

การประเมินความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีในดินและน้ำใต้ดิน
:กรณีศึกษาโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม



กนกศักดิ์ อินทะรังษี

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ธันวาคม 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การประเมินความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีในดินและน้ำใต้ดิน
:กรณีศึกษาโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม



กนกศักดิ์ อินทะรังษี

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ธันวาคม 2562
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

RISK ASSESSMENT OF SOIL AND UNDERGROUND
WATERS CHEMICAL CONTAMINATION
: CASE STUDY IN ALUMINUM RECYCLING FACTORY



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements for the Master of Engineering Degree
in Environmental Engineering

December 2019

Copyright 2019 by University of Phayao

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
เรื่อง
การประเมินความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีในดินและน้ำใต้ดิน
:กรณีศึกษาโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม

ของ กนกศักดิ์ อินทะรังษี

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)



เรื่อง:	การประเมินความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีในดินและน้ำใต้ดิน :กรณีศึกษาโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม
ผู้ศึกษาค้นคว้า:	กนกศักดิ์ อินทะรังษี, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2562
อาจารย์ที่ปรึกษา:	รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กิริธาชาติ
คำสำคัญ	น้ำใต้ดิน, การปนเปื้อน, โรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม, สารก่อมะเร็ง, โททอลปิโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารเคมีในดินและน้ำใต้ดิน กรณีศึกษาโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม พบว่า การประเมินความเสี่ยงในกระบวนการผลิตของโรงงานรีไซเคิล อะลูมิเนียมมีการใช้สารเคมี ปริมาณการกักเก็บสารเคมี ของเสียภายในโรงงานและวัตถุดิบที่ปนเปื้อนน้ำมัน จากการ รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม พบว่า มีปริมาณ อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมันคงเหลือสะสมต่อ ปีสูงสุด 91.9%, น้ำมันเตา 7.9% และปูนขาว 0.2% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจัดลำดับสารที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนพบว่า อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน มีระดับความเสี่ยงมากที่สุด ระดับต่อมาคือน้ำมันเตา และปูนขาว ตามลำดับ โดย อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน จากน้ำมันที่ปนเปื้อนมานั้น จะมีปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจึงใช้โททอลปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน เป็นตัวแทนสำหรับการประเมินการปนเปื้อนสารเคมีที่ส่งผลต่อ สิ่งแวดล้อม จากการทดสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินบริเวณโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม พบว่ามีปริมาณ โททอลปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ในตัวอย่างดินบน (30 ซม. จากระดับผิวดิน) และดินล่าง (30 ซม. ก่อนพบระดับน้ำใต้ดิน) ของทั้งบ่อล้างและบ่อทำยน้ำ โดยพบ โททอลปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ทั้งนี้สารดังกล่าวเป็นส่วนประกอบของ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรและการขนส่งในบริเวณโรงงาน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการปนเปื้อนที่พบยังคงมีค่า ต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายได้ระบุเกณฑ์การปนเปื้อนของ โททอลปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (C₈-C₁₆) ในดิน ไม่เกิน 25 มล./กก.และ ในน้ำใต้ดินไม่เกิน 1.7 มล./ล. ตามลำดับ

Title: RISK ASSESSMENT OF SOIL AND UNDERGROUND WATERS CHEMICAL CONTAMINATION : CASE STUDY IN ALUMINUM RECYCLING FACTORY

Author: Kanoksak Intarangsee, Independent Study: M.Eng. (Environmental Engineering), University of Phayao, 2019

Advisor: Associate Professor Torpong Keertachat , D.Eng.

Keyword groundwater, Contamination, aluminum recycling process, carcinogen, Total petroleum hydrocarbons

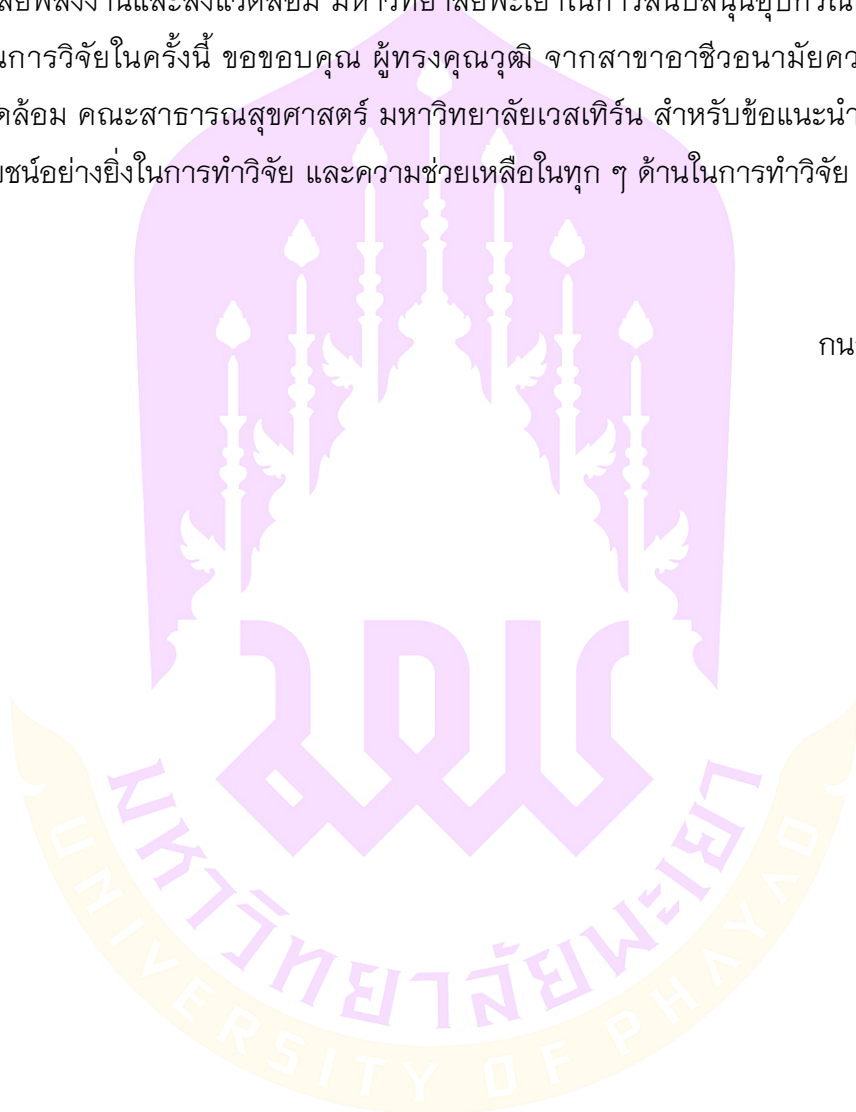
ABSTRACT

This study aims to risk assessment of chemical contamination in the soil and groundwater and soil contamination, case study in aluminum recycling process. From risk assessment, the chemical usage, the amount of chemical waste retention and raw material that is contaminated with oil were found in aluminum recycling process. From preliminary data collection of the aluminum recycling process, it was found the amount of aluminum contaminated with oil remains per year highest at 91.9%, Bunker oil at 7.9% and Lime at 0.2%, respectively. When ranking the chemical contaminants, Aluminum contaminated with oil had the highest risk, followed by Bunker oil and Lime, respectively. As the Total petroleum hydrocarbon (TPH) is a component of Bunker oil, TPH is used as a representative chemical for assessing chemical contamination that affects the environment. The results from soil test and groundwater quality test in the aluminum recycling factory area found the TPH in the top soil layer (30 cm above ground level) and lower soil layer (30 cm before the groundwater level) of both the reference and the monitoring wells. These compounds are components of fuel used in machinery and transportation in the factory. However, the amount of contamination found is still lower than the standard that the TPH (C₈-C₁₆) contamination in the soil should not exceed 25 mg / kg and the groundwater should not exceed 1.7 mg / L. respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย และภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยาในการสนับสนุนอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ จากสาขาอาชีพอนามัยความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น สำหรับข้อแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย และความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านในการทำวิจัย

กนกศักดิ์ อินทะรังษี



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย.....	3
ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	1
นิยามและความหมาย	1
อุตสาหกรรมหลอมหล่ออะลูมิเนียมและเศษอะลูมิเนียม.....	2
ข้อมูลพื้นที่ศึกษา.....	6
ลักษณะของน้ำใต้ดิน.....	10
สารพิษและสารอันตราย.....	18
ประเภทความเป็นอันตรายของสารปนเปื้อน	21
เทคนิคทางหลักนิติวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	22
การประเมินความเสี่ยง.....	23

คำจำกัดความ.....	24
กระบวนการประเมินความเสี่ยง.....	24
ข้อกำหนดในการประเมินความเสี่ยง.....	25
การประเมินความเสี่ยงในทางปฏิบัติ.....	26
รูปแบบการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment Pro-Forma)	26
การกำหนดมาตรการในการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนดินและน้ำใต้ดิน	30
การบำบัดและฟื้นฟูที่เหมาะสมกับการปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน.....	33
แนวทางปฏิบัติและฟื้นฟูดินปนเปื้อนโลหะหนัก.....	40
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	46
รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น	46
ประเมินจัดความเสี่ยงสารเคมีอันตราย.....	46
การสำรวจพื้นที่เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง	49
วิธีวิเคราะห์สารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน	50
บทที่ 4 ผลการทดลอง	52
รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น	52
จำแนกประเภทสารเคมีอันตราย.....	55
การประเมินจัดความเสี่ยงสารเคมีอันตราย.....	55
การสำรวจพื้นที่เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง	56
ผลวิเคราะห์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน.....	57
การกำหนดมาตรการในการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน	60
บทที่ 5 บทสรุป.....	62
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	68

