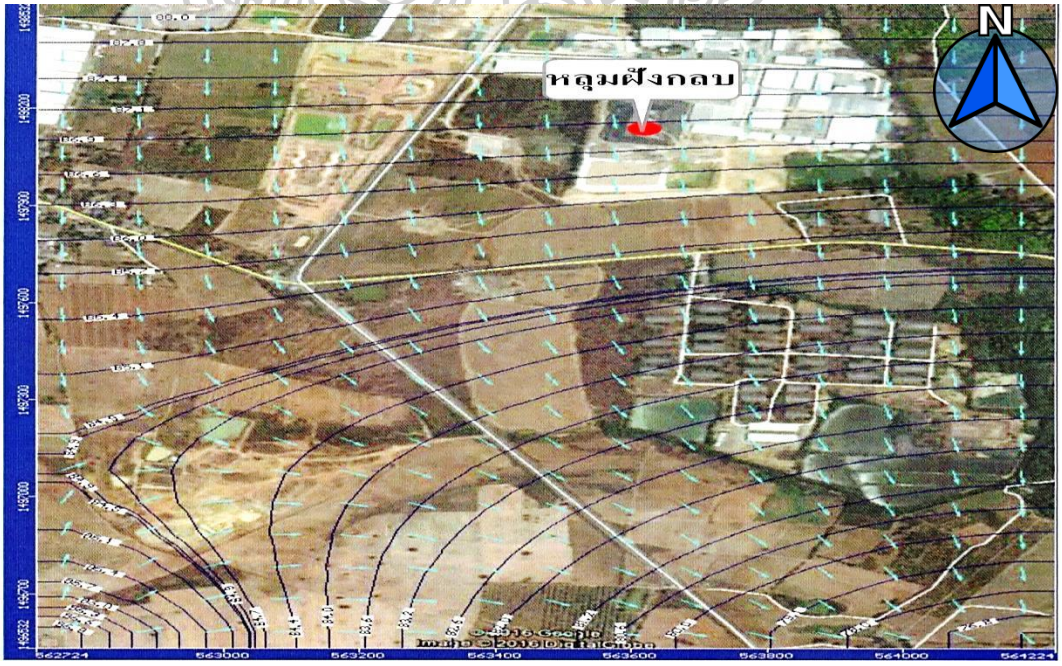
สำรวจและตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นของโครงการหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตราย จังหวัดราชบุรี โดยวิธีการจดบันทึก เก็บข้อมูล ตำแหน่งที่ตั้ง ประเภทของหลุมฝังกลบ (หลุมฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล หรือหลุมฝังกลบแบบปลอดภัย) วิธีการฝังกลบ (แบบพื้นราบหรือแบบขุดร่อง) ขนาดหลุม ปริมาตรหลุม ประเภทและปริมาณของของเสียที่ฝังกลบ ตัวอย่างแบบตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น (Checklist) ดังภาคผนวก ก.

3.3 การเก็บและการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ

3.3.1 จุดเก็บตัวอย่าง

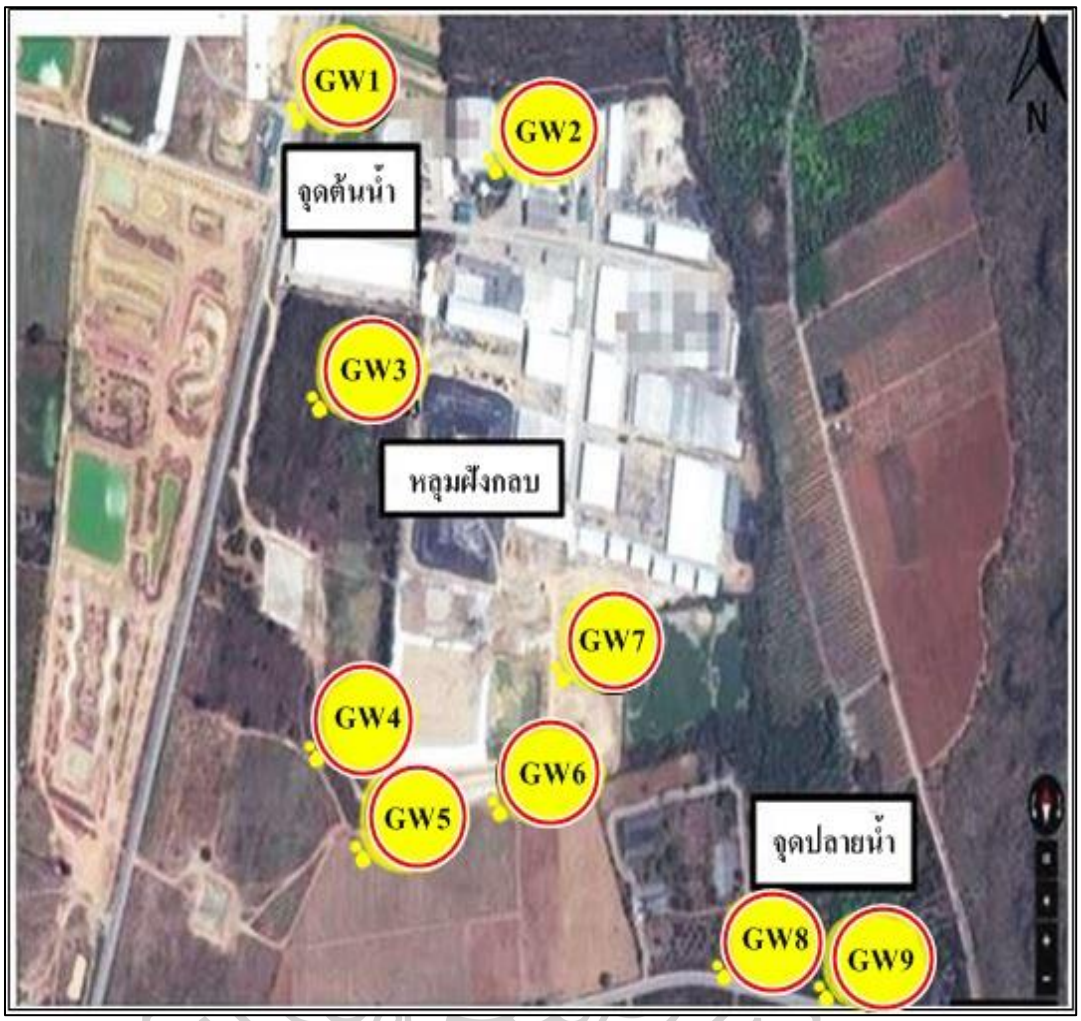
1) จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

งานวิจัยนี้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินจำนวน 9 จุด ในรัศมี 500 เมตรจากหลุมฝังกลบ ตามเกณฑ์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2559ข) ซึ่งกำหนดให้เก็บตัวอย่างโดยดูทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินดังรูปที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินดังรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.2 ลูกศรแสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่หลุมฝังกลบ

ที่มา: ดัดแปลงจาก (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2559ก)



รูปที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน GW=น้ำใต้ดิน
ที่มา: ดัดแปลงจาก Google map (8 April 2016)

สำหรับน้ำใต้ดินทำการเก็บตัวอย่างข้อมูลแบบสืบค้น (Search Sampling) เป็นวิธีที่ใช้ข้อมูลเดิมประกอบกับความเป็นมาของพื้นที่เพื่อประเมินส่วนของพื้นที่ที่มีโอกาสการปนเปื้อนสูง โดยมีบ่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ต้นต้นน้ำ ก่อนถึงพื้นที่ปนเปื้อน 1 บ่อ (GW1) เพื่อเป็นบ่ออ้างอิง และที่ท้ายน้ำของจุดที่คาดว่าเป็นแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน (GW8 และ GW9) ดังรูปที่ 3.3 เพื่อตรวจสอบความเร็วของการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนและศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนัก

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	รหัสบ่อ	ทิศจากหลุมฝังกลบ	พิกัด	รูปบ่อน้ำใต้ดิน	จุดประสงค์ในการเก็บตัวอย่าง
1	GW1	ตะวันตกเฉียงเหนือ	13°32'57.1"N 99°35'19.7"E	3.4	เพื่อเป็นบ่ออ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient)
2	GW2	ตะวันออกเฉียงเหนือ	13°32'56.7"N 99°35'14.2"E	3.5	เพื่อเป็นบ่อตรวจสอบบริเวณหลุมฝังกลบ
3	GW3	ตะวันตกเฉียงเหนือ	13°33'14.5"N 99°35'11.0"E	3.6	เพื่อเป็นบ่อตรวจสอบบริเวณหลุมฝังกลบ
4	GW4	ตะวันตกเฉียงใต้	13°33'06.7"N 99°35'14.3"E	3.7	เพื่อเป็นบ่อตรวจสอบบริเวณหลุมฝังกลบ
5	GW5	ตะวันตกเฉียงใต้	13°32'57.9"N 99°35'12.5"E	3.8	ใช้เป็นบ่อตรวจสอบบริเวณหลุมฝังกลบ
6	GW6	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	13°32'60.0"N 99°35'23.5"E	3.9	ใช้เป็นบ่อตรวจสอบบริเวณหลุมฝังกลบ
7	GW7	ตะวันออก	13°33'13.1"N 99°35'20.4"E	3.10	เพื่อเป็นบ่อตรวจสอบบริเวณหลุมฝังกลบ
8	GW8	ตะวันออกเฉียงใต้	13°32'52.9"N 99°35'30.0"E	3.11	เพื่อเป็นบ่ออ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient)
9	GW9	ตะวันออกเฉียงใต้	13°32'51.0"N 99°35'36.9"E	3.12	เพื่อเป็นบ่ออ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient)

รูปที่ 3.4 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW1

รูปที่ 3.5 บ่อน้ำบาดาล GW2

รูปที่ 3.6 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW3

รูปที่ 3.7 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW4

รูปที่ 3.8 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW5

รูปที่ 3.9 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW6

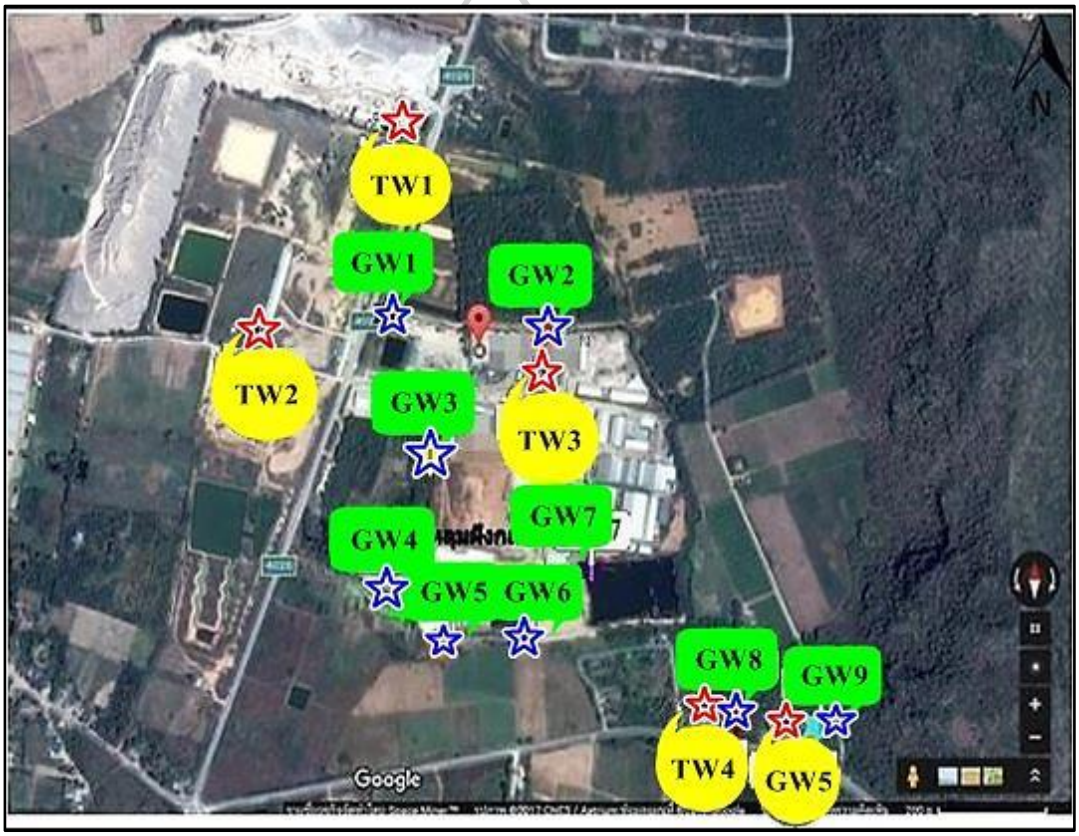
รูปที่ 3.10 บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน GW7

รูปที่ 3.11 บ่อน้ำใต้ดิน GW8

รูปที่ 3.12 บ่อน้ำใต้ดิน GW9

2) จุดเก็บตัวอย่างน้ำประปา

การวิจัยนี้ได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำประปาในพื้นที่การศึกษา จำนวน 5 จุด ในรัศมี 500 เมตรจากหลุมฝังกลบ โดยเก็บตัวอย่างน้ำประปาจากครัวเรือนของประชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบพื้นที่หลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตราย จุดเก็บตัวอย่างน้ำประปาแสดงดังรูปที่ 3.13 และตารางที่ 3.2 ซึ่งในรูป 3.13 ได้แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินไว้เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปา



รูปที่ 3.13 จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปา

☆ TW=น้ำประปา ☆ GW=น้ำใต้ดิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Google map (24 April 2017)

ตารางที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำประปา

จุดเก็บตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	ทิศจากหลุมฝังกลบ	พิกัด	จุดประสงค์ในการเก็บตัวอย่าง
1	TW1	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	13°33'14.5"N 99°35'11.0"E	เพื่อเก็บน้ำประปาใกล้บ่ออ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient) GW1
2	TW 2	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	13°33'14.5"N 99°35'11.0"E	เพื่อเก็บน้ำประปาใกล้บ่ออ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient) GW1
3	TW 3	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	13°32'57.1"N 99°35'19.7"E	เพื่อเก็บน้ำประปาใกล้บ่ออ้างอิงกลางน้ำ GW2
4	TW 4	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	13°32'60.0"N 99°35'23.5"E	เพื่อเก็บน้ำประปาใกล้บ่ออ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient) GW8
5	TW 5	ทิศตะวันตกเฉียงใต้	13°32'57.9"N 99°35'12.5"E	เพื่อเก็บน้ำประปาใกล้บ่ออ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient) GW9