ภาคผนวก ก การดำเนินงานเพื่อเก็บตัวอย่างดิน และน้ำใต้ดิน.....	69
ภาคผนวก ข การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตรวจสอบการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน.....	73
ภาคผนวก ค รายงานผลการวิเคราะห์.....	77
ภาคผนวก ง ควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 ...	80
ภาคผนวก จ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุม และมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559.....	87
ประวัติผู้วิจัย	103



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 VOCs Considered to be Amenable to SVE.....	35
ตาราง 2 แสดงกลไกทางกายภาพ เคมี และ ชีวภาพที่เหมาะสมกับสารปนเปื้อน.....	38
ตาราง 3 ระดับความรุนแรงของสารเคมี หากเกิดการรั่วไหลหรือเหตุฉุกเฉิน พิจารณา ลักษณะ ความเป็นอันตรายของสารเคมี จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี(SDS).....	47
ตาราง 4 ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือของสารเคมี	47
ตาราง 5 ระดับความเป็นอันตรายสารเคมี (จำแนกประเภทสารก่อมะเร็งในคนโดยหน่วยงาน IARC และ US.EPA)	48
ตาราง 6 โอกาสที่จะปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม.....	49
ตาราง 7 รายการแสดงปริมาณการกักเก็บ การใช้ และปริมาณคงเหลือของสาร ปนเปื้อนในโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม.....	54
ตาราง 8 สารปนเปื้อนและการจำแนกความเป็นอันตรายของสารปนเปื้อน	54
ตาราง 9 การประเมินจัดความเสี่ยงสารเคมีอันตราย	55
ตาราง 10 ตำแหน่งที่พบระดับน้ำใต้ดิน	57
ตาราง 11 ผลวิเคราะห์สารปนเปื้อน ในบ่ออ้างอิง (บ่อที่ 1).....	57
ตาราง 12 ผลวิเคราะห์สารปนเปื้อน ในบ่อทำยนน้ำ (บ่อที่ 2).....	58
ตาราง 13 ผลวิเคราะห์สารปนเปื้อนโลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน ในบ่ออ้างอิง(บ่อที่ 1).....	58
ตาราง 14 ผลวิเคราะห์สารปนเปื้อนโลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน ในบ่อทำยนน้ำ(บ่อที่ 2).....	59
ตาราง 15 ค่าพารามิเตอร์และช่วงการเปลี่ยนแปลงที่ใช้ในกระบวนการถ่ายน้ำออกจากบ่อ.....	74

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 ภาพรวมอุตสาหกรรมหลอมหล่ออะลูมิเนียมและเศษอะลูมิเนียม5	5
ภาพ 2 การแบ่งชั้นดิน 7	7
ภาพ 3 แสดงลักษณะน้ำใต้ดิน 12	12
ภาพ 4 การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับวัสดุใต้ผิวดิน..... 14	14
ภาพ 5 ลักษณะการเคลื่อนที่ NAPLs ที่แบ่งแยกตามความหนาแน่น 18	18
ภาพ 6 Soil Vapor Extraction.....36	36
ภาพ 7 Biopile system.....39	39
ภาพ 8 แสดงเทคโนโลยีพื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนด้วยไฟฟ้าเคมี 41	41
ภาพ 9 กระบวนการวิเคราะห์โลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน.....50	50
ภาพ 10 กระบวนการวิเคราะห์ TPH (Total Petroleum Hydrocarbon)..... 51	51
ภาพ 11 พื้นที่โรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม.....52	52
ภาพ 12 กระบวนการผลิตของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม53	53
ภาพ 13 แผนผังการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ และจุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินภายในโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม 57	57
ภาพ 14 รายละเอียดการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ (SMC_MW01)..... 70	70
ภาพ 15 รายละเอียดการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ (SMC_MW01)..... 71	71
ภาพ 16 การดำเนินการเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดิน 72	72
ภาพ 17 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน..... 75	75
ภาพ 18 การเก็บตัวอย่างดิน 76	76
ภาพ 19 รายงานผลการวิเคราะห์..... 77	77
ภาพ 20 รายงานผลการวิเคราะห์ 78	78

ภาพ 21 รายงานผลการวิเคราะห์.....79



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญแหล่งหนึ่งของมนุษย์ ปัจจุบันหลายพื้นที่ของโลกมีการนำน้ำใต้ดินมาใช้ในการอุปโภคบริโภค การเพิ่มจำนวนของประชากรและการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดน้ำเสียจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น น้ำเสียเหล่านี้หากไม่ได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ อาจทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเกิดการเน่าเสียและมีการปนเปื้อนของสารอันตรายในดิน เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดินได้

ปัญหาการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน เป็นปัญหาที่เรื้อรังและส่งผลกระทบต่อสังคมอย่างยิ่ง ซึ่งแตกต่างจากปัญหามลพิษในบรรยากาศและในแหล่งน้ำผิวดินเนื่องจากการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินเป็นสิ่งที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น จนกระทั่งการปนเปื้อนนั้นส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ปัญหาการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินเป็นมลพิษที่ควบคุมได้ยาก ปัญหาหากลบทิ้งขยะอันตราย การลักลอบเติมสารอันตรายในบ่อน้ำใต้ดิน เป็นสิ่งที่ยากในการติดตามตรวจสอบและยังมีการพบเห็นการกระทำดังกล่าวเป็นระยะ ๆ การกระทำที่เกิดขึ้นอาจสืบเนื่องจากการขาดความสำนึกรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม หรือความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ซึ่งการบำบัดฟื้นฟูดินและน้ำใต้ดินต้องใช้ระยะเวลานานและใช้งบประมาณจำนวนมาก ทั้งนี้ในประเทศไทยได้มีการพบปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักและสารอินทรีย์ระเหยในดินและน้ำใต้ดินหลายพื้นที่ เช่น บริเวณพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน บริเวณพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง โดยสาเหตุหลักของปัญหาการปนเปื้อนของสารอันตรายในดินและน้ำใต้ดินมาจากกิจกรรมมนุษย์ เช่น การทิ้งของเสีย ขยะมูลฝอยจากชุมชน สารอันตรายจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากหลุมฝังกลบขยะที่เสื่อมสภาพหรือไม่ได้มาตรฐานตามหลักวิชาการ หรือจากการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม ซึ่งเมื่อสารอันตรายกรด (spill) หรือถูกทิ้งในดิน บางส่วนจะระเหยออก (หากมีคุณสมบัติของการระเหย) บางส่วนจะอิมมัวอยู่ในดิน ซึ่งส่วนที่อยู่ในดินนั้นบางส่วนจะเกาะติดกับอนุภาคของดินเกิดการปนเปื้อนในชั้นดิน และบางส่วนเกิดการชะสารจากน้ำฝนหรือกระบวนการที่ทำให้เกิดการ

แพร่กระจายของสาร จนกระทั่งถึงชั้นน้ำใต้ดินในที่สุด ซึ่งเมื่อถึงชั้นน้ำใต้ดินสารอันตรายจะละลายกับน้ำใต้ดินและถูกพัดพาไปในทิศทางเดียวกับน้ำใต้ดินเข้าสู่บ่อน้ำใต้ดินที่ใกล้ที่สุด หรือไหลไปยังบ่อที่มีการนำน้ำไปใช้ในการอุปโภคบริโภค สารอันตรายที่ปนเปื้อนในชั้นน้ำใต้ดิน ได้แก่ สารในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย สารโลหะหนัก สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งสารอันตรายเหล่านี้ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยและสุขอนามัยของประชาชนอย่างกว้างขวาง ส่วนหนึ่งเกิดจากการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรม ภาครัฐจึงได้ออกกฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 ควบคุมโรงงานที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการปนเปื้อนสู่ดินและน้ำใต้ดิน จำนวน 12 ประเภทของโรงงาน กำหนดให้มีการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินต้องไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนตามมาตรฐานที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของบุคคลและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ลดความเสี่ยงที่จะให้ก่ออันตราย

ผู้จัดทำได้ตระหนักถึงอันตรายของสถานการณ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินดังกล่าว จึงเลือกโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม ซึ่งเป็นโรงงานลำดับที่ 106 ของโรงงานจำพวก 3 ที่ต้องมีการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน เป็นกรณีศึกษาเพื่อทราบลักษณะคุณสมบัติของสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินเพื่อประเมินความเสี่ยงจากการจัดการสารเคมีที่มีความเสี่ยงปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินโดยใช้แบบประเมิน 4 มิติ ที่ดัดแปลงมาจากแบบประเมินตามภาคผนวกที่ 3 ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินเพื่อง่ายต่อการจัดกลุ่มสารเคมีอันตรายและการพิจารณาลำดับสารที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน เพื่อจัดทำมาตรการทางสิ่งแวดล้อมเพื่อป้องกันการปนเปื้อนดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทราบลักษณะคุณสมบัติของสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการจัดการสารเคมีที่เสี่ยงดินและน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

สมมติฐานการวิจัย

การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน โรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ตามที่กฎหมายกำหนด

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาบริเวณโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม
2. การศึกษาลักษณะคุณสมบัติของดินและน้ำใต้ดิน ปัญหาการปนเปื้อนของสารเคมี จากกระบวนการผลิตของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม
3. ประเมินความเสี่ยงของวัตถุพิษ สารเคมีและของเสียในโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน ของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม เพื่อให้ทราบถึงปัญหาสารปนเปื้อนและทิศทางการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน รวมถึงการวิเคราะห์สาเหตุและแหล่งที่มาของการปนเปื้อน เพื่อหาแนวทางป้องกัน
2. เป็นแนวทางในการประเมินลักษณะคุณสมบัติดินและน้ำใต้ดิน ของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิยามและความหมาย

“น้ำบาดาล” หมายความว่า น้ำใต้ดินที่เกิดอยู่ในชั้นดิน กรวด หินหรือหิน ซึ่งอยู่ลึกจากผิวดินเกินความลึกที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่จะกำหนดความลึกน้อยกว่าสิบเมตรมิได้ (พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520, 23 กรกฎาคม 2520, หน้า 8)

“น้ำใต้ดิน” หมายถึง น้ำที่อยู่ใต้ดิน และให้หมายความรวมถึงน้ำบาดาลตามกฎหมายว่าด้วยน้ำบาดาลประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ.2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

“การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน” หมายความว่า การที่ดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงานมีสารปนเปื้อนสะสมในปริมาณที่ไม่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิต หรือมีความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และสิ่งแวดล้อม

“การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน” หมายความว่า การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน และการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่ได้จากการเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินกับเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

“เกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน” หมายความว่า ระดับความเข้มข้นอ้างอิงของสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงานที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้มาจากการคำนวณตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

“สารปนเปื้อน” หมายความว่า สารเคมีหรือสิ่งอื่นใดที่ใช้หรือเก็บรักษาภายในบริเวณโรงงานหรือเป็นของเสียภายในบริเวณโรงงาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และสิ่งแวดล้อม ดังต่อไปนี้

1. สารอินทรีย์ระเหยง่าย
2. โลหะหนัก

3. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์
4. สารที่มีลักษณะและคุณสมบัติตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมว่าด้วยการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว
5. สารอื่นตามที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

อุตสาหกรรมหลอมหล่ออะลูมิเนียมและเศษอะลูมิเนียม

อะลูมิเนียมจัดเป็นธาตุที่พบมากเป็นอันดับสาม บนพื้นผิวโลก (The earth's crust) รองลงมาจากออกซิเจน และซิลิกอน แต่มากกว่าเหล็กและธาตุอื่น ๆ

โลหะอะลูมิเนียมมีสีขาวเงิน (Silvery white) ไม่เป็นสนิม น้ำหนักเบา (Light weight) ความหนาแน่นต่ำ (Low density) นำไฟฟ้าได้ดี (Electric conductivity) สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ สะท้อนแสงได้ดี และมีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน (Corrosion resistant) ได้ดีมาก สามารถทนต่อทุกสภาพภูมิอากาศ (Different types of weather)

อะลูมิเนียมเป็นโลหะในกลุ่มที่มีน้ำหนักเบา (Light metals) ที่มีการใช้งานแพร่หลายมากที่สุด ทั้งนี้เพราะอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่ดีเด่นหลายประการดังต่อไปนี้

1. มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบาและมีกำลังวัสดุต่อหน่วย (Strength-to-weight ratio) สูง จึงนิยมใช้ทำเครื่องใช้ไม้สอย ตลอดจนชิ้นงานบางอย่างในเครื่องบิน จรวด ซีปนาวุธ และอุปกรณ์ในรถยนต์เพื่อลดน้ำหนักของรถให้น้อยลงจะได้ประหยัดเชื้อเพลิง
2. มีคุณสมบัติที่ยึดตัวได้ง่ายและมีความเหนียวมาก ทำให้สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่ายโดยไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก เช่น การรีดเป็นแผ่นบาง การอัดขึ้นรูปกรอบประตูหน้าต่าง หรือการปั๊มขึ้นรูปอุปกรณ์ต่าง ๆ
3. มีจุดหลอมเหลวต่ำและมีคุณสมบัติการไหลของน้ำโลหะที่ดี ทำให้การหลอมหล่อเป็นไปโดยง่าย และสามารถหล่อชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้
4. เนื่องจากการรวมตัวของอะลูมิเนียมกับออกซิเจนเกิดเป็นฟิล์มของอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ที่ผิวซึ่งมีความหนาแน่นที่มาก จึงทำให้อะลูมิเนียมมีความทนทานต่อการเกิดสนิมและการกัดกร่อนในสภาพภูมิอากาศของการใช้งานทั่วไปได้ดีมาก แต่ไม่ทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดต่างทั่วไป
5. ผิวหน้าของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีดัชนีการสะท้อนกลับของแสงสูง จึงเหมาะสมที่จะทำแผ่นสะท้อน แสงในแฟลชถ่ายรูป จานสะท้อนแสงในโคมไพร์หรือไฟหน้ารถยนต์

6. มีค่าการนำไฟฟ้า 64.94% IACS (International Annealed Copper Standard) แม้ไม่สูงมากนัก แต่เนื่องจากมีน้ำหนักเบา จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ต้องคำนึงถึงเรื่องน้ำหนักเบาเป็นสำคัญ เช่นสายไฟแรงสูงขนาดใหญ่

7. เป็นโลหะที่ไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ (Nontoxic) และมีค่าการนำความร้อนสูง ทำให้เหมาะสมกับการใช้ทำเป็นภาชนะหุงต้มหรือหีบห่อรองรับอาหาร

8. โลหะอะลูมิเนียมสามารถผสมกับโลหะอื่น ๆ ได้หลายชนิด เช่น ทองแดง ซิลิกอน แมกนีเซียม หรือสังกะสี ซึ่งโลหะผสมแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถเลือกใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

อุตสาหกรรมกระบวนการผลิตอะลูมิเนียม

อุตสาหกรรมการผลิตอะลูมิเนียม กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมกลางน้ำ และอุตสาหกรรมปลายน้ำ

1. การหลอมหล่ออะลูมิเนียม (ขั้นปฐมภูมิ)

โลหะอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ (Pure aluminum) จะแยกสกัดออกจากอะลูมินาด้วยกรรมวิธีถลุงแร่ด้วยไฟฟ้า (Electrolysis process) ในเตาหลอมไฟฟ้าขนาดใหญ่ โลหะอะลูมิเนียมจะแยกตัวลงมาที่ด้านล่างของเตาถลุงแร่และไหลออกจากเตาด้วยวิธีกาลักน้ำ (Syphon)

2. การหลอมหล่ออะลูมิเนียม (ขั้นทุติยภูมิ)

ประเทศไทยไม่มีแหล่งแร่บ็อกไซต์ (Bauxite) จึงไม่มีการผลิตอะลูมิเนียมขั้นปฐมภูมิการผลิตภายในประเทศทั้งหมด เป็นการผลิตในขั้นทุติยภูมิ โดยการนำอะลูมิเนียมแท่งที่ได้จากการถลุงแร่ขั้นปฐมภูมิ เศษอะลูมิเนียมใหม่ที่ได้มาจากการแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมที่ใช้แล้ว หรือเศษอะลูมิเนียมเก่ากลับมาผ่านกระบวนการทางอุตสาหกรรม แยกสิ่งปนเปื้อนออกไป ทำการหลอมและหล่อแบบ โดยในขั้นตอนนี้อาจจะเติมสารเคมี หรือธาตุโลหะต่าง ๆ เพื่อปรับแต่งคุณภาพของอะลูมิเนียมให้เหมาะสมกับการขึ้นรูปและการใช้งาน (Applications) ได้ดีขึ้นต่อไป

การหลอมหล่อขั้นทุติยภูมิจะเป็นการช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและประหยัดค่าพลังงานที่ใช้ในการถลุงแร่ เนื่องจากการผลิตอะลูมิเนียมจากเศษอะลูมิเนียมใช้แล้วจะใช้พลังงานเพียงร้อยละ 5 ของการผลิตอะลูมิเนียมจากสินแร่ จึงทำให้ต้นทุนการผลิตอะลูมิเนียมแท่งจากเศษอะลูมิเนียมถูกกว่าการผลิตจากสินแร่มากถึง 10 เท่า

3. การแปรรูปผลิตภัณฑ์ คือ การนำอะลูมิเนียมแท่งที่ได้จากการผลิตขั้นกลางมาแปรรูปให้เหมาะสมกับการใช้งานหรือทำเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสู่ผู้บริโภคต่อไป ซึ่งโดยทั่วไปการแปรรูปมี 3 วิธีการหลัก ดังนี้

3.1 การหล่อแบบ (Aluminium casting)

การหล่อแบบ คือ การขึ้นรูปโลหะโดยการให้น้ำโลหะแข็งตัวภายในแบบหล่อ เป็นรูปทรงตามต้องการ โลหะอะลูมิเนียมจัดเป็นโลหะผสมที่มีคุณสมบัติทางด้านหล่อหลอมที่ดีชนิดหนึ่ง เพราะมีจุดหลอมเหลวต่ำและความสามารถในการไหลของน้ำโลหะดี ทำให้สามารถหล่อเป็นรูปร่างได้สะดวก แม้ในชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนหรือมีความหนาไม่มากก็ตาม ดังนั้นการหล่ออะลูมิเนียมจึงเป็นที่นิยมใช้ในการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ล้อแม็กซ์ ลูกสูบ

3.2 การรีดดึง (Extrusion)