3.3.2 ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปาในพื้นที่ศึกษารอบหลุมฝังกลบเสียไม่อันตราย อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ภายในรัศมี 500 เมตร เก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง จำนวน 4 เดือน คือ เดือนเมษายน เดือนมิถุนายน เดือนสิงหาคม และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560

3.3.3 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ

1) น้ำใต้ดิน

ทำการเก็บน้ำใต้ดินด้วย Bailer sampling ตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบ่อตรวจสอบทั้งหมดจะต้องสูบน้ำออกจากบ่อก่อนและกระทำให้เสร็จภายในวันเดียวกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1) ล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากอิออน (Deionized water)

1.2) เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินโดยใช้ Bailer ดังรูปที่ 3.14 โดยค่อย ๆ หย่อนลงไปจนกระทั่ง Bailer สัมผัสกับผิวน้ำ จากนั้นปล่อยให้ Bailer จมลงอย่างช้าๆ และขณะดึง Bailer ออกจากน้ำต้องค่อย ๆ ดึงเช่นเดียวกัน

1.3) นำตัวอย่างน้ำใน Bailer เทลงใส่ขวดตัวอย่างที่เตรียมไว้อย่างระมัดระวัง

1.4) ควบคุมรักษาคุณภาพน้ำให้คงสภาพเดิม มากที่สุดโดยใช้การเติมสารเคมีหรือแช่เย็นตามลักษณะเฉพาะของดัชนีคุณภาพ แสดงดังตารางที่ 3.3

1.5) ขนส่งตัวอย่างน้ำทั้งหมดกลับไปยังห้องปฏิบัติการ และวิเคราะห์โดยเร็วที่สุด

2) น้ำประปา

ขั้นตอนการเก็บน้ำประปาจะทำการเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) โดยเก็บตัวอย่างน้ำเป็นครั้ง ๆ จุดละ 1 ตัวอย่างในเวลาที่กำหนด การเก็บแบบนี้ตัวอย่างน้ำที่ได้จะเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำเฉพาะเวลา และเฉพาะจุดที่เก็บเท่านั้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1) เปิดก๊อกให้น้ำไหลทิ้งประมาณ 3-5 นาที เพื่อให้น้ำที่ค้างตามท่อไหลทิ้งให้หมด

2.2) ก่อนการบรรจุน้ำตัวอย่างลงในขวดเก็บตัวอย่างจะต้องล้างขวดเก็บตัวอย่างด้วยน้ำตัวอย่างอย่างน้อย 2 - 3 ครั้ง

2.3) เก็บตัวอย่างน้ำ โดยเปิดก๊อกให้น้ำไหลลงขวดเก็บตัวอย่างจนเต็ม

2.4) ควบคุมรักษาคุณภาพน้ำให้คงสภาพเดิมมากที่สุดโดยใช้การเติมสารเคมีหรือแช่เย็นตามลักษณะเฉพาะของดัชนีคุณภาพ แสดงดังตารางที่ 3.3

2.5) ขนส่งตัวอย่างน้ำทั้งหมดกลับไปยังห้องปฏิบัติการและทำการวิเคราะห์

รูปที่ 3.14 การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินด้วยวิธี Bailer Sampling

ตารางที่ 3.3 การรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	ปริมาณตัวอย่าง	ภาชนะที่ใช้เก็บ	วิธีการเก็บรักษา
พีเอช	25 มิลลิลิตร	พลาสติก หรือ แก้ว	วิเคราะห์ทันที
โลหะหนัก	200 มิลลิลิตร	พลาสติก หรือ แก้ว	เติม HNO_3 ให้pH<2 แช่เย็น

ที่มา: (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2559ข)

หมายเหตุ: - แช่เย็นที่ 4±2 องศาเซลเซียส

- การวิเคราะห์โลหะ ขวดแก้วและพลาสติกจะต้องกลั้ว (Rinse) ด้วย 10% HNO_3 ชนิด Trace Metal Grade ถ้าเป็นไปได้ควรใช้ภาชนะพลาสติกที่เป็น Polyethylene ที่มีฝาปิด แต่ไม่มีฝารองใน
- การรักษาสภาพต้องทำทันทีที่เก็บตัวอย่างได้
- ควรวิเคราะห์ตัวอย่างเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้
- ต้องกรองทันทีก่อนที่จะรักษาสภาพด้วยกรด

3.4 การเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

3.4.1 เครื่องมือ

1) เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินแบบ Bailer sampling

2) ตู้แช่ (Incubator) ควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างให้อยู่ระหว่าง 4 ± 2 องศาเซลเซียส

3) เครื่องชั่งละเอียด ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น LM204/01

4) เครื่องอังไอน้ำ (water bath)

5) เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Hot plate)

6) ชุดผลิตไฮไดรด์ (Continuous Hydride Generator) ยี่ห้อ Agilent รุ่น VGA 77 for AA

7) ชุดผลิตไอเย็น (Vapor Generator) ยี่ห้อ Agilent รุ่น VGA 77 for AA

8) เครื่องอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Agilent รุ่น SpectrAA 240FS

3.4.2 สารเคมี เครื่องแก้ว และอุปกรณ์

1) สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสียของ APHA, AWWA and WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22nd, DC: APHA , 2012.Part 3030 E, 3111 B and 3111 D

2) สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสียของ APHA, AWWA and WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed, Washington DC: APHA, 2012Part 3030 E, 3112 B

3) สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสียของ APHA, AWWA and WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed, Washington DC: APHA, 2012.Part 3030 E, 3114 B and 3114 C.

4) สารละลายมาตรฐานโลหะหนัก 10 ชนิดที่วิเคราะห์ แต่ละชนิดมีความเข้มข้น 1,000 ppm

5) ขวดพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนหรือเทียบเท่าขนาด 1,000 มิลลิลิตร

6) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 41

3.4.3 การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์โลหะหนัก

สำหรับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์โลหะหนักต่างๆ ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส นิกเกิล และสังกะสี ใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และน้ำเสียของ APHA, AWWA and WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22nd, DC: APHA , 2012.Part 3030 E, 3111 B and 3111 D ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำที่ผสมให้เข้ากันแล้ว 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร (เติมในHood) ใส่ลูกแก้วเพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง และปิดด้วยกระจกนาฬิกา

3. นำไปย่อยบนเตาย่อยให้เดือดอ่อนๆจนมีปริมาตรเหลือน้อยที่สุด (10-20 มิลลิลิตร)

4. นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 ทิ้งให้เย็น

5. ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากโลหะ และเขย่าให้เข้ากัน

6. ทดสอบหาปริมาณโครเมียม เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ในตัวอย่างหลังจากปรับปริมาตร

7. นำตัวอย่างที่ได้ไปหาปริมาณโลหะหนักต่อไปด้วยเครื่อง เครื่องอะตอมมิกแอพซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Agilent รุ่น SpectrAA 240FS

3.4.4 การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ปรอท

สำหรับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ปรอท (Mercury) ใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และน้ำเสียของ APHA, AWWA and WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed, Washington DC: APHA, 2012Part 3030 E, 3112 B ดังนี้

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำที่ผสมเข้ากันดีแล้ว 100 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร และกรดไนตริกเข้มข้น 2.5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด

3. เติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

4. เติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด แล้วนำไปอุ่นในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

5. ทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ไฮอรอกซีลลามีนซัลเฟตลงในแต่ละขวด

6. เติมสารละลายทิน (II) คลอไรด์ ลงในแต่ละขวดแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณปรอทโดยวิธี Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry

3.4.5 การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์สารหนู และเซเลเนียม

สำหรับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์สารหนู (Arsenic) และ ซีลีเนียม (Selenium) ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และน้ำเสียของ APHA, AWWA and WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed, Washington DC: APHA, 2012.Part 3030 E, 3114 B and 3114 C. ดังนี้

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำที่ผสมเข้ากันดีแล้ว 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.5 N ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 5% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด

4. ย่อยบนเตาย่อย 30-40 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5. การทดสอบสารหนูปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร กรณีวิเคราะห์เซเลเนียมปรับปริมาตรเป็น 30 มิลลิลิตร

6. สำหรับการทดสอบสารหนู ให้เติมโพแทสเซียมอโอไดด์ 10% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที และนำไปทดสอบด้วยวิธี Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry

ทำการวิเคราะห์โลหะหนักทั้งหมด 10 ชนิด จากทั้งหมด 12 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม แบเรียม ตะกั่ว แมงกานีส นิกเกิล สังกะสี สารหนู พลวง วาเนเดียม ซีลีเนียม และ ปรอท ตามประกาศประทรวงอุตสาหกรรม ปี 2559 โดยยกเว้นการวิเคราะห์พลวง และ วาเนเดียม เนื่องจากการตรวจสอบข้อมูลไม่พบรายงานการวิเคราะห์องค์ประกอบของ พลวง และ วาเนเดียม จากการนำของเสียมาฝังกลบ

3.5 การทำแบบสอบถาม

การสำรวจข้อมูลดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามด้วยวิธีการสัมภาษณ์ โดยลงพื้นที่สอบถามและจดบันทึก ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลจริงของบุคคลแต่ละกลุ่มที่ได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำประปาและน้ำใต้ดิน โดยลงพื้นที่เก็บข้อมูล 1 ครั้ง ในวันที่ 22 มกราคม 2561 เก็บข้อมูลจากประชาชน 2 กลุ่ม คือ เด็ก และผู้ใหญ่ จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 43 คนคิดเป็นร้อยละ 100 ของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่เป็นอันตรายในรัศมี 500 เมตร ในจุดต้นน้ำหรือเหนือหลุมฝังกลบ และจุดท้ายน้ำที่มีประชาชนอาศัยอยู่และมีกิจกรรมในการใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปา เพื่อการดื่มกิน การหุงต้มประกอบอาหาร และการชำระล้างร่างกาย ดังตัวอย่างแบบสอบถามในภาคผนวก ข. ซึ่งข้อมูลจากแบบสอบถามจะเป็นส่วนหนึ่งของการนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยง ตามวิธีการของ US-EPA ปี ค.ศ.1989

3.6 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดิน

การประเมินความเสี่ยงจะนำความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปาและน้ำใต้ดิน รวมทั้งข้อมูลจากแบบสอบถาม มาทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสโลหะหนักจากน้ำประปาและน้ำใต้ดินทั้งความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งตามวิธีการของ US-EPA ปี ค.ศ.1989 ตามหัวข้อ 2.6 ในบทที่ 2 โดยทำการประเมินความ

เสี่ยงของน้ำใต้ดินและน้ำประปาในตำแหน่งจุดต้นน้ำ คือ GW2-TW1 และจุดท้ายน้ำคือ GW8-TW4 และ GW9-TW5 ดังรูปที่ 3.13

ตารางที่ 3.4 ค่าคงที่สำหรับคำนวณการได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย (Intake)

พารามิเตอร์	หน่วย	ตัวแปร	ค่าคงที่		แหล่งที่มา
			เด็ก	ผู้ใหญ่	
ความเข้มข้นของสารในน้ำ	mg/l	CW	-	*	ผลวิเคราะห์
อัตราการบริโภคน้ำ	l/day	IR	0.96	1.67	(มุทาทิพย์ รอดทิม, 2558)
จำนวนวันที่สัมผัสใน 1 ปี	day/year	EF	365	365	แบบสอบถาม
จำนวนปีที่สัมผัสสาร (เฉลี่ย)	year	EP	-	18.5	แบบสอบถาม
น้ำหนักของร่างกาย (เฉลี่ย)	kg	BW	-	58.3	แบบสอบถาม
เวลาในการสัมผัสสาร (เฉลี่ย)	day	AT	-	6,752	แบบสอบถาม
พื้นที่ผิวที่สัมผัส	m^2	SA	-	1.72	(กิตติ อินทรานนท์, 2548)
ค่าคงที่จำเพาะต่อสารเคมีที่ซึมผ่านผิวหนัง	cm/hr	PC	0.001	0.001	(US-EPA, 1989)
ระยะเวลาในการสัมผัสน้ำต่อวัน (เฉลี่ย)	hr/day	ET	-	0.17	แบบสอบถาม
ค่าที่ใช้สำหรับแปลงค่าปริมาตรน้ำ	l/cm^3	CF	0.001	0.001	-

หมายเหตุ: * ผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปา

ตารางที่ 3.5 ร้อยละการใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาจากข้อมูลแบบสอบถาม

ข้อมูล	ผลจากแบบสอบถาม
น้ำสำหรับหุงต้มประกอบอาหาร	ร้อยละการใช้น้ำใต้ดิน : น้ำประปา ร้อยละ 80 : ร้อยละ 20
น้ำสำหรับชำระล้างร่างกาย	ร้อยละการใช้น้ำใต้ดิน : น้ำประปา ร้อยละ 33.3 : ร้อยละ 66.7

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก

4.1.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดิน

4.1.1.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดอ้างอิงเหนือน้ำ

การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดอ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient) ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณจุด GW1 และ GW2 ตรวจพบโลหะหนัก 4 ชนิด คือ แบเรียม แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี แต่โลหะหนักจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม สารหนู ซีลีเนียม และ ปรอท ตรวจไม่พบหรือ ND โดยความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักที่พบเรียงจากมากไปหาน้อย คือ แบเรียม แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1 และรูป 4.1

4.1.1.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดบ่อสังเกตการณ์

การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดบ่อสังเกตการณ์ (Monitoring well) ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณจุด GW3 และ GW7 ตรวจพบโลหะหนัก 8 ชนิด ได้แก่ สารหนู แบเรียม โครเมียม ปรอท แมงกานีส นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี และอีก 2 ชนิด คือ แคดเมียม และ เซลีเนียม ตรวจไม่พบหรือ ND โดยความเข้มข้นสูงสุด 3 ลำดับแรกของโลหะหนักเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ แมงกานีส แบเรียม สังกะสี และนิเกิล ตามลำดับ

4.1.1.3 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหนักจุดอ้างอิงท้ายน้ำ

การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดอ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient) ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณจุด GW8 และ GW9 ตรวจพบโลหะหนัก 4 ชนิด คือ แบเรียม แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี แต่โลหะหนักจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว นิเกิล แคดเมียม โครเมียม สารหนู ซีลีเนียม และ ปรอท ตรวจไม่พบหรือ ND โดยความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบสูงที่สุดเรียงจากมากไปหาน้อย คือ แบเรียม นิเกิล สังกะสี และแมงกานีส ตามลำดับ

โดยความเข้มข้นของโลหะหนักทุกชนิดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2559

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อลิตร)							
		สารหนู (Chu C et al.)		แบเรียม (Longe & Balogun)		โครเมียม (Cr)		ปรอท (Hg)	
		ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย
จุดอ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient)	GW1	ND	ND	0.011-0.60	0.215	ND	ND	ND	ND
	GW2	ND	ND	0.026-0.054	0.038	ND	ND	ND	ND
จุดบ่อสังเกตการณ์ (Monitoring well)	GW3	ND-0.0035	0.0026	0.230-1.25	0.685	ND-0.035	0.026	ND-0.0062	0.0058
	GW4	ND-0.0024	0.0016	0.129-0.867	0.476	ND-0.026	0.017	ND	ND
	GW5	ND-0.0019	0.0015	0.254-0.654	0.446	ND-0.029	0.019	ND	ND
	GW6	ND-0.0026	0.0020	0.273-0.916	0.449	ND-0.038	0.034	ND	ND
	GW7	ND-0.0041	0.0023	1.307-1.37	1.001	ND-0.132	0.069	ND-0.0025	0.0018
จุดอ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient)	GW8	ND	ND	0.061-0.081	0.069	ND	ND	ND	ND
	GW9	ND	ND	0.233-0.393	0.304	ND	ND	ND	ND
มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน*		0.1		160		6.0		0.7	

ตารางที่ 4.1 **(ต่อ)**

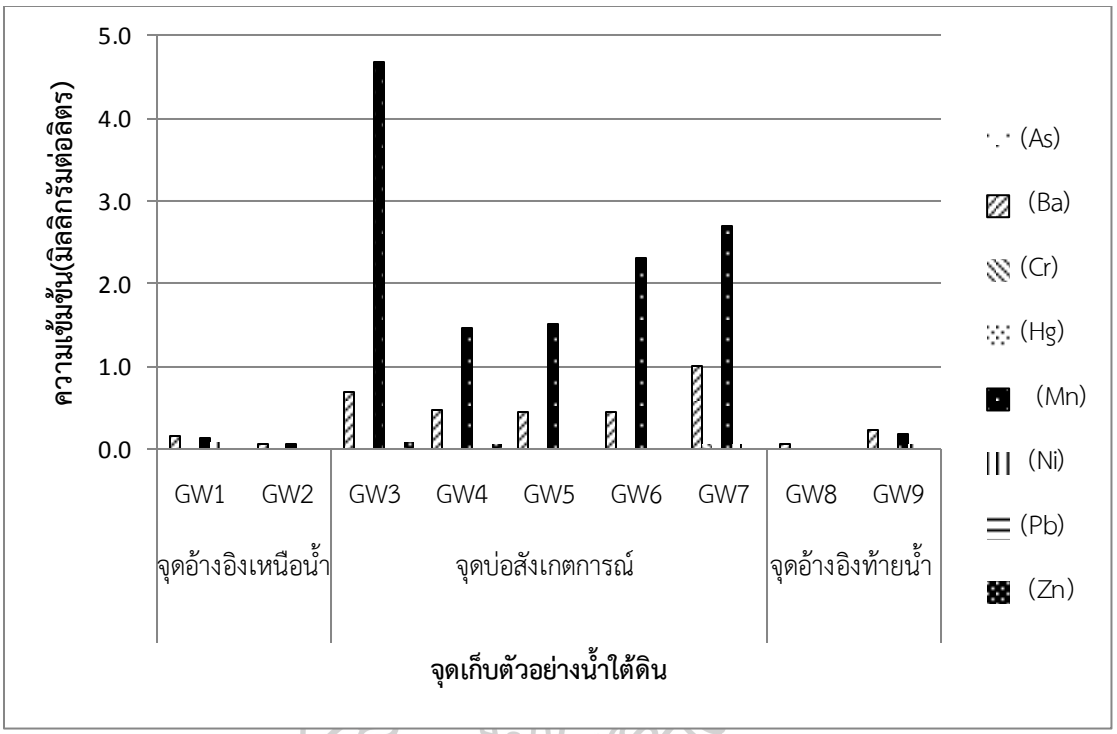
จุดเก็บตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อลิตร)							
		แมงกานีส(Mn)		นิเกิล (Navoni et al.)		ตะกั่ว (Pb)		สังกะสี (Zn)	
		ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย
จุดอ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient)	GW1	0.019-0.521	0.196	ND-0.957	0.084	ND	ND	ND-0.044	0.018
	GW2	0.013-0.132	0.059	ND	ND	ND	ND	ND-0.024	0.016
จุดบ่อสังเกตการณ์ (Monitoring well)	GW3	0.439-11.14	4.69	0.024-0.090	0.049	ND-0.042	0.035	0.025-0.170	0.083
	GW4	0.992-1.957	1.472	0.022-0.034	0.026	ND	ND	0.025-0.099	0.052
	GW5	1.272-1.963	1.523	0.012-0.046	0.027	ND	ND	0.017-0.046	0.027
	GW6	1.451-3.122	2.301	0.016-0.024	0.021	ND	ND	0.026-0.044	0.032
	GW7	2.323-3.030	2.710	0.032-0.064	0.052	ND-0.029	0.024	0.019-0.085	0.047
จุดอ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient)	GW8	0.034-0.056	0.049	0.020-0.044	0.032	ND	ND	0.017-0.037	0.024
	GW9	0.292-0.351	0.191	0.051-0.060	0.055	ND	ND	0.022-0.032	0.026
มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน*		33		5.0		4.0		10	

หมายเหตุ: มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน* : มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2559 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2559ข)

GW1-GW2=จุดอ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient) GW2-GW7=บ่อสังเกตการณ์ GW8 - GW9=จุดอ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient)

Detection limit As=0.001 Ba=0.01 Cd=0.001 Cr=0.01 Hg=0.001 Mn=0.01 Ni=0.01 Pb=0.01 Se=0.001 และ Zn=0.01 mg/L

ND =Not detected



รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำใต้ดิน

4.1.1.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะหนักในจุดเก็บตัวอย่าง 3 กลุ่ม จุดอ้างอิง

การศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี ซึ่งศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดเหนือน้ำ เป็นจุดอ้างอิงเหนือหลุมฝังกลบที่ไม่มีการประกอบกิจกรรมใดๆที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน จุดบ่อสังเกตการณ์ และได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดอ้างอิงท้ายน้ำ เป็นจุดอิงอิงท้ายหลุมฝังกลบที่อาจได้รับการปนเปื้อนจากการกิจกรรมการฝังกลบ จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นโลหะหนัก จุดอ้างอิงเหนือน้ำ และจุดอ้างอิงท้ายน้ำ มีความเข้มข้นของโลหะหนักน้อยกว่าจุดบ่อสังเกตการณ์ (Monitoring well) โดยพบโลหะหนักจำนวน 4 ชนิดที่จุดเหนือน้ำและจุดท้ายน้ำ คือ แบเรียม แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี ซึ่งความเข้มข้นของแบเรียม แมงกานีส นิเกิล และสังกะสีของจุดอ้างอิงเหนือน้ำ และจุดอ้างอิงท้ายน้ำ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.100, 0.515, 0.126, และ 0.930) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับจุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินพบโลหะหนัก 8 ชนิด คือ สารหนู แบเรียม โครเมียม ปรอท แมงกานีส นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี โดยความเข้มข้นของ นิเกิล สังกะสี ปรอท และตะกั่ว ในตัวอย่างน้ำใต้ดินของจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำกับจุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.982, 0.156, 0.248, และ 0.117) ตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ความเข้มข้นของ สารหนู แบเรียม แมงกานีส โครเมียม ในตัวอย่างน้ำใต้ดินของจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำกับจุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.001, 0.001, 0.012, และ 0.025 ตามลำดับ) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ดังนั้นความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินที่ตรวจพบบริเวณจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำ ได้แก่ แบเรียม แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบ่อสังเกตการณ์ ได้แก่ นิเกิล สังกะสี ปรอท และตะกั่ว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินจากจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำ แต่พบความเข้มข้นของสารหนู แบเรียม แมงกานีส โครเมียม ของบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินมีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำ หากพิจารณาทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบ (ดังรูปที่ 3.2) จะเห็นได้ว่าทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะไหลจากด้านทิศเหนือผ่านหลุมฝังกลบลงสู่ด้านทิศใต้ จึงทำให้พบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดบ่อสังเกตการณ์สูงกว่าจุดอ้างอิงท้ายน้ำ

จากการศึกษาทางธรณีวิทยาของดินบริเวณหลุมฝังกลบโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2559 พบว่าดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี มีลักษณะเป็นดินเหนียวและหินแข็ง มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของดินอยู่ที่ 2×10^{-6} เซนติเมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมาก และพบว่าดินบริเวณอำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรีเป็นดินขาว (Kaolinite) และดินเหนียว ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น โอ่ง ถ้วย ชาม เพราะมีคุณสมบัติซึมน้ำน้อย (กรมทรัพยากรธรณี, 2551) จากข้อมูลนี้จึงทำให้การปนเปื้อนของโลหะในบริเวณจุดบ่อสังเกตการณ์ สามารถแพร่กระจายไปยังจุดท้ายน้ำได้ช้า จึงทำให้พบความเข้มข้นของโลหะบริเวณจุดบ่อสังเกตการณ์ สูงกว่าจุดท้ายน้ำ

4.1.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปา

การศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปาได้ทำการเก็บน้ำประปา คือ TW1 ถึง TW5 จำนวน 5 จุดเก็บตัวอย่าง แสดงดังตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างในรูปที่ 3.13 ผลการวิเคราะห์ตรวจไม่พบ โลหะหนักจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม แบเรียม ตะกั่ว นิกเกิล สารหนู ซีลีเนียม และ ปรอท และตรวจพบโลหะ 2 ชนิด คือ แมงกานีส และสังกะสีในน้ำประปาทั้ง 5 จุด ซึ่งทุกจุดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2550 ดังรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักน้ำประปา

จุดเก็บตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	ความเข้มข้นโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
		แมงกานีส (Mn)		สังกะสี (Zn)	
		ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย
จุดอ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient)	TW1	0.011-0.034	0.017	ND-0.037	0.026
	TW 2	0.020-0.038	0.027	0.011-0.043	0.032
จุดบ่อสังเกตการณ์ (Monitoring well)	TW 3	0.015-0.030	0.020	0.021-0.041	0.032
จุดอ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient)	TW 4	0.021-0.029	0.026	0.013-0.036	0.029
	TW 5	0.019-0.027	0.023	0.020-0.041	0.034
มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา*		0.3		3.0	

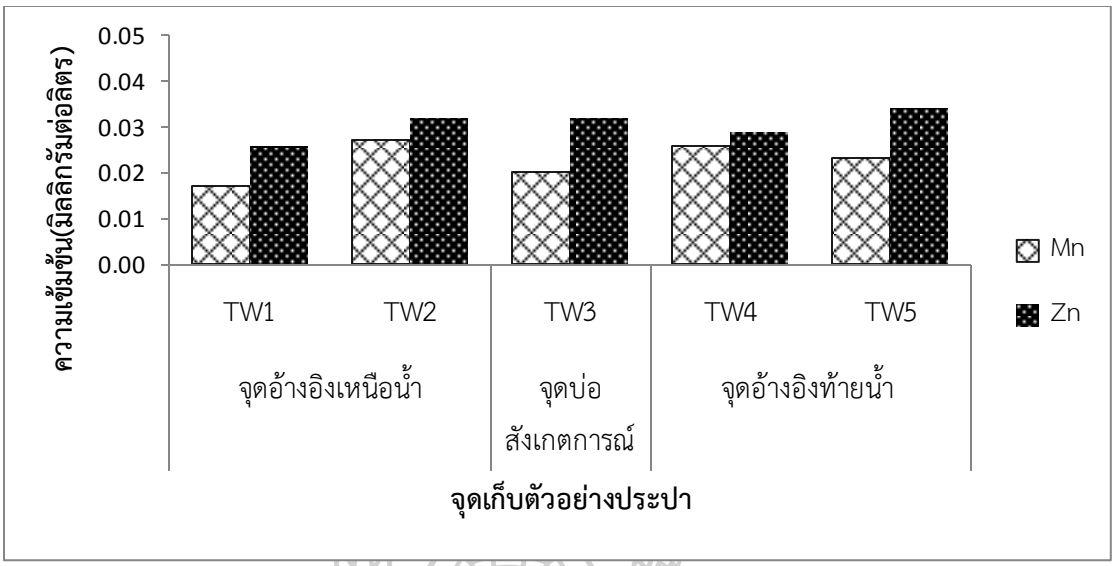
หมายเหตุ: * มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2550 (การประปาส่วนภูมิภาค, 2550)

TW1-TW2=จุดอ้างอิงเหนือน้ำ (Up-gradient) TW3=บ่อสังเกตการณ์

TW4 – TW5=จุดอ้างอิงท้ายน้ำ (Down-gradient)

Detection limit ของโลหะแต่ละชนิดมีค่าดังนี้ As=0.001 Ba=0.01 Cd=0.001 Cr=0.01 Hg=0.001 Mn=0.01 Ni=0.01 Pb=0.01 Se=0.001 และ Zn=0.01 mg/L

ND =Not detected



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำประปา

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่ตรวจพบในน้ำประปา 2 ชนิด คือ แมงกานีส และสังกะสี ที่จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มของจุดเก็บตัวอย่าง คือ จุดอ้างอิงเหนือน้ำ จุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน และจุดอ้างอิงท้ายน้ำ มีความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นตัวอย่างน้ำประปาจากจุดจ่ายน้ำประปาเดียวกัน จึงทำให้ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ตรวจพบมีค่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินระหว่างจุดบ่อสังเกตการณ์กับจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำมีความแตกต่างกัน จากทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินและคุณสมบัติทางธรณีวิทยาของดินบริเวณหลุมฝังกลบที่มีผลต่อการแพร่กระจายของโลหะจากหลุมฝังกลบสู่ภายนอก จึงทำให้ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินมีค่าแตกต่างกัน (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

สำหรับแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาในพื้นที่ศึกษา เป็นน้ำจากอ่างเก็บน้ำชัฏป่าหวาย ตั้งอยู่ที่ ตำบลท่าเคย อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในพระราชดำริ มีความจุ 2.50 ล้านลูกบาสก์เมตร น้ำประปาผลิตโดยการประปาส่วนภูมิภาค สาขาสวนผึ้ง โรงกรองน้ำชัฏป่าหวาย ซึ่งมีกำลังการผลิตน้ำอยู่ที่ 3,600 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, ม.ป.ป.)