การรีดดึงอะลูมิเนียมใช้ในการผลิตอะลูมิเนียมเส้นหน้าตัดต่าง ๆ เช่น กรอบประตู หน้าต่าง เป็นต้น กรรมวิธีทำโดยการนำอะลูมิเนียมแท่งยาว (Billet) มาอบจนได้อุณหภูมิตามต้องการ จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องอัดไฮดรอลิก ซึ่งจะอัดแท่งโลหะผ่านรูของแม่พิมพ์ (Die) ออกมาเป็นเส้นรูปทรงหน้าตัดต่าง ๆ ตามลักษณะภาคตัดขวางของรูแม่พิมพ์

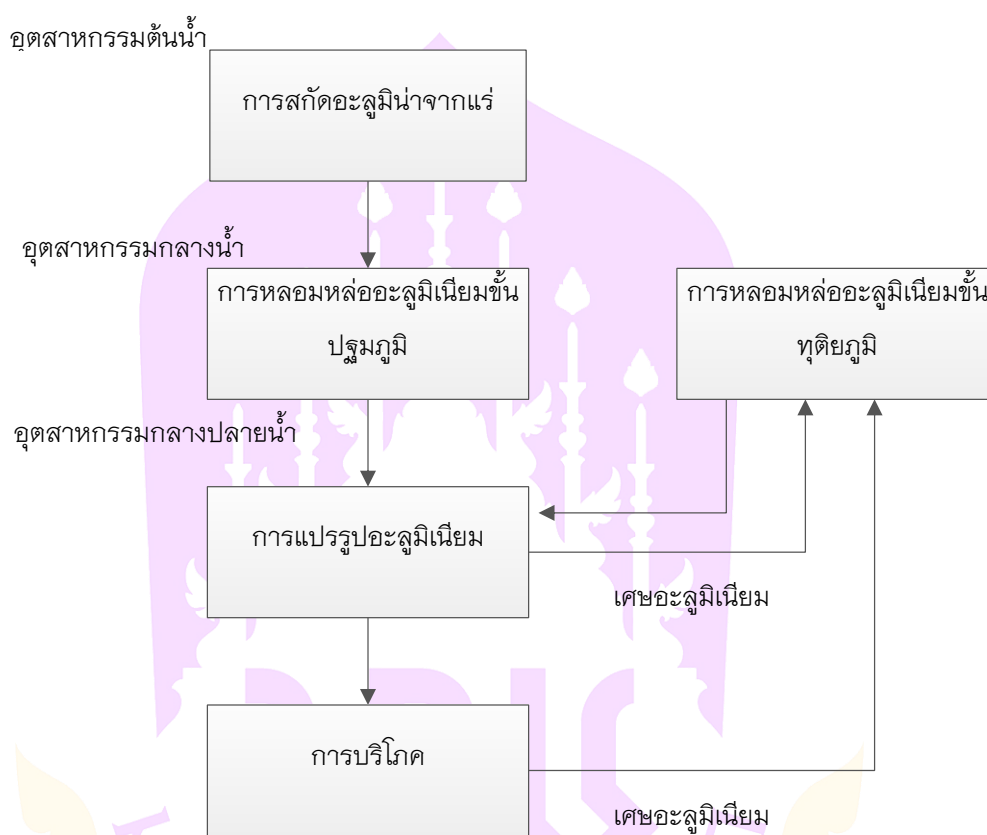
3.2.1 การรีดแผ่น (Aluminium rolling)

การรีดอะลูมิเนียมแบ่งได้เป็น 2 กระบวนการคือ การรีดร้อนและการรีดเย็น โดยการรีดร้อนเริ่มต้นจากนำอะลูมิเนียมแท่งแบน (Slab) มาอบในเตาจนได้อุณหภูมิตามต้องการแล้วจึงเข้าสู่เครื่องรีดเพื่อลดขนาด แต่การรีดร้อนไม่สามารถลดความหนาของแผ่นอะลูมิเนียมได้มากนัก เพราะโลหะจะขาดความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง ดังนั้น จึงต้องใช้การรีดเย็นซึ่งสามารถลดความหนาของอะลูมิเนียมได้ตามความต้องการของผู้ใช้ จนกระทั่งบางเป็นแผ่นฟอยล์ (0.7 – 0.8 ไมครอน) โดยการบิดเบี้ยวของโครงสร้างอะตอมในขณะรีดเย็นจะสามารถเพิ่มความแข็งแรงของโลหะแผ่นขึ้นด้วย หนึ่งในกระบวนการรีดแผ่นอะลูมิเนียมที่มีความบางมาก ๆ จำเป็นต้องใช้การอบ (Annealing) เพื่อคลายความเครียดของโลหะแผ่นป้องกันการแตกหักในระหว่างการรีด

อุตสาหกรรมหลอมหล่อเศษและตะกั่วอะลูมิเนียม ที่ใช้เตาหลอมอะลูมิเนียม โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า และเชื้อเพลิงต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันเตา ก๊าซหุงต้ม หรือก๊าซธรรมชาติทำให้เศษอะลูมิเนียมหลอมละลาย ซึ่งในระหว่างกระบวนการผลิตมีการใช้สารเคมี เช่น สารไล่ก๊าซ ปูนขาว เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาทางเคมีในกระบวนการดังกล่าว ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อบริเวณพื้นที่โรงงาน

ภาพรวมอุตสาหกรรมการผลิตอะลูมิเนียม ดังภาพ 1 เริ่มต้นจากอุตสาหกรรมต้นน้ำ โดยการนำสินแร่บอกไซต์ ผ่านกระบวนการถลุงแร่ จนได้อะลูมิเนียมบริสุทธิ์ จากนั้นนำเอาแร่อะลูมิเนียมมาหลอมละลายแล้วเทลงในแบบหล่อ ได้แท่งอะลูมิเนียมซึ่งเป็น

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลางน้ำ แล้วจึงมีกระบวนการแปรรูปแท่งอะลูมิเนียมเหล่านี้ออกเป็นผลิตภัณฑ์ หรือนำไปใช้ประกอบเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำเพื่อการบริโภคต่อไป



ภาพ 1 ภาพรวมอุตสาหกรรมหลอมหล่ออะลูมิเนียมและเศษอะลูมิเนียม

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551

กฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 ระบุว่า โรงงานที่กำหนดในท้ายกฎกระทรวงนี้ มีทั้งหมด 12 ประเภทโรงงาน จะต้องตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และจัดการให้การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินต้องไม่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

โรงงานลำดับที่ 106 ของโรงงานจำพวกที่ 3 ตามที่กำหนดไว้ในบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ใช้แล้ว หรือของเสียจากโรงงานมาผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่โดยผ่านกรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรม บริษัทฯ ได้ตระหนักและตอบรับกฎกระทรวงว่าด้วยควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 ซึ่งจัดอยู่ในรายการที่ 12 ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 จึงได้ดำเนินการให้มีการติดตั้งและตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินและจัดการให้การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินต้องไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของบุคคลและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและลดความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม โดยทำการศึกษาข้อมูลการปนเปื้อนและการแพร่กระจายสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินในบริเวณโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม เพื่อการวางแผนป้องกันการปนเปื้อน การอนุรักษ์ผืนป่าและพื้นที่พุ่มน้ำใต้ดินให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภค บริโภค ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ราชการและกฎหมายกำหนด

ลักษณะของดิน

ดิน (Soil) หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์เป็นผิวทางเคมีของหินและแร่ ร่วมกับสารอินทรีย์ ที่เกิดจากการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์เป็นผิวชั้นบนที่หุ้มห่อโลก ดินมีลักษณะและคุณสมบัติต่างกันไปในที่ต่าง ๆ ตามสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ วัตถุดิบกำเนิด สิ่งมีชีวิตและระยะเวลาการสร้างตัวของดิน

องค์ประกอบของดิน มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างคือ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ อากาศและน้ำ

สารอินทรีย์ ได้จากการสลายตัวของสิ่งมีชีวิตที่เน่าเปื่อยผุพังสลายตัวทับถมอยู่ในดินของซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น ไส้เดือน แมลง จุลินทรีย์ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ช่วยให้ดินมีลักษณะร่วนซุย มีสีดำหรือสีน้ำตาล ที่เรียกว่า ฮิวมัส (Humus)

สารอนินทรีย์ได้จากการสลายตัวของหินและแร่อนินทรีย์สารเหล่านี้ประกอบด้วยธาตุซิลิกอนและอะลูมิเนียมเป็นส่วนใหญ่ มีเหล็ก แคลเซียม โพแทสเซียมและแมกนีเซียม ปนบ้างเล็กน้อย ธาตุเหล่านี้พบอยู่ในรูปแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไมกา แร่พวกเฟอโรแมกนีเซียนซิลิ

เกตและแร่ดิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของดิน ดินแต่ละที่จะมีแร่ธาตุในดินในปริมาณแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดเดิมของดิน

อากาศ แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มีก๊าซคาร์บอนมอนไดออกไซด์สูงกว่าอากาศบนผิวดิน ดินที่โปร่งมีรูพรุนมากจะมีการระบายอากาศได้ดี ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการหายใจของสิ่งมีชีวิตในดิน

น้ำ แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน น้ำในดินจะช่วยละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ทำให้รากพืชสามารถดูดธาตุอาหารขึ้นไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์แสงได้

ชั้นของดิน กรมทรัพยากรธรณี ได้แบ่งชั้นดินอาศัยจากการสังเกตพื้นที่หน้าตัดด้านข้างของดิน โดยแบ่งออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นโอ ชั้นเอ ชั้นบี ชั้นซี และชั้นอาร์ ดังภาพประกอบ ดินแต่ละชั้นมีลักษณะแตกต่างกันเนื่องจากสมบัติทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และลักษณะอื่น ๆ เช่น สี โครงสร้าง เนื้อดิน การยึดตัว และความเป็นกรดเป็นด่างของดินแตกต่างกัน ดังภาพ 2



ชั้น โอ (O-horizon) เป็นช่วงชั้นดินที่มีสารอินทรีย์สะสมตัวอยู่มาก มักมีสีเทาหรือเทาดำ

ชั้น เอ (A-horizon) เป็นเขตการซึมชะ (Zone of Leaching) เป็นชั้นที่น้ำซึมผ่านจากชั้นบน แล้วทำปฏิกิริยากับแร่ บางชนิด เกิดการละลายตัวของแร่ สารละลายที่ได้จะซึมผ่านลงไปสะสมตัวในชั้นต่อไปทำให้ดินชั้นนี้ มีสีจาง

ชั้น บี (B-horizon) เป็นเขตการสะสมของแร่ในชั้นดิน (Zone of Accumulation) เป็นชั้นที่มีการตกตะกอน และสะสมตัวของแร่จากสาร ละลายที่ไหลลงมาจากชั้น เอ ชั้นดิน มักมีสีแดงหรือน้ำตาลแดงตามสีแร่ที่มาสะสมตัวอยู่

ชั้น ซี (C-horizon) เป็นชั้นหินผุ (Weathered rock) ที่ดินบางส่วนผุพัง กลายเป็นดินปะปนกับเศษหินที่แตกหัก มาจากชั้นดินตามเดิม

ชั้น อาร์ (R-horizon) เป็นชั้นดินดานที่ชั้นดินเดิมยังไม่มีการผุพังละลายตัวเป็นดิน

ภาพ 2 การแบ่งชั้นดิน

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี, 2562

1. ชั้น O (O Horizon) หรือชั้นอินทรีย์วัตถุ เป็นดินที่อยู่ชั้นบนสุด มีต้นไม้หรือเศษใบไม้ กิ่งไม้ผุพังปกคลุมและทับถมอยู่ทำให้ดินอ่อนนุ่ม มีสีคล้ำ พื้นดินมีความชุ่มชื้นสูง เกิดการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์ได้ดี ทำให้ดินมีอิฐวมมาก ดินจึงมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช จะพบรากของพืชแผ่กระจายอยู่โดยทั่วไป ลักษณะดังกล่าวของดินชั้น O จะเป็นดินที่เกิดอยู่กับที่จากการผุพังของหินโดยไม่ได้ถูกพัดพาไปที่อื่น สามารถพบได้ในพื้นที่ป่า ส่วนพื้นที่ที่ทำการเกษตรจะไม่มีดินชั้นนี้เพราะถูกไถ พรวนไปหมดแล้ว

2. ชั้น A (A Horizon) หรือชั้นดินแร่ เป็นชั้นดินที่อยู่ลึกถัดไปจากดินชั้น O บริเวณส่วนบนของดินชั้นนี้จะพบสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่จำนวนมาก และยังคงมีอินทรีย์วัตถุปรากฏอยู่ทั่วไป ดินมีสีจาง เนื้อดินหยาบ ลักษณะแตกต่างกับดินชั้นบนสุดอย่างชัดเจน บริเวณส่วนล่างของชั้นดินจะมีการทับถมของแร่ธาตุ เนื่องจากดินมีการซึมชะ (eluviation) โดยน้ำจากผิวดินนำพาตะกอนขนาดละเอียดมาทับถมและมี การซึมชะละลาย (leaching) โดยน้ำละลายอินทรีย์วัตถุในดิน เช่น เหล็ก อะลูมิเนียมและ/หรือแคลเซียมคาร์บอเนตไหลลงสู่ชั้นที่อยู่ลึกลงไป

3. ชั้น B (B Horizon) หรือชั้นสะสมของแร่ เป็นดินชั้นล่าง (Subsoil) ที่มีการสะสมของตะกอนและแร่ที่มีองค์ประกอบของเหล็กคาร์บอเนตและซิลิกา เป็นต้น สารดังกล่าวนี้ถูกชะล้างลงมาจากดินชั้นบนทำให้เนื้อดินมีความชื้นสูง เนื้อดินแน่นและมีจุดประ (mottle) สีส้มแดง กระจายอยู่ทั่วไปทำให้ดินชั้นนี้มีสีของแร่ธาตุอย่างชัดเจน ดินชั้นนี้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีค่อนข้างสูง

4. ชั้น C (C Horizon) หรือชั้นการผุพังของหิน ดินชั้นนี้อยู่ลึกสุด ประกอบด้วยดินที่ยังเกิดไม่สมบูรณ์มีแต่หินผุและเศษหินที่สลายมาจากหินดาน (Bed rock) ที่รองรับในบริเวณนั้น หินดานมีลักษณะเป็นพีด จัดเป็นหินต้นกำเนิดดิน (Parent rock)

5. ชั้น R (R-horizon) เป็นชั้นหินแข็งที่ยังไม่ผุพังสลายตัว อาจจะมีหรือไม่มีในหน้าตัดดิน คุณสมบัติเนื้อดิน ที่บอกถึงความหยาบหรือละเอียดของชั้นส่วนเล็ก ๆ ของดินที่เราเรียกว่า “อนุภาคของดิน” ซึ่งอนุภาคเหล่านี้จะมีขนาดไม่เท่ากัน แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มได้แก่

5.1 ขนาดใหญ่เรียกว่าอนุภาคขนาดทราย (2.0–0.05 มิลลิเมตร)

5.2 ขนาดกลางเรียกว่าอนุภาคขนาดทรายแป้ง (0.05–0.002 มิลลิเมตร)

5.3 ขนาดเล็กที่สุดคืออนุภาคดินเหนียว (< 0.002 มิลลิเมตร)

การรวมตัวกันของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ในสัดส่วนที่ต่างกักัน ทำให้เกิดเป็นเนื้อดินชนิดต่าง ๆ ขึ้นมา ในการจำแนกประเภทของเนื้อดินนั้นจะถือเอาเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคขนาดเหล่านี้ที่มีอยู่ในดินนั้น ๆ เป็นหลัก โดยทั่วไปเนื้อดินอาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 3 กลุ่มได้แก่

1. ดินทราย เป็นดินที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าร้อยละ 85 ลักษณะโดยทั่วไปจะเกาะตัวกันหลวม ๆ และมองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยว ๆ ได้ ถ้าสัมผัสดินที่อยู่ในสภาพแห้งจะรู้สึกสากมือ เมื่อลองกำดินที่แห้งนี้ไว้ในอุ้งมือแล้วคลายมือออกดินก็จะแตกออกจากกันได้ แต่ถ้ากำดินที่อยู่ในสภาพชื้นจะสามารถทำให้เป็นก้อนหลวม ๆ ได้ แต่พอสัมผัสจะแตกออกจากกันทันที ดินทรายเป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศดีมาก แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เพราะความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชมีน้อย พืชที่ขึ้นบนดินทรายจึงมักขาดทั้งธาตุอาหารและน้ำ เนื้อดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินทราย ดินทรายนปนดินร่วน และดินร่วนปนทราย

2. ดินร่วน โดยทั่วไปจะประกอบด้วยอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวในปริมาณใกล้เคียงกัน (อนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 7-27 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 28-50 และมีอนุภาคขนาดทรายน้อยกว่าร้อยละ 52) ดินร่วนเป็นดินที่เนื้อดินค่อนข้างละเอียดนุ่มมือในสภาพดินแห้งจะจับกันเป็นก้อนแข็งพอประมาณ ในสภาพดินชื้นจะยึดหยุ่นได้บ้าง เมื่อสัมผัสหรือคลึงดินจะรู้สึกนุ่มมือแต่อาจจะรู้สึกสากมืออยู่บ้างเล็กน้อย เมื่อกำดินให้แน่นในฝ่ามือแล้วคลายมือออก ดินจะจับกันเป็นก้อนไม่แตกออกจากกัน เป็นดินที่มีการระบายน้ำได้ดีปานกลาง จัดเป็นเนื้อดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก เนื้อดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายแป้ง ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง

3. ดินเหนียว เนื้อดินประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 40 ขึ้นไป มีอนุภาคขนาดทราย ร้อยละ 45 หรือน้อยกว่าและมีอนุภาคขนาดทรายแป้งน้อยกว่าร้อยละ 40 ดินเหนียวเป็นดินที่มีเนื้อละเอียด ในสภาพดินแห้งจะแตกออกเป็นก้อนแข็งมาก เมื่อเปียกน้ำแล้วจะมีความยึดหยุ่น สามารถปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ เหนียวเหนอะหนะติดมือ เป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี แต่สามารถอุ้มน้ำ ดูดซับ และแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ดี เหมาะที่จะใช้ทำนาปลูกข้าวเพราะเก็บน้ำได้นาน เนื้อดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง เนื้อดิน เป็นสมบัติดินตามธรรมชาติที่มีความสำคัญ