รูปที่ 4.3 ที่ตั้งอ่างเก็บน้ำชัฏป่าหวาย

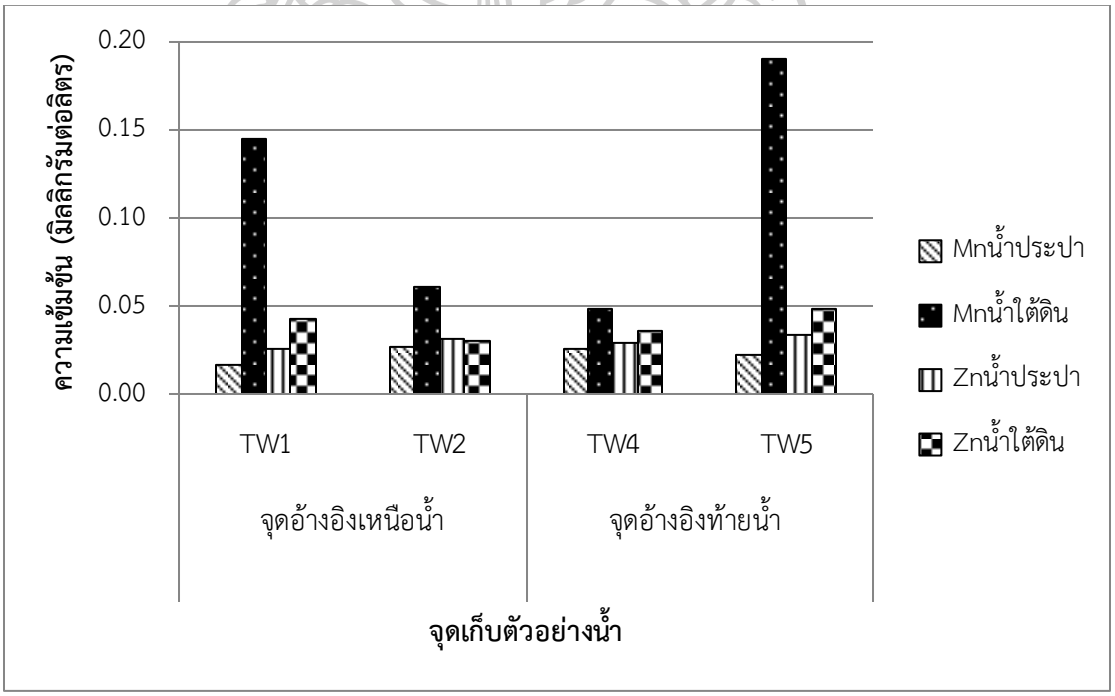
ที่มา: ดัดแปลงจาก Google map (22 August 2018)

รูปที่ 4.4 อ่างเก็บน้ำชัฏป่าหวาย อำเภอสวรรผึ้ง จังหวัดราชบุรี

ที่มา: (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, ม.ป.ป.)

4.1.2.1 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปา

การศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปาในพื้นที่ศึกษาหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี ในรัศมี 500 เมตรจากหลุมฝังกลบ จากการศึกษาพบว่าในตัวอย่างน้ำใต้ดิน พบโลหะหนัก 8 ชนิด คือ สารหนู แบเรียม โครเมียม ปรอท แมงกานีส นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี มีค่าความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2559 ซึ่งโลหะที่มีความเข้มข้นสูงสุด 3 ลำดับแรกเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ แมงกานีส แบเรียม และ นิเกิล สำหรับตัวอย่างน้ำประปาพบโลหะหนัก 2 ชนิด คือ แมงกานีส และสังกะสี มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2550 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำใต้ดินกับน้ำประปา พบว่าโลหะแมงกานีสและสังกะสีในตัวอย่างน้ำใต้ดินมีค่าสูงกว่าในตัวอย่างน้ำประปา โดยความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของแมงกานีสในน้ำใต้ดินและน้ำประปามีค่าเท่ากับ 0.19 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของสังกะสีในน้ำใต้ดินและน้ำประปามีค่าเท่ากับ 0.04 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสและสังกะสีในตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปา

จากรูปที่ 4.5 เห็นได้ว่าความเข้มข้นของโลหะสังกะสีในน้ำใต้ดินและน้ำประปามีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ความเข้มข้นของโลหะแมงกานีสที่ตรวจพบในน้ำใต้ดินมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นในน้ำประปา ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี เป็นพื้นที่มีแหล่งทรัพยากรแร่ ที่มีการสะสมของแมงกานีส (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) ประกอบกับการได้รับการปนเปื้อนจากหลุมฝังกลบจากของเสียที่นำมาฝังกลบที่มีส่วนประกอบแมงกานีส จึงทำให้พบความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำใต้ดินสูงกว่าในน้ำประปา

สำหรับการเปรียบเทียบผลการศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักต่าง ๆ ในน้ำใต้ดินของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ประเมินการปนเปื้อนและคาดการณ์แนวโน้มการแพร่กระจายตลอดจนการเคลื่อนที่ของตะกั่วในน้ำใต้ดินบริเวณรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น โดยพบโลหะตะกั่วเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ คือ พบตะกั่วในน้ำใต้ดินสูงสุด 0.111 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่างานวิจัยนี้ ซึ่งพบตะกั่วสูงสุดเพียง 0.035 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบโลหะหนักเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำบาดาลสถานที่ฝังกลบมูลฝอยและบริษัทเขตอุตสาหกรรมสุรนารี โดยพบความเข้มข้นของโลหะหนัก แมงกานีส มีค่าเฉลี่ย 0.246 มิลลิกรัมต่อลิตร สังกะสี มีค่าเฉลี่ย 0.218 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่ว มีค่าเฉลี่ย 0.0058 ปรอท มีค่าเฉลี่ย 0.0024 มิลลิกรัมต่อลิตร สารหนู มีค่าเฉลี่ย 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร และโครเมียม มีค่าเฉลี่ย 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่าสารหนู โครเมียม แมงกานีส ปรอท และตะกั่ว มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วงเดียวกันกับงานวิจัยที่ศึกษา และยังพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบในประเทศไนจีเรีย และประเทศซิมบับเว พบความเข้มข้นของสังกะสี 0.08 แมงกานีส 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และตะกั่ว 0.02-0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับงานวิจัยที่ทำการศึกษา คือ 0.01-083, 0.027-4.69, และ 0-0.035 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ความเข้มข้นของแต่ความเข้มข้นของโครเมียมอยู่ในช่วง 0.11-0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่างานวิจัยที่ทำการศึกษา คือ 0-0.69 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย จังหวัดราชบุรีกับงานวิจัยต่าง ๆ

งานวิจัย	สถานที่	ประเภทหลุมฝังกลบ	ชนิดของโลหะหนักที่ตรวจพบ /ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
งานวิจัยนี้	อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี	หลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย	As = ND-0.002 Ba = 0.026-1.0 Cr = ND-0.069 Hg = ND-0.005 Mn= 0.027-4.69 Ni = ND-0.084 Pb = ND-0.035 Zn = 0.01-0.083
(ชุลีรัตน์ พรมเหลา, 2551)	เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น	หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาล	Cd = 0.015-0.04 Cr = 0.003-0-01 Pb = 0.06-0.11
(จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง, 2557)	สถานที่ฝังกลบมูลฝอยและเขตอุตสาหกรรมสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา	หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล	As = ND-0.001 Cr = ND-0.002 Cu = ND-0.080 Fe = ND-0.267 Hg = ND-0.005 Mn = ND-0.24 Pb = ND-0.005 Zn = ND-0.218
(Longe & Balogun, 2010)	รัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย	หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาล	Cr = 0.44 Fe = 0.07 Mn = 0.08 Zn = 0.08
(Charles & Tapiwa, 2017)	เมืองบูลาวาโย ประเทศซิมบับเว	หลุมฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล	Cd = 0.003-0.02 Cr = 0.007-0.11 Cu = 0.003-0.03 Pb = 0.02-0.21

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม

งานวิจัยครั้งนี้ได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงโดยการสัมภาษณ์ประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณหลุมฝังกลบภายในรัศมี 500 เมตร ในวันที่ 22 เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 เพื่อเก็บข้อมูลในแบบสอบถาม เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลจริงของบุคคลแต่ละกลุ่มที่ได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดินและน้ำประปา พบว่าพื้นที่ด้านทิศเหนือของหลุมฝังกลบเป็นพื้นที่ที่ใช้ทำฟาร์มเลี้ยงม้า ไร่ยูคาลิปตัส และสวนมะม่วง ทางด้านทิศใต้ซึ่งเป็นจุดท้ายหลุมฝังกลบเป็นพื้นที่ทำ

สวนลำไย ไร่พุทราและไร่อ้อย ประชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่บริเวณหลุมฝังกลบทั้งหมดเป็นผู้ใหญ่ทั้งหมดจำนวน 43 คน เป็นเจ้าของสวนและคนงานรับจ้าง โดยไม่พบเด็กในช่วงเวลาเก็บข้อมูล และมีพฤติกรรมการใช้น้ำ 3 ประเภท ได้แก่ น้ำบรรจุขวดหรือถัง น้ำประปา และน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล โดยพบว่ามีการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ คือ น้ำสำหรับดื่มกินซึ่งเป็นน้ำบรรจุขวดหรือถัง น้ำสำหรับการหุงต้มประกอบอาหารเป็นน้ำประปาและน้ำใต้ดิน และน้ำสำหรับการชำระล้างร่างกายเป็นน้ำประปาและน้ำใต้ดิน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลจากแบบสอบถามสำหรับการใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน

ข้อมูล	ผลจากแบบสอบถาม
วัน/เดือน/ปี การเก็บข้อมูล	22 มกราคม พ.ศ. 2561
จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	43 คน
เพศ ชาย หญิง	 ร้อยละ 81.63 ร้อยละ 18.37
อายุ ต่ำกว่า 12 ปี 12-30 ปี 30-60 ปี มากกว่า 60 ปี	 - ร้อยละ 26.24 ร้อยละ 73.76 -
น้ำหนักของร่างกาย (กิโลกรัม)	ต่ำสุด-สูงสุด 39-72 เฉลี่ย 58.3
จำนวนปีที่สัมผัสสาร (ปี)	ต่ำสุด-สูงสุด 12-25 เฉลี่ย 18.5
ช่วงเวลาการอาศัยในพื้นที่ (ชั่วโมง)/วัน (เฉลี่ย)	ต่ำสุด-สูงสุด 4-8 เฉลี่ย 6.7
ระยะเวลาในการสัมผัสสารต่อวัน (เฉลี่ย)	ต่ำสุด-สูงสุด 0.10-0.20 เฉลี่ย 0.17
น้ำสำหรับดื่ม-กิน น้ำสำหรับหุงต้มประกอบอาหาร น้ำสำหรับชำระล้างร่างกาย	น้ำบรรจุถัง/ขวด ร้อยละการใช้น้ำใต้ดิน : น้ำประปา ร้อยละ 80 : ร้อยละ 20 ร้อยละการใช้น้ำใต้ดิน : น้ำประปา ร้อยละ 33.3 : ร้อยละ 66.7
ฤดูกาลที่มีการใช้น้ำใต้ดินมากที่สุด	ฤดูแล้ง

4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของงานวิจัยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง และการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยได้นำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณจากแบบสอบถามมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง จากการได้รับโลหะหนักจากการใช้น้ำใต้ดินเพื่อการอุปโภคบริโภคประเมินได้จากการได้รับสารเข้าสู่ร่างกายใน 2 เส้นทาง ได้แก่ ทางเดินอาหาร และ ทางผิวหนัง เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการใช้น้ำในการดื่มกิน การหุงต้ม และการชำระล้างร่างกาย โดยทำการประเมินความเสี่ยงในจุดต้นน้ำ และจุดท้ายน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประชาชนอาศัยอยู่และมีการใช้น้ำใต้ดินสำหรับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน และประเมินความเสี่ยงเฉพาะผู้ใหญ่เท่านั้น เนื่องจากในพื้นที่สำรวจพบเฉพาะผู้ใหญ่ รายละเอียดการประเมินความเสี่ยงมีดังนี้

4.3.1 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (Cancer Risk)

สำหรับโลหะหนักทั้ง 10 ชนิดที่ทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ ตามรายงานของ US-EPA (2011) และ US-EPA (2003) โลหะหนักเพียงชนิดเดียวที่เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ได้แก่ สารหนู ส่วนโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ไม่จัดเป็นสารก่อมะเร็งเนื่องจากไม่พบค่า Slop Factor (SF) ซึ่งเป็นค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็งดังตารางที่ 2.2 และ 2.3 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดต้นน้ำและจุดท้ายน้ำพบโลหะ 4 ชนิด คือ แมงกานีส แบเรียม นิเกิล และสังกะสี แต่โลหะหนักหนักที่ตรวจพบทั้ง 4 ชนิดไม่ได้จัดเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ดังที่กล่าวข้างต้น ดังนั้นจึงประเมินได้ว่าไม่พบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากการอุปโภคบริโภคน้ำใต้ดินทั้งบริเวณจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำ

4.3.2 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-Cancer Risk)

การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งประเมินจากการได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย 2 เส้นทาง คือ ทางเดินอาหารและทางผิวหนัง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำค่าความเข้มข้นสูงสุด และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยจากการได้รับโลหะมาใช้เพื่อการประเมิน โดยทำการประเมินความ

เสี่ยงจากการได้รับโลหะหนัก 4 ชนิด คือ แมงกานีส แบเรียม นิเกิล และสังกะสี เนื่องจากตรวจไม่พบโลหะหนักจำนวน 6 ชนิด คือ ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม สารหนู ซีลีเนียม และปรอท ซึ่งในการประเมินความเสี่ยงจะนำความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปาและน้ำใต้ดิน รวมทั้งข้อมูลจากแบบสอบถาม มาทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสโลหะหนักจากน้ำประปาและน้ำใต้ดินตามวิธีการของ US-EPA ปี ค.ศ.1989 ตามหัวข้อ 2.6 ในบทที่ 2 โดยทำการประเมินความเสี่ยงของน้ำใต้ดินและน้ำประปาในตำแหน่งจุดต้นน้ำ คือ GW2-TW1 และจุดท้ายน้ำคือ GW8-TW4 และ GW9-TW5 ดังรูปที่ 3.13 เนื่องจากจุด GW2-TW1 เป็นจุดอ้างอิงเหนือน้ำ อยู่ในตำแหน่งเหนือหลุมฝังกลบและจุด GW8-TW4 และ จุด GW9-TW5 เป็นจุดอ้างอิงท้ายน้ำซึ่งอยู่ในตำแหน่งท้ายหลุมฝังกลบ ตามทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบ ดังรูปที่ 3.2

จากตารางที่ 4.5 ถึง 4.9 เป็นตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงการได้รับโลหะหนักโดยใช้ความเข้มข้นสูงสุดที่จุดท้ายน้ำ GW9-TW5 โดยตารางที่ 4.5 และ 4.6 เป็นตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาดินผ่านทางเดินอาหารและทางผิวหนัง ตามลำดับ โดยค่าที่ได้จากการคำนวณจะนำไปแทนค่าในตารางที่ 4.7 และ 4.8 เพื่อคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน ผ่านทางเดินอาหารและทางผิวหนัง ตามลำดับ และนำค่ามี่ได้จากการคำนวณในตารางที่ 4.7 และ 4.8 มาแทนค่าในตารางที่ 4.9 เพื่อคำนวณความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด

สำหรับตารางที่ 4.10 ถึง 4.14 เป็นตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาที่จุดท้ายน้ำ GW9-TW5 เช่นเดียวกับตารางที่ 4.5 ถึง 4.9 แต่ตารางที่ 4.10 ถึง 4.14 เป็นการประเมินความเสี่ยงการได้รับโลหะหนักโดยใช้ความเข้มข้นเฉลี่ย โดยตารางที่ 4.10 และ 4.11 เป็นตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาดินผ่านทางเดินอาหารและทางผิวหนัง ตามลำดับ ตารางที่ 4.12 และ 4.13 เป็นตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดิน ผ่านทางเดินอาหารและทางผิวหนังตามลำดับ และตารางที่ 4.14 แสดงการคำนวณความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางเดินอาหารสำหรับผู้ใหญ่

โลหะหนัก	CW (mg/L)	IR (L/day)	EF (day/year)	EP (year)	BW (kg)	AT (day)	I (mg/kg-day)	$I_{รับจริง}$ (mg/kg-day)
น้ำใต้ดินท้ายน้ำ GW9 (กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด)								
แบเรียม	0.393	1.67	365	18.5	58.3	6,752	1.13E-02	9.01E-03
แมงกานีส	0.351	1.67	365	18.5	58.3	6,752	1.00E-02	8.02E-03
นิเกิล	0.060	1.67	365	18.5	58.3	6,752	1.72E-03	1.38E-03
สังกะสี	0.032	1.67	365	18.5	58.3	6,752	9.17E-04	7.33E-04
น้ำประปาท้ายน้ำ TW5 (กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด)								
แมงกานีส	0.027	1.67	365	18.5	58.3	6,752	7.73E-04	1.55E-04
สังกะสี	0.041	1.67	365	18.5	58.3	6,752	1.17E-03	2.35E-04

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณท้ายน้ำ ผ่านทางผิวหนังสำหรับผู้ใหญ่

โลหะหนัก	CW (mg/L)	SA (cm^2)	PC (cm/hr.)	ET (hr/day)	EF (day/year)	EP (year)	CF (L/ cm^3)	BW (kg)	AT (day)	I (mg/kg-day)	$I_{รับจริง}$ (mg/kg-day)
น้ำใต้ดินท้ายน้ำ GW9 (กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด)											
แบเรียม	0.393	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	1.97E-05	6.51E-06
แมงกานีส	0.351	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	1.76E-05	5.79E-06
นิเกิล	0.060	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	3.01E-06	9.93E-07
สังกะสี	0.032	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	1.61E-06	5.30E-07
น้ำประปาท้ายน้ำ TW5 (กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด)											
แมงกานีส	0.027	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	1.35E-06	9.07E-07
สังกะสี	0.041	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	2.06E-06	1.38E-06

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางเดินอาหารสำหรับผู้ใหญ่

โลหะหนัก	I Ingestion น้ำใต้ดิน (mg/kg-day)	I Ingestion น้ำประปา (mg/kg-day)	I Ingestion น้ำใต้ดิน+น้ำประปา (mg/kg-day)	R_fC (mg/kg-day)	Hazard Index (Non-cancer risk)
กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด					
แบเรียม	9.01E-03	0	9.01E-03	2.00E-01	4.51E-02
แมงกานีส	8.02E-03	1.55E-04	8.18E-03	1.40E-01	5.84E-02
นิเกิล	1.38E-03	0	1.38E-03	2.00E-02	6.90E-02
สังกะสี	7.33E-04	2.35E-04	9.68E-04	3.00E-01	3.23E-03

ตางรางที่ 4.8 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางผิวหนังสำหรับผู้ใหญ่

โลหะหนัก	I Dermal contact น้ำใต้ดิน (mg/kg-day)	I Dermal contact น้ำประปา (mg/kg-day)	I Dermal contact น้ำใต้ดิน+น้ำประปา (mg/kg-day)	R_fC (mg/kg-day)	Hazard Index (Non-cancer risk)
กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด					
แบเรียม	6.51E-06	0	6.51E-06	1.40E-02	4.65E-04
แมงกานีส	5.79E-06	9.07E-07	6.70E-06	1.48E-03	4.53E-03
นิเกิล	9.93E-07	0	9.93E-07	5.40E-03	1.84E-04

ตางรางที่ 4.8 **ต่อ**

โลหะหนัก	$I_{Dermal\ contact}$ น้ำใต้ดิน (mg/kg-day)	$I_{Dermal\ contact}$ น้ำประปา (mg/kg-day)	$I_{Dermal\ contact}$ น้ำใต้ดิน+น้ำประปา (mg/kg-day)	R_fC (mg/kg-day)	Hazard Index (Non-cancer risk)
กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด					
สังกะสี	5.30E-07	1.38E-06	1.91E-06	6.00E-02	3.18E-05

ตารางที่ 4.9 ความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ สำหรับผู้ใหญ่ กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นสูงสุด

โลหะหนัก	hazard index $_{Ingestion}$	hazard index $_{Dermal\ contact}$	ความเสี่ยงรวมทั้งหมด
แบเรียม	4.51E-02	4.65E-04	0.045
แมงกานีส	5.84E-02	4.53E-03	0.062
นิเกิล	6.90E-02	1.84E-04	0.069
สังกะสี	3.23E-03	3.18E-05	0.003

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางเดินอาหารสำหรับผู้ใหญ่

โลหะหนัก	CW (mg/L)	IR (L/day)	EF (day/year)	EP (year)	BW (kg)	AT (day)	I (mg/kg-day)	$I_{รับจริง}$ (mg/kg-day)
น้ำใต้ดินท้ายน้ำ GW9 (กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย)								
แบเรียม	0.304	1.67	365	18.5	58.3	6752	8.71E-03	6.97E-03
แมงกานีส	0.191	1.67	365	18.5	58.3	6752	5.47E-03	4.38E-03
นิเกิล	0.055	1.67	365	18.5	58.3	6752	1.58E-03	1.26E-03
สังกะสี	0.026	1.67	365	18.5	58.3	6752	7.45E-04	5.96E-04
น้ำประปาท้ายน้ำ TW5 (กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย)								
แมงกานีส	0.023	1.67	365	18.5	58.3	6752	6.59E-04	1.32E-04
สังกะสี	0.034	1.67	365	18.5	58.3	6752	9.74E-04	1.95E-04

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างการคำนวณการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางผิวหนังสำหรับผู้ใหญ่

โลหะหนัก	CW (mg/L)	SA (cm^2)	PC (cm/hr.)	ET (hr/day)	EF (day/year)	EP (year)	CF (L/ cm^3)	BW (kg)	AT (day)	I (mg/kg-day)	$I_{รับจริง}$ (mg/kg-day)
น้ำใต้ดินท้ายน้ำ GW9 (กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย)											
แบเรียม	0.304	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	1.52E-05	5.03E-06
แมงกานีส	0.191	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	9.58E-06	3.16E-06
นิเกิล	0.055	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	2.76E-06	9.10E-07
สังกะสี	0.026	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	1.30E-06	4.30E-07
น้ำประปาท้ายน้ำ TW5 (กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย)											
แมงกานีส	0.023	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	1.15E-06	7.73E-07
สังกะสี	0.034	17,200	0.001	0.17	365	18.5	0.001	58.3	6,752	1.71E-06	1.14E-06

ตารางที่ 4.12 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางเดินอาหาร สำหรับผู้ใหญ่

โลหะหนัก	I Ingestion น้ำใต้ดิน (mg/kg-day)	I Ingestion น้ำประปา (mg/kg-day)	I Ingestion น้ำใต้ดิน+น้ำประปา (mg/kg-day)	R_fC (mg/kg-day)	Hazard Index (Non-cancer risk)
กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย					
แบเรียม	6.97E-03	0	6.97E-03	2.00E-01	3.49E-02
แมงกานีส	4.38E-03	1.32E-04	4.51E-03	1.40E-01	3.22E-02
นิเกิล	1.26E-03	0	1.26E-03	2.00E-02	6.30E-02
สังกะสี	5.96E-04	1.95E-04	7.91E-04	3.00E-01	2.64E-03

ตางรางที่ 4.13 ตัวอย่างการคำนวณความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำ ผ่านทางผิวหนังสำหรับผู้ใหญ่

โลหะหนัก	I Dermal contact น้ำใต้ดิน (mg/kg-day)	I Dermal contact น้ำประปา (mg/kg-day)	I Dermal contact น้ำใต้ดิน+น้ำประปา (mg/kg-day)	R_fC (mg/kg-day)	Hazard Index (Non-cancer risk)
กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย					
แบเรียม	5.03E-06	0	5.03E-06	1.40E-02	3.59E-04
แมงกานีส	3.16E-06	7.73E-07	3.93E-06	1.48E-03	2.66E-03
นิเกิล	9.10E-07	0	9.10E-07	5.40E-03	1.69E-04

ตารางที่ 4.13 **ต่อ**

โลหะหนัก	$I_{Dermal\ contact\ น้ำใต้ดิน}$ (mg/kg-day)	$I_{Dermal\ contact\ น้ำประปา}$ (mg/kg-day)	$I_{Dermal\ contact\ น้ำใต้ดิน+น้ำประปา}$ (mg/kg-day)	R_fC (mg/kg-day)	Hazard Index (Non-cancer risk)
กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย					
สังกะสี	4.30E-07	1.14E-06	1.57E-06	6.00E-02	2.62E-05

ตารางที่ 4.14 ความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณจุดท้ายน้ำสำหรับผู้ใหญ่ กรณีประเมินโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย

โลหะหนัก	hazard index $_{Ingestion}$	hazard index $_{Dermal\ contact}$	ความเสี่ยงรวมทั้งหมด
แบเรียม	3.49E-02	3.59E-04	0.035
แมงกานีส	3.22E-02	2.66E-03	0.034
นิเกิล	6.30E-02	1.69E-04	0.063
สังกะสี	2.64E-03	2.62E-05	0.002

หมายเหตุ: ใช้ข้อมูลจากตารางที่ 2.2 และ 2.3 Oral and Dermal Slope factor และ Reference dose ของโลหะหนัก

ตารางที่ 2.4 ค่าคงที่สำหรับคำนวณหาความเข้มข้นของโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกาย

ตารางที่ 3.5 ค่าคงที่สำหรับคำนวณการได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย

$I_{รับจริง}$= ค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งที่ได้รับจริงตามอัตราส่วนระหว่างน้ำใต้ดินและน้ำประปา

จากตารางที่ 4.5 ถึง 4.9 เป็นตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงการได้รับโลหะหนักโดยใช้ความเข้มข้นสูงสุดที่จุดท้ายน้ำ GW9-TW5 สามารถอธิบายได้ว่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากน้ำใต้ดินและน้ำประปาผ่านทางทางเดินอาหารมีค่าสูงกว่าการได้รับโลหะหนักผ่านทางผิวหนัง โดยค่าความเสี่ยงสูงสุดเท่ากับ 0.175 และ 0.005 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำประปา พบการได้รับความเสี่ยงจากโลหะหนักจากน้ำใต้ดินสูงกว่าการได้รับโลหะหนักจากน้ำประปาที่ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.178 และ 0.003 ตามลำดับ และความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ นิเกิล แมงกานีส แบเรียม และสังกะสี

สำหรับตารางที่ 4.10 ถึง 4.14 เป็นการประเมินความเสี่ยงการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาที่จุดท้ายน้ำ GW9-TW5 โดยใช้ความเข้มข้นเฉลี่ย สามารถอธิบายได้ว่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากน้ำใต้ดินและน้ำประปาผ่านทางทางเดินอาหารสูงกว่าการได้รับโลหะหนักผ่านทางผิวหนังที่ค่าความเสี่ยงสูงสุดเท่ากับ 0.132 และ 0.003 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำประปา พบการได้รับความเสี่ยงจากโลหะหนักจากน้ำใต้ดินสูงกว่าการได้รับโลหะหนักจากน้ำประปาที่ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.133 และ 0.002 ตามลำดับ