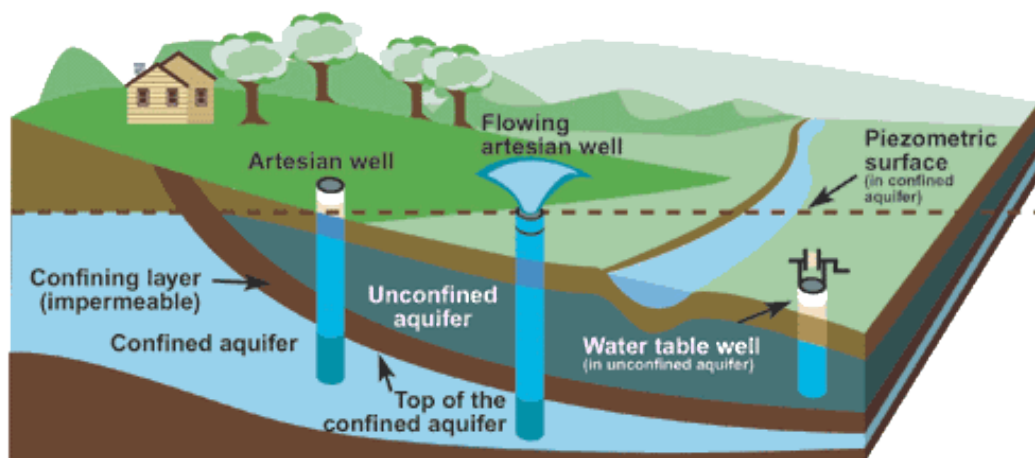
ยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะมีผลต่อคุณภาพของดิน สภาพการระบายน้ำ ระบบนิเวศ ปริมาณธาตุอาหารรวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพในดินในดินที่เป็นดินทราย มักจะมีการระบายน้ำดีจนถึงดีเกินไป อุ้มน้ำได้ไม่ดี ดินจะแห้งง่าย และมีธาตุอาหารอยู่น้อยกว่าดินชนิดอื่น ส่วนดินเหนียวนั้นจะอุ้มน้ำได้มาก และมีธาตุอาหารอยู่มาก แต่ก็มีข้อเสียที่การระบายน้ำไม่ดี มักจะมีน้ำขังทำให้มีอากาศไม่พอสำหรับรากพืชใช้ในการหายใจ นอกจากนี้ยังทำการไถพรวนลำบากเพราะดินแห้งจะแข็งมากและดินเหนียวจัดเมื่อเปียก ดินร่วนจึงนับเป็นดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าดินเหนียวและดินทราย เนื่องจากไถพรวนง่าย อุ้มน้ำได้ปานกลาง มีการระบายน้ำดี และมีความอุดมสมบูรณ์

ลักษณะของน้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดินมีอัตราการไหลซึมลงดินมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ ช่วงเวลาที่มีฝนตก (Time) หมายถึง ถ้าช่วงเวลาที่มีฝนตกสั้น น้ำจะไหลผ่านผิวดินไปอย่างรวดเร็ว ปริมาณการไหลซึมลงดินของน้ำจะต่ำและซึมลงได้น้อย แต่ถ้ามีฝนตกเป็นเวลานาน และเบา ๆ อัตราการไหลซึมจะมีมากกว่า ความลาดชันของพื้นที่ (Slope) ถ้าพื้นที่มีความลาดชันมากน้ำจะไหลไปบนดินมากกว่าที่จะซึมลงดิน ความพรกตัวของดินและหิน (Porosity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของช่องว่างในหินก้อนหนึ่งกับปริมาตรทั้งหมดของหินก้อนนั้น โดยค่าความพรกตัว แสดงเป็นร้อยละ ความพรกตัวจะขึ้นอยู่กับรูปร่าง ขนาด การวางตัวของหินและเศษแร่ที่ประกอบตัวกันเป็นหิน ความฟ้ามของดินและหิน (Permeability) หมายถึง ความสามารถในการที่ยอมให้น้ำไหลผ่านหินที่มีความฟ้ามสูง คือ หินที่น้ำไหลผ่านได้เร็ว หรือความฟ้ามขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่าง ไม่ใช่ปริมาตรของช่องว่าง ปริมาณของต้นไม้ ต้นไม้จะช่วยชะลอการไหลของน้ำผิวดินให้ช้าลง ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณน้ำไหลซึมลงดินได้มากขึ้น ความลาดเทของชั้นหินที่น้ำใต้ดินไหลอยู่ น้ำใต้ดินจะไหลได้ดีไปตามชั้นหินที่มีความฟ้ามสูง โดยเฉพาะถ้าชั้นหินที่อยู่ถัดไปมีความแน่นที่บสูง น้ำจะไหลเฉพาะชั้นหินเนื้อฟ้ามนั้น และถ้าชั้นหินมีความลาดเทมากน้ำจะไหลได้เร็ว

ลักษณะของแหล่งน้ำใต้ดิน (ภาพ 3) เราแบ่งน้ำใต้ดินหรือเขตน้ำใต้ดิน (Zone of Subsurface water) ออกเป็นสองเขต คือ เขตมีอากาศแทรกในชั้นหิน และเขตอิมตัว โดยสามารถพิจารณาได้ดังนี้ เขตที่มีอากาศแทรกในชั้นหิน (Zone of Aeration) เป็นเขตที่ปริมาณของน้ำใต้ดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เป็นชั้นที่มักอยู่ใต้ผิวดินในระดับตื้น ระดับน้ำจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เช่น ฤดูแล้งระดับน้ำจะลึกกว่าฤดูฝน จัดเป็นประเภทชั้นให้น้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifers) เขตนี้เป็นตอนที่น้ำจากผิวดินไหลผ่านลงสู่เบื้องล่าง โดยเขตนี้เราสามารถ

แบ่งออกเป็น 3 เขตย่อย คือ เขตความชื้นในดิน (Belt of Soil Moisture) ซึ่งเป็นบริเวณที่รากพืช หยั่งราก และสามารถดูดซึมน้ำไปใช้ได้ โดยพืชดูดซึมน้ำจากความชื้นจากดิน แล้วปล่อยให้ระเหย กลายเป็นไอน้ำสู่บรรยากาศ หรือบางครั้งความชื้นในดินจะระเหยสู่บรรยากาศโดยตรง เขตชั้น กลาง อยู่ระหว่างเขตความชื้นในดิน และเขตน้ำซึม น้ำในเขตนี้จะเกาะ ดินด้วยแรงดึงดูด ระหว่างอนุภาค จึงมีการเคลื่อนไหวของน้ำน้อยมาก เว้นแต่ในระยะเวลาที่มีปริมาณน้ำฝนมาก ช่วง กลางจึงเป็นทางผ่านของน้ำไปสู่เขตที่ลึกกว่า เขตน้ำซึม (Capillary Fringe) เป็นบริเวณที่ได้รับ น้ำจากเขตอิมิตัวมีความหนาตั้งแต่ 2-3 เซนติเมตร ถึง 2-3 เมตร ลักษณะคล้ายกระดาษซับ น้ำที่จะมีน้ำจากเขตที่อยู่เบื้องล่างซึมขึ้นมาตามแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของดินหรือหินกับน้ำ เขตอิมิตัว (Zone of Saturation) เป็นเขตที่มีน้ำใต้ดินขังอยู่เต็มทุกช่องว่างในเนื้อดิน เราเรียกน้ำ ในเขตนี้ว่าเป็นน้ำใต้ดิน โดยยึดระดับบนสุดของระดับน้ำ ณ เขตนี้เป็นระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) โดยชั้นดินหรือชั้นหินที่มีปริมาณน้ำมากจนอิมิตัวและมีปริมาณมากพอที่พืชสามารถนำขึ้นมา ใช้ได้ ชั้นให้น้ำในเขตอิมิตัวนี้เราเรียกว่า ชั้นให้น้ำแบบปิด (Confined Aquifers) มักอยู่ในระดับลึก มีชั้นหินหนาปิดปกคลุมด้านบนไว้ ทำให้น้ำในชั้นนี้มีความดัน ผลพิษจากพื้นดินไม่สามารถ ปนเปื้อนลงไปได้ แต่อาจมีแร่ธาตุบางอย่างปะปนอยู่ ชั้นให้น้ำแบบปิดนี้อาจมีหลายชั้นสลับกันไป ระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) คือผิวบนของเขตอิมิตัว หมายถึงระดับของน้ำใต้ดินที่เกิดขึ้น เนื่องจากการสะสมน้ำใต้ดินที่ไม่อาจซึมต่อไปได้ แต่ระดับน้ำใต้ดินจะไม่คงที่แน่นอน สามารถมี การเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล เช่น ในบริเวณภูเขาที่มีฝนตกสม่ำเสมอ ระดับน้ำใต้ดินอาจอยู่ ลึก 2-3 เมตร ถึงหลายร้อยเมตรใต้ผิวดิน ส่วนในแถบภูมิอากาศร้อนและแห้งแล้งที่มีฝนตก น้อยและมีการระเหยกลายเป็นไอน้ำมาก ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ลึกมากส่วนบริเวณใกล้ลำธารแม่น้ำ ทะเลสาบหรือแหล่งน้ำอื่น ๆ ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ใกล้ผิวดินมาก และระดับน้ำใต้ดินจะลาดเอียง ใกล้แหล่งน้ำที่อยู่ใกล้มาก



ภาพ 3 แสดงลักษณะน้ำใต้ดิน

ที่มา: United States Geological Survey (USGS), 2556

ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (Ground water Aquifers) ชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifers) คือ หิน หรือ ตะกอนที่น้ำบาดาลสามารถซึมผ่านได้ เช่น ชั้นกรวด หินทราย เนื่องจากการวางเรียงตัวของเม็ด หินทรายมีช่องว่างขนาดเล็ก ๆ กว่าช่องว่างของการเรียงตัวของชั้นกรวด การสะสมตัวของน้ำจึง น้อยกว่า ส่วนหินอัคนีและ หินแปร หินดินดาน เนื้อหินแน่นเกินกว่าจะเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ชั้นหิน อุ้มน้ำมี 2 ประเภท ดังนี้ ชั้นหินให้น้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifers) เป็นชั้นหินที่น้ำบาดาล อยู่ในเขตอิมมูร์ มีระดับผิวน้ำเป็นระดับน้ำใต้ดิน และไหลไปตามแนวเทของชั้นหิน สำหรับการ ขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล และใช้น้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำปกตินี้ ถ้าขุดบ่อน้ำบาดาลตื้นเกินไป มีโอกาสจะ ขาดแคลนน้ำได้ แต่ถ้าขุดลึกจะได้น้ำใช้ตลอดปี ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของหินและรอยแตกในเนื้อหิน เช่น ถ้าเป็นหินอัคนีแบบเนื้อสมานแน่น และหินแปร แม้ว่าจะเป็นหินที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน แต่ถ้ามียรอยแตกในหินมากเป็นที่สะสมตัวของน้ำ บ่อน้ำใต้ดินจะมีน้ำใช้ เป็นต้น ชั้นหินให้น้ำแบบปิด (Confine Aquifer) เป็นชั้นหินให้น้ำภายใต้แรงดัน โดยชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ระหว่างชั้นหินเนื้อทึบที่ไม่ ยอมให้น้ำซึมผ่าน ประกอบอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่าง จัดเป็นชั้นหินที่อยู่ภายใต้ความกดตันอัน เนื่องมาจากน้ำหนักของหินที่กดทับและน้ำหนักของน้ำในชั้นหินเดียวกันที่อยู่ต่างระดับกัน บางครั้งแรงดันมาก เมื่อเจาะจะมีน้ำไหลพุ่งมาเหนือปากบ่อ เรียกว่าบ่อน้ำพุ (Flowing Well)

และเนื่องจากน้ำบาดาลจากชั้นหินอุ้มน้ำประเภทนี้มักอยู่ในระดับลึก สามารถนำมาใช้บริโภคได้ แต่อาจมีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้าง เนื่องจากมีปริมาณแร่ธาตุละลายปนอยู่มาก

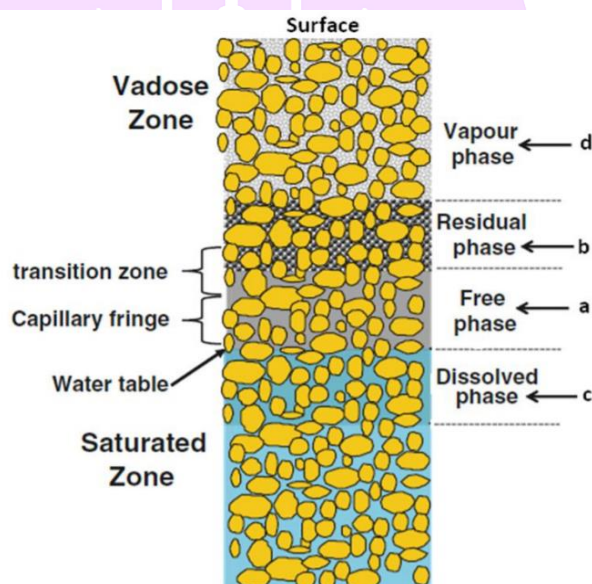
สำหรับชนิดของหินที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำนั้น เนื่องจากหินทุกชนิดมีความสามารถในการให้น้ำแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพทางธรณีวิทยาที่มีความแตกต่างกัน สามารถแยกพิจารณาได้ ดังนี้ หินตะกอน เป็นหินที่ไม่มีการประสานตัวแน่นเป็นหินแข็ง เช่น ตะกอนที่สะสมตัวตามแอ่งที่ราบ หุบเขา ธารน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ชั้นหินอุ้มน้ำทั่วโลกร้อยละ 90 เป็นพวกตะกอน ร่วน เช่น ทราย กรวด และพวกตะกอนเศษหินริมน้ำ เป็นต้น หินกรวดมน มักมีทรายและเศษหินแทรกระหว่างช่องว่าง หินกรวดขนาดใหญ่ จึงอุ้มน้ำไม่ได้ ยกเว้นแต่น้ำที่แทรกตามรอยแตกของหิน และขึ้นอยู่กับการประสานของเนื้อหินด้วย ถ้าการประสานตัวมีไม่มากอาจจะพอน้ำบ้างไม่มากนัก หินทราย โดยทั่วไปมีความพรุนและสภาพการซึมน้ำมีมาก เนื่องจากมีความสามารถในการกักเก็บน้ำน้อย ไม่จัดเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ แต่น้ำบาดาลที่พบในหินทรายส่วนใหญ่ได้จากรอยแตกและรอยต่อของชั้นหิน ถ้ามีขนาดใหญ่และมีแนวยาวต่อเนื่องกันจะให้น้ำได้มาก หินดินดาน มีรูพรุนในเนื้อหินมาก แต่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้น้อย น้ำจึงไหลผ่านไม่ได้ จึงไม่จัดเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ยกเว้นเนื้อหินดินดานที่มีเนื้อแข็งและเปราะ จึงมีรอยแตกระหว่างเนื้อหินมากพอที่จะดักน้ำบาดาลได้มาก หินปูน เป็นหินแข็ง เปราะ ที่มีเนื้อสमानแน่น ในบางกรณีเมื่อถูกแรงบีบอัดก็จะเกิดรอยแตกในเนื้อหิน หรือเป็นโพรงระหว่างชั้นหิน ถ้ามีน้ำสะสมตัวอยู่ สามารถขุดเจาะนำมาใช้ได้ ดังนั้นน้ำบาดาลจึงเป็นน้ำที่แทรกตัวอยู่ตามโพรงหินปูนมากกว่า หินแปร หินชนวน และหินชีสต์ เป็นหินที่มีการวางตัวของเนื้อหินเป็นแผ่น มีลักษณะเป็นแผ่น เมื่อถูกแรงบีบอัดให้โค้งงอและแน่น จะทำให้ช่องว่างระหว่างแผ่นมีน้อยมาก จึงมีการสะสมตัวของน้ำน้อย และจากปัญหาความแข็งของชั้นหินจึงยากต่อการขุดเจาะน้ำบาดาล หินอัคนี เช่น หินแกรนิต เนื้อสमानแน่น ไม่มีความพรุน จึงไม่มีการสะสมตัวของน้ำในเนื้อหิน ยกเว้นตามรอยแตกของหิน แต่ถ้ามีโพรงอากาศที่เกิดในขณะที่หินมีการเย็นตัวลง อาจเป็นโพรงที่น้ำสะสมตัวอยู่ได้

1. การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน

การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1.1 การไหลตามแนวตั้ง ซึ่งเป็นการไหลซึมลงดินตามแนวตั้ง อัตราการไหลจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับโครงสร้างของชั้นดินและหิน ว่ามีช่องว่างในเนื้อหินและความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่าน ดังภาพ 4

การไหลตามแนวระดับ เป็นการไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลก เช่น การไหลจากระดับสูงลงไปสู่ระดับที่ต่ำกว่า อัตราการไหลจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และเนื้อหิน เช่น หินเนื้อละเอียดมากกว่าอัตราการไหลของน้ำจะไหลได้ช้ามาก แต่ถ้าไหลผ่านโพรง เช่น ถ้ำ ที่ติดต่อกันเป็นทางยาวน้ำใต้ดินจะไหลได้เร็วพอๆ กับการไหลของน้ำผิวดิน โดยสรุปอัตราการไหลจะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับความพรุนของเนื้อหิน (Porosity) และความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านชั้นหิน (Permeability) นอกจากนี้ การยอมให้น้ำไหลซึมผ่านจะเป็นสัดส่วนกับความลึก เนื่องจากมีแรงกดดันสูง และความลาดชันของพื้นที่ด้วยเช่นกัน



ภาพ 4 การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับวัสดุใต้ผิวดิน
ที่มีความพรุน (Porosity) ของวัสดุที่อยู่ใต้ดิน

ที่มา: Atekwana and Atekwana, 2010

2. การสำรวจแหล่งน้ำใต้ดิน

แหล่งน้ำใต้ดิน เป็นสิ่งที่อยู่ใต้พื้นดินมองไม่เห็น การสำรวจจึงต้องอาศัยความรู้ทางด้านธรณีวิทยา และอุทกวิทยาเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะน้ำบาดาลมีความสัมพันธ์กับสภาพธรณี และลักษณะอุทกวิทยาอย่างใกล้ชิด เมื่อทราบลักษณะสภาวะแวดล้อมทางธรณีวิทยา สภาพธรณีวิทยา โครงสร้าง ตลอดจนจนลักษณะแวดล้อมทางอุทกวิทยาของชั้นน้ำและชั้นหินอุ้มน้ำแล้ว

จะทำให้สามารถทราบถึงคุณสมบัติการให้น้ำของชั้นดินนั้นๆ ได้ การสำรวจแหล่งน้ำบาดาลมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

2.1 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับธรณีวิทยาของพื้นที่พัฒนา ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่อุทกธรณีวิทยา ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม ลักษณะลำน้ำพุ บ่อน้ำบาดาล ประกอบด้วยที่ตั้ง ความลึกของชั้นน้ำ ระดับน้ำบาดาล ปริมาณน้ำบาดาล คุณภาพทางเคมีของน้ำบาดาล ข้อมูลหลุมเจาะ และข้อมูลอื่น ๆ เพื่อสรุปสภาพอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำบาดาลนั้น ๆ ก่อนที่จะดำเนินการสำรวจวิธีอื่น ๆ ต่อไป