4.3.3 การเปรียบเทียบความเสี่ยงด้านสุขภาพ

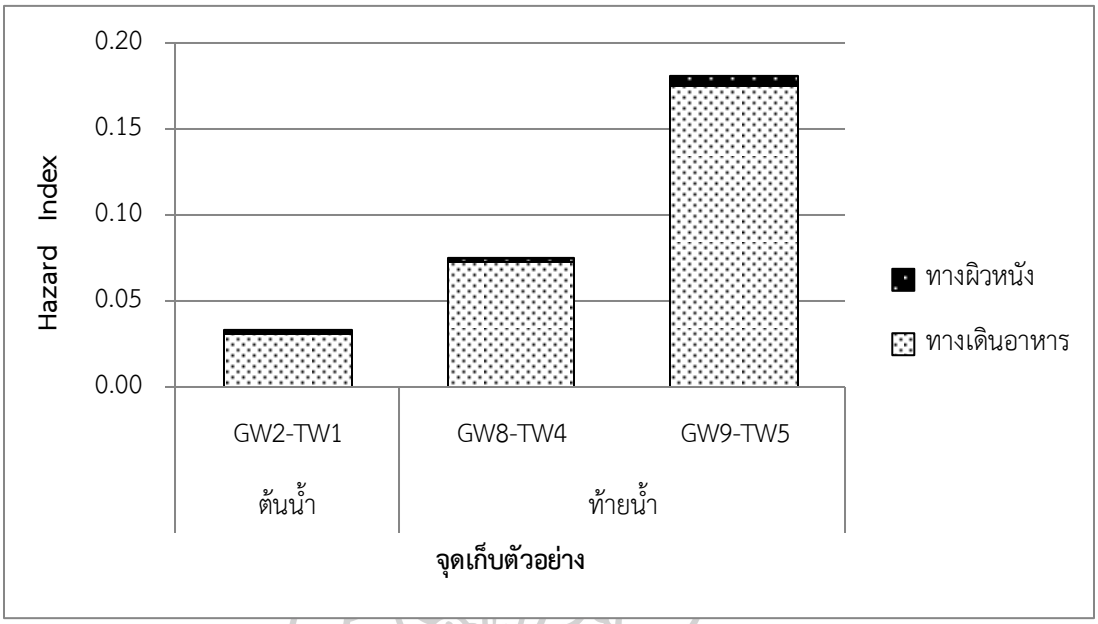
การประมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณจุดต้นน้ำ และจุดท้ายน้ำ ดังรูปที่ 4.6 ในการได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย 2 เส้นทาง คือ ผ่านทางเดินอาหารและทางผิวหนัง พบว่ามีการได้รับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งสำหรับผู้ใหญ่ มีรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 4.6 การใช้ที่ดินและจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำประปา
ที่มา: ดัดแปลงจาก Google map (24 April 2017)

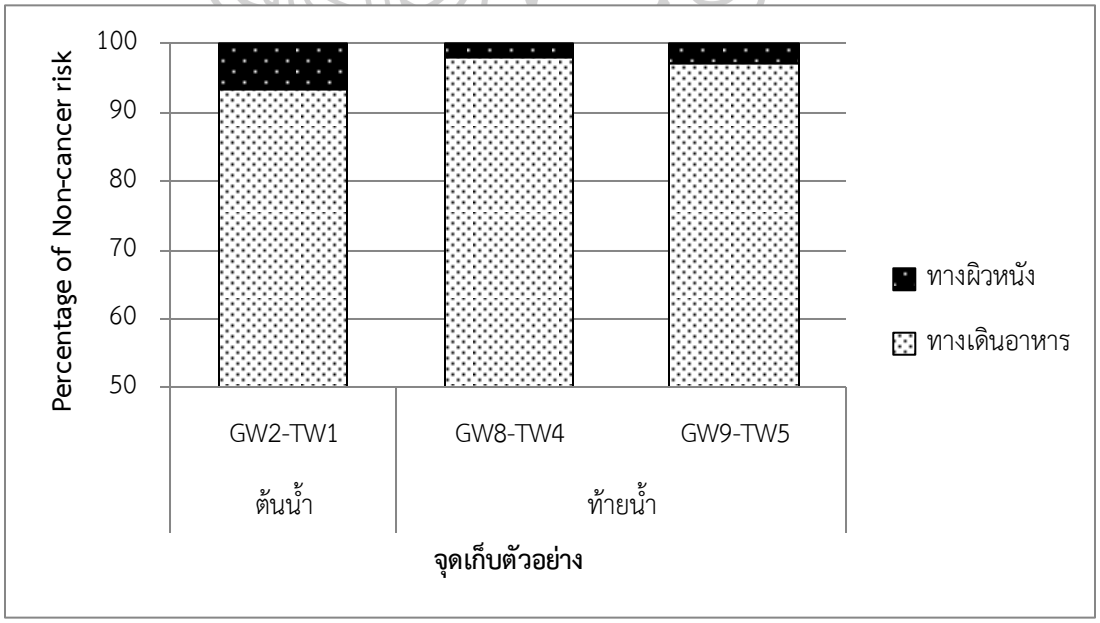
1) ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งตามเส้นทางการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำประปา

เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งตามเส้นทางการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำประปา พบว่าการได้รับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากน้ำใต้ดินและน้ำประปาผ่านทางทางเดินอาหารและทางผิวหนังที่บริเวณจุดท้ายน้ำมีค่าความเสี่ยงสูงกว่าบริเวณจุดต้นน้ำ พบความเสี่ยงการได้รับโลหะหนักผ่านทางเดินอาหารสูงกว่าการได้รับโลหะหนักผ่านทางผิวหนังที่ค่าความเสี่ยงสูงสุดเท่ากับ 0.175 และ 0.005 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.7 โดยพบค่าความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักผ่านทางเดินอาหารและผ่านทางผิวหนังสูงสุดที่จุดท้ายน้ำ GW9 และ TW5 ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณท้ายหลุมฝังกลบซึ่งมีค่าความเสี่ยงไม่เกิน 1 จึงถือว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ตามแนวทางของ US-EPA ปี ค.ศ. 1989 ดังนั้นจึงถือว่าเป็นความเสี่ยงที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จากร้อยละความเสี่ยงในการเกิด

อันตรายอื่นนอกจากมะเร็งพบว่าการได้รับโลหะหนักผ่านทางเดินอาหารอยู่ในช่วงร้อยละ 93.26-98.00 และการได้รับโลหะหนักผ่านทางผิวหนังอยู่ในช่วงร้อยละ 2.00-6.74 ดังรูปที่ 4.8



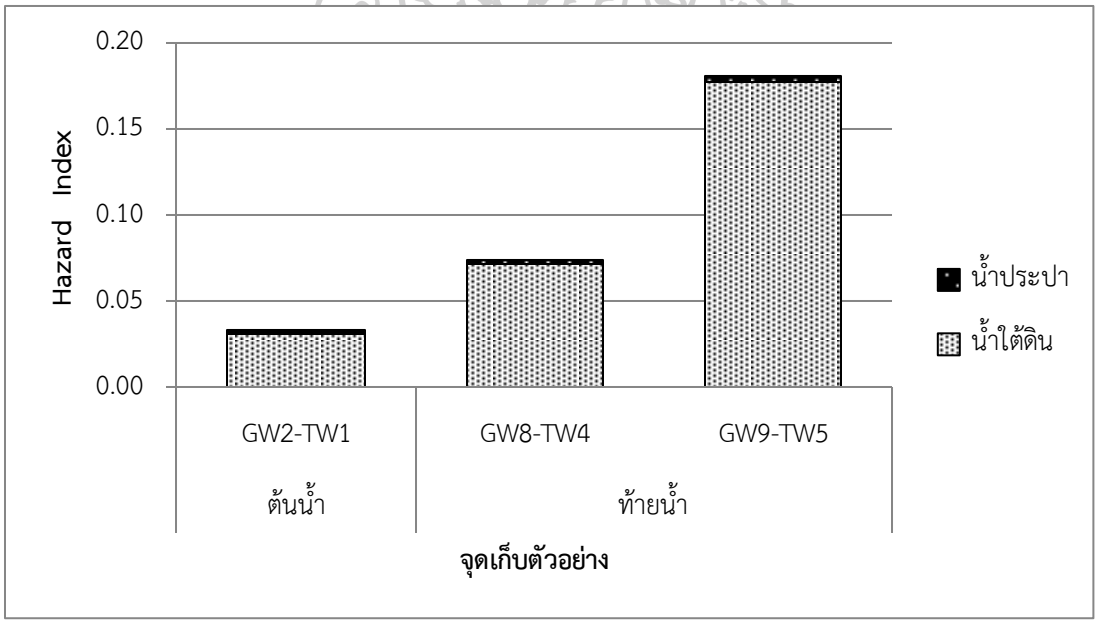
รูปที่ 4.7 ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในแต่ละเส้นทางการได้รับโลหะหนัก



รูปที่ 4.8 ร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในแต่ละเส้นทางการได้รับโลหะหนัก

2) ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำประปา

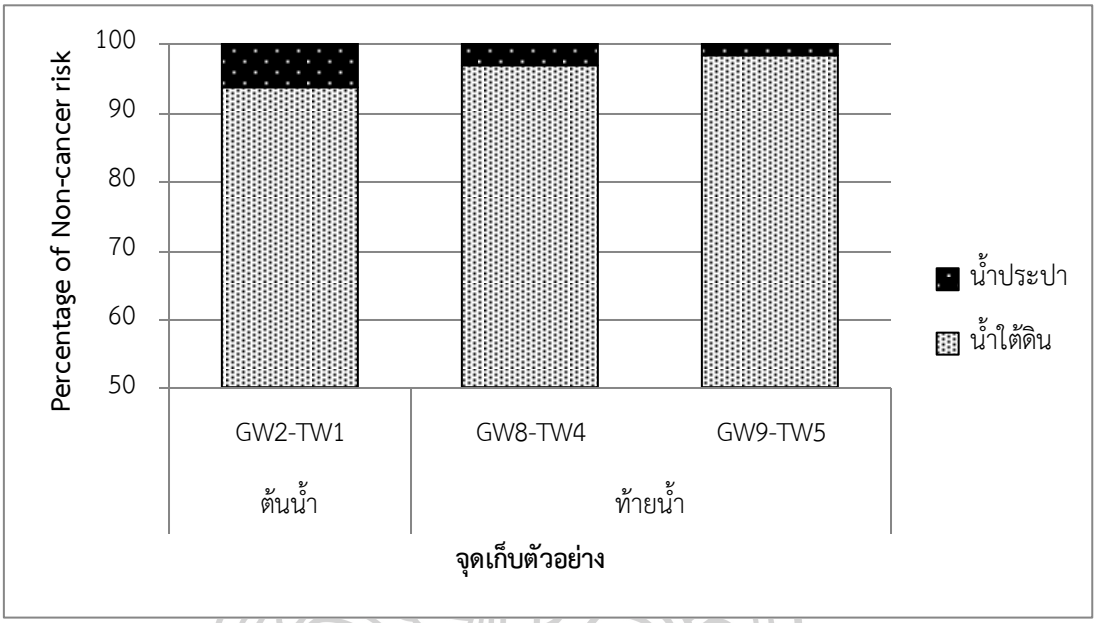
เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำประปา พบว่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณจุดต้นน้ำและจุดท้ายน้ำ โดยพบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งที่จุดท้ายน้ำสูงกว่าจุดต้นน้ำ ดังรูปที่ 4.9 และการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินมีความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งสูงกว่าการได้รับโลหะหนักจากน้ำประปาที่ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.178 และ 0.003 บริเวณจุดท้ายน้ำ GW9 และ TW5 ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณท้ายหลุมฝังกลบและบริเวณจุดต้นน้ำ GW2 และ TW2 เป็นพื้นที่การใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณเหนือหลุมฝังกลบ ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำประปา

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปา ดังรูปที่ 4.10 พบว่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินอยู่ในช่วงร้อยละ 93.66-98.34 โดยพบสูงสุด

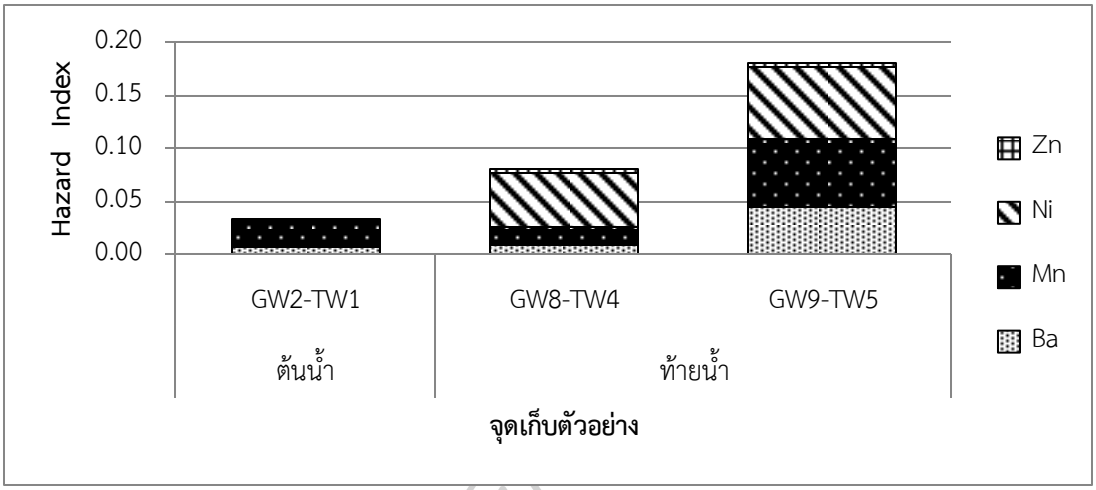
ร้อยละ 98.34 บริเวณจุดท้ายน้ำ GW9 และ TW5 ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณท้ายหลุมฝังกลบ และความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำน้ำประปา อยู่ในช่วงร้อยละ 1.66-6.34 โดยพบสูงสุดร้อยละ 6.34 บริเวณจุดต้นน้ำ GW2 และ TW1 ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณเหนือหลุมฝังกลบ



รูปที่ 4.10 ร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินและน้ำประปา

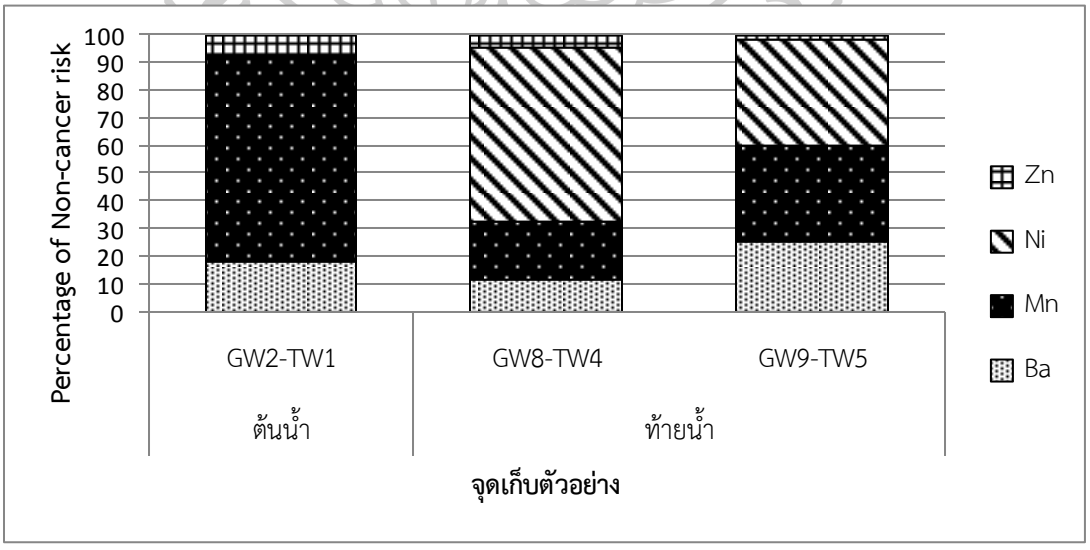
3) ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด

การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด แสดงดังรูปที่ 4.11 ซึ่งพบว่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับ นิเกิล แมงกานีส แบเรียม และสังกะสี เรียงลำดับจากมากไปน้อยมีค่าอยู่ในช่วง 0-0.069, 0.016-0.062, 0.005-0.045, และ 0.002-0.003 ตามลำดับ โดยพบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด สูงสุดบริเวณจุดท้ายน้ำ GW9 และ TW5 ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณท้ายหลุมฝังกลบ ซึ่งความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ที่จุดท้ายน้ำสูงกว่าจุดต้นน้ำ



รูปที่ 4.11 ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด พบว่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนัก แมงกานีส นิเกิล แบเรียม และสังกะสี อยู่ในช่วง ร้อยละ 20.75-73.97, 38.25-63.12, 11.75-25.15, และ 1.82-7.60 ตามลำดับ โดยพบความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักแมงกานีส และสังกะสีสูงสุดร้อยละ 73.97 และ 7.60 ที่จุดบริเวณท้ายน้ำ GW2 และ TW1 สำหรับความเสี่ยงจากการได้รับนิเกิล พบสูงสุดที่สุร้อยละ 63.12 ที่จุดบริเวณท้ายน้ำ GW8-TW4 และแบเรียมร้อยละ 25.15 ที่จุด GW9-TW5ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด

การเปรียบเทียบการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น ๆ พบว่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ซึ่งค่าความเสี่ยงที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 หมายความว่า ปริมาณสารที่ร่างกายได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลกะทบต่อร่างกายได้ ตามเกณฑ์ของ US-EPA ปี ค.ศ. 1989 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในต่างประเทศ โดยพบความเสี่ยงของผู้ใหญ่ในการดื่มน้ำจากบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ก่อมลพิษของแอฟริกาใต้ โดย (Vetrimurugan, Brindha, & Elango, 2017) ประเมินความเสี่ยงการได้รับโลหะหนักในน้ำน้ำใต้ดิน บริเวณพื้นที่ก่อมลพิษ ได้แก่ การประกอบกิจการอุตสาหกรรม การทำเหมืองแร่ การฝังกลบ และอุตสาหกรรมปุ๋ย กรณีศึกษาในเมืองเอมแพงเจรีและเมืองริชาร์ด เบย์ ของแอฟริกาใต้ โดยเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในช่วงเดือน กันยายน พ.ศ. 2558 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำใต้ดินพบ แมงกานีส นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี และประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของ แมงกานีส นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในผู้ใหญ่พบอยู่ในช่วง 0-0.083, 0.002-0.011, 0.001-0.029, และ 0.054-0.99 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ มีค่าความเสี่ยงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ตามเกณฑ์ของ US-EPA ปี ค.ศ.1989

นอกจากนี้ (Zhang, Guijian, Ruoyu, & Dun, 2016) ยังได้ศึกษาโลหะหนักในน้ำใต้ดินที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อระบบนิเวศน์ที่ดีต่อมนุษย์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในเหมืองถ่านหิน ดิงจิเหมืองถ่านหินห้วยหนาน ของประเทศจีน วิเคราะห์โลหะ Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Mn, Cr, และ Fe ความเสี่ยงด้านสุขภาพของมนุษย์ที่เกิดจากการได้รับโลหะหนักผ่านทางเดินอาหารของการดื่มน้ำ ประเมินและวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองการประเมินผล US-EPA พบว่าค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง มีค่าต่ำกว่าระดับตามที่กำหนดโดย US-EPA (1989) คือ มีค่าน้อยกว่า 1 โดยพบค่าความเสี่ยงในการเกิดอันอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งมีค่าดังนี้ Cr> Zn> Cu / Pb> Mn> Fe> Cd> Ni ตามลำดับ โดย Cr มีค่าสูงสุดที่สุดคิดเป็น 36% ของค่าความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งทั้งหมด ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ คือ มีค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งน้อยกว่า 1

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบการได้รับความเสี่ยงจากการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งกับงานวิจัยอื่น ๆ

งานวิจัย	ประเทศ	พื้นที่ศึกษา	ประเภทตัวอย่าง	ความเสี่ยงจากการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง
งานวิจัยนี้	ไทย	หลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย	น้ำใต้ดิน	Ba=0.045 Mn=0.062 Ni=0.069 Zn=0.003
			น้ำประปา	Mn=0.006 Zn0.000
(ประพัฒน์ เป็นตามวา, 2555)	ไทย	น้ำประปาในชุมชน (นครราชสีมา,ชัยภูมิ, บุรีรัมย์,สุรินทร์)	น้ำประปา	Cd=0.053 Pb=0.093 Fe=0.126 Zn=0.060 Mn=0.034
(Vetrimurugan et al., 2017)	แอฟริกาใต้	พื้นที่อุตสาหกรรม, เหมืองแร่, การฝังกลบ	น้ำใต้ดิน	Mn=0-0.083 Ni=0.002-0.011 Pb=0.001-0.029 Zn=0.054-0.099
(Zhang et al., 2016)	จีน	เหมืองถ่านหิน	น้ำใต้ดิน	Cd Cr Cu Fe Mn Ni Pb Zn ค่า HI น้อยกว่า 1

4.4 แนวทางการจัดการความเสี่ยง

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี พบว่า ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่ตรวจพบในน้ำใต้ดินมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559 และความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปา พบว่ามีความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2550 จึงถือได้ว่าคุณภาพน้ำยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนด

สำหรับการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย จากการได้รับสารทั้ง 2 เส้นทาง คือ ทางเดินอาหาร และทางผิวหนัง ของจุดเก็บตัวอย่างต้นน้ำ ท้ายน้ำ พบค่าความเสี่ยงมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตามตามเกณฑ์ของ US-EPA ปี ค.ศ.1989 ดังนั้นความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในการใช้น้ำสำหรับอุปโภคบริโภคของน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณหลุมฝังกลบยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย อย่างไรก็ตามเนื่องจากในน้ำใต้ดินมีการตรวจพบความเข้มข้นของ แบเรียม แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี ที่ค่อนข้างสูง แต่ยังอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน และเมื่อนำมาประเมินค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง พบว่าค่าความเสี่ยงยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ก็มิอาจละเลยได้ เพราะฉะนั้นจึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินและน้ำประปาสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังการปนเปื้อนจากหลุมฝังกลบสู่แหล่งน้ำใต้ดินหรือสิ่งแวดล้อมต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำใต้ดิน

การปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำใต้ดินบริเวณหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี ในรัศมี 500 เมตรรอบหลุมฝังกลบ บริเวณจุดอ้างอิงเหนือน้ำ และ จุดอ้างอิงท้าย พบโลหะหนัก แบเรียม แมงกานีส นิเกิล และสังกะสี ซึ่งความเข้มข้นโลหะหนักจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.100, 0.515, 0.126, และ 0.930) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับจุดบ่อสังเกตการณ์ พบโลหะหนัก 8 ชนิด ได้แก่ สารหนู แบเรียม โครเมียม ปรอท แมงกานีส นิเกิล ตะกั่ว และโดยความเข้มข้นของ นิเกิล สังกะสี ปรอท และตะกั่ว ของจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำกับจุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.982, 0.156, 0.248, และ 0.117 ตามลำดับ) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความเข้มข้นของ สารหนู แบเรียม แมงกานีส โครเมียม ของจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำกับจุดบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.001, 0.001, 0.012, และ 0.025 ตามลำดับ) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโลหะที่ตรวจพบมีค่าความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2559

5.2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำประปา

สำหรับตัวอย่างน้ำประปาตรวจพบโลหะหนัก 2 ชนิด คือ แมงกานีส และสังกะสีในน้ำประปาทั้ง 5 จุดเก็บตัวอย่าง มีค่าความเข้มข้นแมงกานีสอยู่ในช่วง 0.011-0.038 มิลลิกรัมต่อลิตร และสังกะสีมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง ND-0.041 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทุกจุดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2550

5.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะในน้ำใต้ดินบริเวณจุดต้นน้ำและจุดท้ายน้ำพบโลหะหนัก 4 ชนิด คือ แมงกานีส แบเรียม นิเกิล โดยไม่พบสารหนู โลหะหนักที่ตรวจพบทั้ง 4 ชนิด ไม่ได้ถูกจัดเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ตามรายงานของ US-EPA (2011) และ US-EPA (2003) ดังนั้นจึงประเมินได้ว่าไม่พบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากการอุปโภคบริโภคน้ำใต้ดินทั้งบริเวณจุดอ้างอิงเหนือน้ำและจุดอ้างอิงท้ายน้ำ

สำหรับการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของน้ำใต้ดินบริเวณจุดต้นน้ำ และจุดท้ายน้ำ เมื่อพิจาณาความเสี่ยงในการได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย 2 เส้นทาง พบว่าการได้รับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากน้ำใต้ดินและน้ำประปาผ่านทางทางเดินอาหารและทางผิวหนังที่บริเวณจุดท้ายน้ำมีค่าความเสี่ยงสูงกว่าบริเวณจุดต้นน้ำ โดยพบความเสี่ยงการได้รับความเสี่ยงผ่านทางเดินอาหารสูงกว่าผ่านทางผิวหนังที่ค่าความเสี่ยงสูงสุดเท่ากับ 0.175 และ 0.005 ที่จุดท้ายน้ำ GW9 และ TW5 ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณท้ายหลุมฝังกลบ แต่มีค่าความเสี่ยงไม่เกิน 1 ซึ่งถือว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ตามแนวทางของ US-EPA 1989 จึงถือว่าเป็นความเสี่ยงที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักผ่านทางเดินอาหารอยู่ในช่วงร้อยละ 93.26-98.00 และการได้รับโลหะหนักผ่านทางผิวหนังอยู่ในช่วงร้อยละ 2.00-6.74

การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักจากการใช้น้ำใต้ดินและน้ำประปา พบค่าความเสี่ยงที่จุดท้ายน้ำสูงกว่าจุดต้นน้ำ และการได้รับโลหะหนักจากน้ำใต้ดินมีความเสี่ยงสูงกว่าความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักจากน้ำประปามีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.178 และ 0.003 บริเวณจุดท้ายน้ำ GW9 และ TW5 โดยพบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินอยู่ในช่วงร้อยละ 93.66-98.34 โดยพบสูงสุดร้อยละ 98.34 บริเวณจุดท้ายน้ำ GW9 และ TW5 และความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในน้ำน้ำประปา อยู่ในช่วงร้อยละ 1.66-6.34 โดยพบสูงสุดร้อยละ 6.34 บริเวณจุดต้นน้ำ GW2 และ TW1 สำหรับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด พบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับ นิเกิล แมงกานีส แบเรียม และสังกะสี มีค่าอยู่ในช่วง 0-0.069, 0.016-0.062, 0.005-0.045, และ 0.002-0.003 ตามลำดับ ร้อยละความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด พบว่า

ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับโลหะหนัก แมงกานีส นิเกิล แบเรียม และสังกะสี อยู่ในช่วง ร้อยละ 20.75-73.97, 38.25-63.12, 11.75-25.15, และ 1.82-7.60 ตามลำดับ โดยพบความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักแมงกานีส และสังกะสีสูงสุดร้อยละ 73.97 และ 7.60 ที่จุดบริเวณท้ายน้ำ GW2 และ TW1 สำหรับความเสี่ยงจากการได้รับนิเกิล พบสูงสุดที่สุร้อยละ 63.12 ที่จุดบริเวณท้ายน้ำ GW8-TW4 และแบเรียมร้อยละ 25.15 ที่จุด GW9-TW5

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในน้ำใต้ดินและน้ำประปาบริเวณหลุมฝังกลบของเสียที่ไม่อันตรายจังหวัดราชบุรี พบค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่ตรวจพบในน้ำใต้ดินและน้ำประปามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน พบค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ตามตามเกณฑ์ของ US-EPA ปี ค.ศ.1989 อย่างไรก็ตามต้องมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินและน้ำประปาอย่างต่อเนื่องเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนที่อาจจะเกิดขึ้นจากหลุมฝังกลบและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชนชนที่อาศัยอยู่และใช้แหล่งน้ำในบริเวณที่ใกล้เคียงหลุมฝังกลบในระยะยาวต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

APHA, A., WEF,. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Ed. American Public Health Association. Washington, DC.

Charles, T., & Tapiwa, H. (2017). Heavy Metal Contamination of Ground Water from an Unlined Landfill in Bulawayo, Zimbabwe. *Journal of Health & Pollution,* 7(15), 18-27.

Chu C, I., Ullas, H., Cheng, H. C., & Shang, S. Y. (2007). Methane and carbon dioxide emissions from closed landfill in Taiwan. *Journal of Chemosphere,* 70(2008), 1484–1491.

Kavcar, P., Sofuoglu, A., & Sofuoglu, S. (2009). A health risk assessment for exposure to trace metals via drinking water ingestion pathway. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*(212), 216–227.

Longe, E. O., & Balogun, M. R. (2010). Groundwater Quality Assessment near a Municipal Landfill, Lagos, Nigeria. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology,* 2(1), 39-44.

Navoni, J. A., Pietri, D. D., Olmos, V., Gimenez, C., Bovi Mitre, G., Titto, E., & Villaamil Lepori, E. C. (2014). Human health risk with spatial analysis: study of a population chronically exposed to arsenic through drinking water from Argentina. *Science of the total Environment*(499), 166- 174.

Sarkar, U., Hobbs, S. E., & Longhurst, P. (2003). Dispersion of odour: a case study with a municipal solid waste landfill site in North London, United Kingdom *Journal of Environmental Management,* 68(2), 153-160.

Supata, C., & Hari, P. S. (2011). Heavy metal contamination of drinking water in Kamrup district, Assam, India. *Environmental Monitoring and Assessment,* 179(1-4), 479-486.

US-EPA. (1989). Risk Assesment Guidance foe Superfund Volume I:Human Health Evaluation Mannual (Part A). EPA/540/1-89/002.

US-EPA. (1996). SoilScreeningGuidance: User's Guide Second Edition,EPA/540/R-96/018,Washington,DC.

US-EPA. (2003). IRIS Database for Risk Asesment. http://www.epa.gov/iris. 3 January

2017.

US-EPA. (2011). IRIS Database for Risk Asesment. http://www.epa.gov/iris. 13 January 2017

Vetrimurugan, E., Brindha, K., & Elango, L. (2017). Human Exposure Risk Assessment Due to Heavy Metals in Groundwater by Pollution Index and Multivariate Statistical Methods: A Case Study from South Africa. *water,* 9(4), 234-240.

Xu, P., Huang, S., Wang, Z., & Lagos, G. (2006). Daily intakes of copper, zinc and arsenic in drinking water by population of Shanghai. *China. Science of the Total Environment*(362), 50– 55.

Zhang, S., Guijian, L., Ruoyu, S., & Dun, W. (2016). Health risk assessment of heavy metals in groundwater of coal mining area: A case study in Dingji coal mine, Huainan coalfield, China. *Human and Ecological Risk Assessment,* 22(7), 1469-1479.

กรมควบคุมมลพิษ. (2552). การกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill).กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 16 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. (2556). การประเมินสมรรถนะการดำเนินงานฝังกลบมูลฝอย.กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 55 หน้า.

กรมทรัพยากรธรณี. (2550). พื้นที่เสี่ยงภัยจากสารพิษตามธรรมชาติจังหวัดราชบุรี.กรุงเทพฯ.กรมทรัพยากรธรณี.พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรมทรัพยากรธรณี. (2551). การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดราชบุรี.กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 91 หน้า.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2556). คู่มือหลักปฏิบัติที่ดีสำหรับการให้บริการบำบัด กำจัดกากอุตสาหกรรม.กรมโรงงานอุตสาหรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 169 หน้า.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2559ก). โครงการตรวจสอบการปนเปื้อนและประเมินศักยภาพหลุมฝังกลบของเสียอุตสาหกรรม.กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 105 หน้า.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2559ข). คู่มือการสำรวจและตรวจสอบการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินจากการประกอบการอุตสาหกรรม.กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตาสาหกรรม. 80 หน้า.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (ม.ป.ป.). หลักเกณฑ์หลุมฝังกลบอย่างปลอดภัย (Secure Landfilling) สำหรับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นของเสียอันตราย (Industrial Hazardous Waste) ซึ่งผ่านการทำลายฤทธิ์หรือปรับเสถียรและทำก้อนแข็งมาแล้ว. แหล่งที่มา: http://www2.diw.go.th/iwmb/form/waste_doc_cd/%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B8%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2new.pdf. วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2559ก). กฎกระทรวง ควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559. (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนที่ 38 ก), 89-92.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2559ข). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559 (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนพิเศษ 275 ง), 4-7.

การประปาส่วนภูมิภาค. (2550). มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค. มาตรฐานน้ำประปา. ผวก. ให้ความเห็นชอบ เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2550.ต่อท้ายบันทึกข้อความของ กคน. ที่ มท 55702-2/258 ลงวันที่ 11 กรกฎาคม 2550.

กิตติ อินทรานนท์. (2548). การยศาสตร์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่ 1.

จิราภรณ์ หลาบคำ, & อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. (2554). สถานการณ์คุณภาพน้ำและความคิดเห็นของประชาชนต่อปัญหามลพิษทางน้ำ ของชุมชนบริเวณโดยรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของ เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัยสาธารสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 4(4), 51-62.

จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง. (2557). การปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณเขตอุตสาหกรรมและสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี.

ชุลีรัตน์ พรมเหลา. (2551). การปนเปื้อนของแคดเมียม โครเมียม และ ตะกั่วบริเวณรอบสถานที่ฝังกลบมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น.มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.

ธนาวัฒน์ รักกมล, ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์, สมเกียรติยศ วรเดช, & ชีระวิทย์ รัตรพันธ์. (2553). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการบริโภคน้ำประปาที่ปนเปื้อนโลหะหนัก กรณีศึกษาระบบผลิตน้ำประปา หมู่บ้าน ถ้ำลา ตำบลลานข่อย อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. วารสารสาธารณสุขและการพัฒนา, 8(2), 159-170.

นันทิกา สุนทรไชยกุล, เพ็ญศรี วัจฉละญาณ , & สิริมา มงคลสัมฤทธิ์. (2552). การวิเคราะห์ความ เสี่ยงทางสุขภาพสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข.กรุงเทพฯ: กรมควบคุมโรค.

นิธาน ชัยเนตร. (2548). การจัดการของเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทย.มหาวิทยาลัยรามคำแหง.สารนิพนธ์ปริญญาโท.

ประพัฒน์ เป็นตามวา. (2555). การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของการบริโภคน้ำประปาชุมชน.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปราโมช เชี่ยวชาญ. (2557). การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ตอนที่ 1 นิยามและการออกแบบ. จุลสารสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช(3), 1-5.

พฤหัส จันทร์นวล. (2550). พลวัตของโลหะหนัก กรณีศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักและคุณภาพดินตะกอน ในแม่น้ำแม่กลอง.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.

มณีรัตน์ เทียมทัน. (2554). ศักยภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯในการป้องกันการปนเปื้อนน้ำใต้ดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.

มุทาทิพย์ รอดทิม. (2558). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารหนูที่ละลาย ในน้ำอุปโภคบริโภค ใน

พื้นที่แหล่งแร่ดีบุกเก่า จังหวัดสุราษฎร์ธานีสุราษฎร์ธานี.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2553). พลังงานเทคโนโลยีจากขยะ. *Energy for Environment Foundation*(16), 1-4.

ราชกิจจานุเบกษา. (2549). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548. (เล่ม 123 ตอนพิเศษ 11ง), 14-19.

ราชกิจจานุเบกษา. (2559). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559 (เล่ม 133 ตอนพิเศษ 275ง), 4-7.

ราชกิจจานุเบกษา. (2561). ข้อบัญญัติองค์การบริหารส่วนตำบลท่าโรง เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลและขยะมูลฝอย พ.ศ. 2559. (เล่ม 135 ตอนพิเศษ 131ง), 130-140.

ศุภาพิชญ์ ตั้งกองทรัพย์. (2546). การปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในดิน น้ำ และพืช จากบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้ระดับสารสนเทศภูมิศาสตร์.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (ม.ป.ป.). โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โครงการอ่างเก็บน้ำชัฏป่าหวาย. แหล่งที่มา: ttps://projects.rdpb.go.th/projects/6566108723150848/single. วันที่ 2 สิงหาคม 2561.

สำนักงานพัฒนาชุมชน จังหวัดราชบุรี. (2559). แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี. แหล่งที่มา: http://www.rangbua.go.th/site/attachments/article/91/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B8%99%E0%B8%A2%E0%B8%B8%E0%B8%97%E0%B8%98%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%8C-2559-2563.pdf. วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2543). แผนที่ประเทศไทยแสดงเขตการปกครอง ราชบุรี . แหล่งที่มา: www.dmr.go.th/download/scheme/1.pdf. วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560.

สุเทพ เรืองวิเศษ. (2551). Assessment เพื่อการจัดการสารเคมีของประเทศ. แหล่งที่มา: http://www.chemtrack.org/Doc/F319.pdf. วันที่ 3 กันยายน 2559.

สุภาภรณ์ ศิริโสภนา. (2549). ขยะชุมชน สถานที่ฝังกลบและการฟื้นฟู. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรจน์, 22(2), 104-121.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. (2553). ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นของโครงการหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตราย

แบบตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นของโครงการหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตราย

ผู้ตรวจสอบ

1.....หน่วยงาน.....

2.....หน่วยงาน.....

3.....หน่วยงาน.....

ผู้ให้ข้อมูล

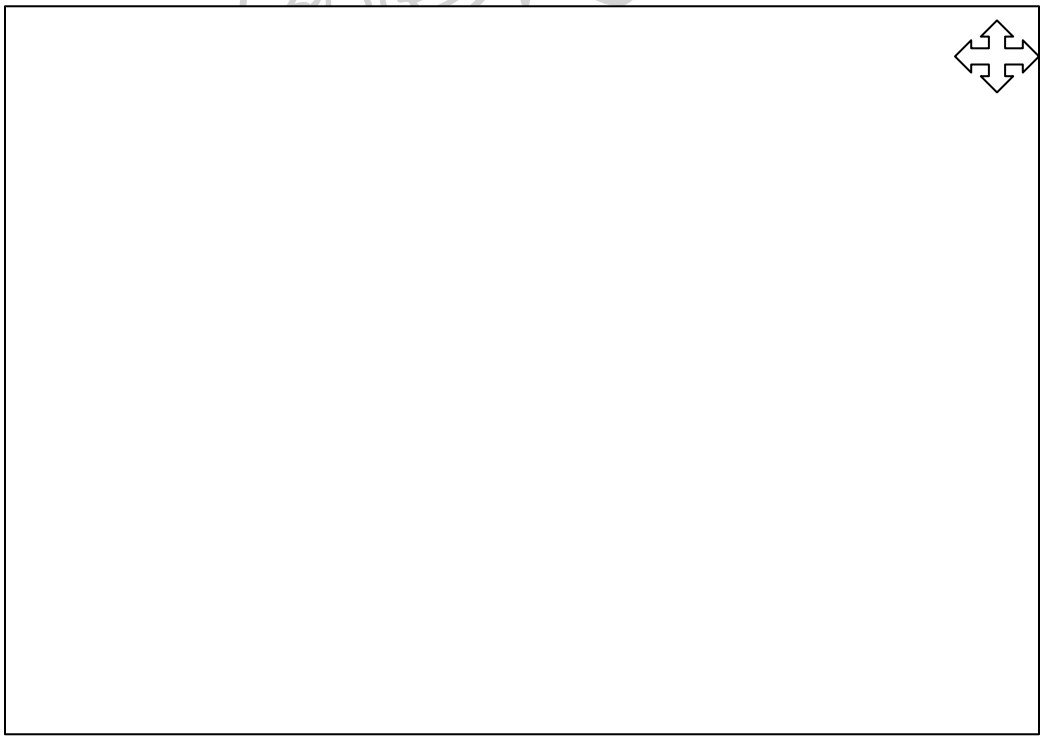
1.....ตำแหน่ง.....เบอร์ติดต่อ.....

2.....ตำแหน่ง.....เบอร์ติดต่อ.....

3.....ตำแหน่ง.....เบอร์ติดต่อ.....

1.รายละเอียดในการตรวจสอบ (Checklist) ข้อมูลเบื้องต้นของโครงการหลุมฝังกลบกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่เป็นอันตราย

1.1 ที่ตั้ง



รายการ	ผลการตรวจ
1.2 ชื่อโรงงาน	
1.3 ทะเบียนโรงงานเลขที่	
1.4 พิกัด	
1.5 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน	
1.6 ประเภทของเสียที่นำมาฝังกลบ	
1.7 ขนาด/ปริมาตรหลุมฝังกลบ	
2. รายละเอียดหลุมฝังกลบ	
2.1 ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่	
2.2 การปูก้นหลุมฝังกลบ	
2.3 ระบบรวมรวมน้ำชะ	
2.4 การวางระบบรวบรวมน้ำฝน	
2.5 ระบบภายในหลุม	
2.6 การปิดคลุมชั้นสุดท้ายของหลุมฝังกลบ	
2.7 ระบบรวบรวมและระบายก๊าซ	
2.8 บ่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน	

ภาคผนวก ข แบบสอบถามสำหรับผู้ใช้น้ำ เรื่อง การใช้น้ำของประชาชนบริเวณหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี

แบบสอบถามสำหรับผู้ใช้น้ำ

เรื่อง การใช้น้ำของประชาชนบริเวณหลุมฝังกลบของเสียไม่อันตราย จังหวัดราชบุรี

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ☐ ต่ำกว่า 12 ปี ☐ 12-30 ปี ☐ 30-60 ปี ☐ กว่า 60 ปี

3. น้ำหนักตัว

ระบุ..... (กิโลกรัม)

4. ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่

ระบุ..... (ปี) .....(เดือน)

5.ช่วงเวลาการอาศัยในพื้นที่

ระบุ..... (ชม.ต่อวัน)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้น้ำ

2.1ความถี่ในการใช้น้ำใต้ดิน

☐ ทุกวัน ☐ สัปดาห์ละ.....วัน ☐ เดือนละ.....วัน

2.2ความถี่ในการใช้น้ำประปา

☐ ทุกวัน ☐ สัปดาห์ละ.....วัน ☐ เดือนละ.....วัน

2.3.สัดส่วนการใช้ประโยชน์น้ำใต้ดินต่อน้ำประปา

☐ ใช้ดื่ม-ประกอบอาหารเท่ากับ.....ต่อ.....

☐ ใช้อาบ-ชำระล้างร่างกายเท่ากับ.....ต่อ.....

☐ ใช้ซักผ้าเท่ากับ.....ต่อ.....

☐ อื่นๆระบุ.....

2.4ฤดูกาลที่มีการใช้น้ำใต้ดินมากที่สุด

☐ ฤดูร้อน ☐ ฤดูฝน ☐ ฤดูหนาว

2.5ฤดูกาลที่มีการใช้น้ำประปามากที่สุด

☐ ฤดูร้อน ☐ ฤดูฝน ☐ ฤดูหนาว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	สิริพงศ์ สุดางาม
วัน เดือน ปี เกิด	4 พฤษภาคม 2532
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
ที่อยู่ปัจจุบัน	41/1 ม.9 ต.ตรวจ อ.ศรีณรงค์ จ.สุรินทร์ 32150
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-

มหาวิทยาลัยศิลปากร