2.2 การสำรวจข้อมูลอุทกธรณีวิทยาในสนาม(Hydrogeology Investigation) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ที่จะพัฒนาน้ำบาดาล ตรวจสอบควบคุมเกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รวบรวมไว้ เช่น ตำแหน่งที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล ลักษณะดินและโครงสร้างทางธรณีวิทยา เป็นต้น ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาจะให้ภาพคร่าวๆ เกี่ยวกับลักษณะชั้นหินหรือชั้นดินอุ้มน้ำ (Aquifer) ชั้นที่บดน้ำ (Aquiclude) ขอบเขตของชั้นน้ำบาดาล พื้นที่รับน้ำบาดาล (Recharge Area) ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับน้ำบาดาลในพื้นที่ที่จะเจาะบ่อน้ำบาดาล นับแต่ความลึกของบ่อ ความลึกระดับน้ำบาดาล เครื่องสูบน้ำปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ ตลอดจนระบบไฟฟ้าที่ใช้ในบริเวณนั้น สามารถจะให้ภาพที่ดีเกี่ยวกับน้ำบาดาลจากแหล่งน้ำดังกล่าวทั้งด้านการนำไปใช้ประโยชน์ การขุดเจาะและออกแบบบ่อน้ำบาดาล และเครื่องสูบน้ำ

2.3 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ (Geophysics Investigation)

2.3.1 การสำรวจด้วยธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน(surface Geophysics) การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เป็นวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินและหิน เพื่อค้นหาการสะสมตัวของแหล่งแร่ แหล่งน้ำมันปิโตรเลียม หรือลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา วิธีธรณีฟิสิกส์เป็นการตรวจวัดหรือตรวจจับหาค่าความแตกต่างหรือค่าผิดปกติ (Anomaly) เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพภายใต้ผิวโลก ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) สนามแม่เหล็ก (Electromagnetic) ความยืดหยุ่น (Seismic) และความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) คุณสมบัติทางกายภาพที่ตอบสนองแตกต่างกัน นำมาแปลความหมายโครงสร้างธรณีวิทยา ชนิดของหิน ช่องว่าง ความชื้นและคุณภาพของน้ำ

2.3.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ใต้ผิวดิน(Subsurface Geophysics Investigation) เป็นวิธีการสำรวจโดยการหย่อนอุปกรณ์สำหรับวัดค่าทางฟิสิกส์ไปในหลุมเจาะ เพื่อหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินและชั้นหิน คุณภาพน้ำ ปริมาณน้ำ ความลึกและความหนาของชั้นน้ำหรือโครงสร้างทางกายภาพของหลุมเจาะ การหยั่งธรณีฟิสิกส์ ใต้ผิวดินอาจจะประกอบด้วยเทคนิคมากมายหลายวิธี ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลต่อเนื่องจากผิวดินถึงก้นหลุมเจาะ สามารถหาความสัมพันธ์หรือเปรียบเทียบได้ด้วยข้อมูลที่เก็บจากหลุมเจาะนั้น ข้อมูลสามารถแสดงออกเป็นกราฟในจอคอมพิวเตอร์หรือเก็บบันทึกไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ แล้วนำไปแปลความได้ง่ายและสะดวก

1) การหยั่งความต้านทานไฟฟ้าหลุมเจาะ (Borehole Resistivity log) ขั้วกระแสไฟฟ้าและขั้วต่างศักย์ไฟฟ้าสามารถหย่อนลงในหลุมเจาะที่ยังไม่ได้ลงท่อกรูบหรือท่อกันพัง เพื่อวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุที่อยู่รอบ ๆ หลุมเจาะ ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า การหยั่งความต้านทานไฟฟ้าหลุมเจาะ (resistivity log)

2) การหยั่งศักย์ไฟฟ้า (Spontaneous Potential) ศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ (Natural Potential) ของชั้นหินหรือชั้นดินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางฟิสิกส์ของสสารต่างกันสองชนิดที่สัมผัส

3. การเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน

Non-aqueous Phase Liquids (NAPLs) เป็นองค์ประกอบหนึ่งในปิโตรเลียมซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ได้มาจากธรรมชาติ โดยเกิดจากปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีของสารอินทรีย์ในชั้นใต้ดินลึกเป็นเวลานานนับพันปี ซึ่งสารประกอบของปิโตรเลียม เช่น ไฮโดรคาร์บอน และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ของไนโตรเจนซัลเฟอร์และออกซิเจน ปิโตรเลียมสามารถมีได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ, น้ำมันดิบ, และของแข็งยางมะตอย เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2546 โดยปิโตรเลียมนำไปเป็นเชื้อเพลิงเป็นส่วนมาก ถ้าให้เกิดการรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมตามที่ต่าง ๆ ปิโตรเลียมถูกกลั่นมาจากพวกน้ำมันดิบ โดยน้ำมันดิบสารประกอบประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน กับ ไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ ไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในน้ำมันดิบมี 3 ประเภท ปรกโมทย์ ไชยเวช, 2552

ของเหลวที่ไม่ละลายน้ำ(Non-aqueous Phase Liquids; NAPL's) ถูกพบอย่างมากในการปนเปื้อนชั้นใต้ดินและน้ำใต้ดิน โดยถูกปลดปล่อยออกจากสถานกำจัดมูลฝอยอันตรายและสถานกำจัดมูลฝอยชุมชนที่ถูกใช้งานมานานหรือมีระบบการจัดการที่มีซึ่งส่วนมากปัญหา

การปนเปื้อน NAPLs นี้เกี่ยวข้องกับคาร์บอนที่ระเหยของท่อหรือบรรจุภัณฑ์ของปิโตรเลียม ท่อที่เกิดจากการกัดกร่อน ปอบาดาลที่ร้าง และอุบัติเหตุต่าง ๆ (Testa, 1994; Cohen and Mercer, 1993) ซึ่ง NAPLs เหล่านี้ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินซึ่งเป็นปัญหาสำคัญเนื่องจาก NAPLs เกิดการตกค้างภายในชั้นดินและถ้าปริมาณ NAPLs มีมากพอก็จะสามารถก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ไปสู่ระดับน้ำใต้ดิน (water table) ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว โดยปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมการปนเปื้อนที่ต่างกัน คือ ความหนาแน่น ซึ่ง NAPLs สามารถถูกแบ่งประเภทได้ตามความหนาแน่นเมื่อเทียบกับน้ำโดยความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1 g/cm^3 (Testa, 1994) เนื่องจากน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งแยกตัวจากน้ำ โดยเรียกตามลักษณะของสารประกอบนี้ว่า non-aqueous phase liquid (NAPL) โดยมีการแบ่งชนิดของ NAPL ตามความหนาแน่นเป็น 2 ชนิดดังนี้

3.1 Light non-aqueous phase liquid (LNAPL) เป็นของเหลวชนิดที่มีน้ำหนักเบา คือมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำโดยทั่วไปจะลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

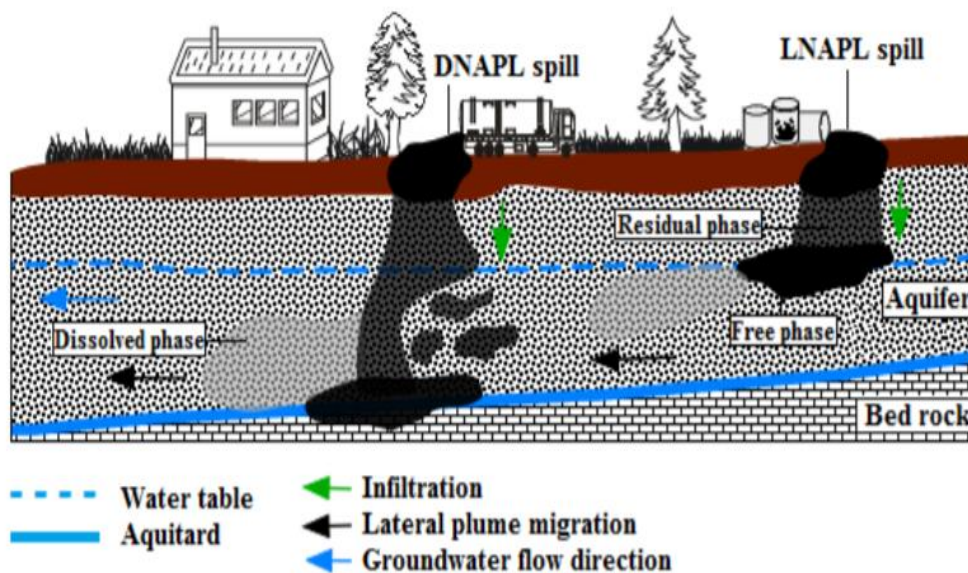
3.2 Dense non-aqueous phase liquid (DNAPL) เป็นของเหลวชนิดที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำโดยทั่วไปจะจมอยู่ใต้น้ำ เช่น chlorinated solvent

LNAPLs ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ($<1 \text{ g/cm}^3$) เมื่อเกิดการปนเปื้อนลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินจะเกิดสภาพการลอยอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน เรียกสารปนเปื้อนชนิดดังกล่าวว่า LNAPLs (Light Nonaqueous Phase Liquid) ชนิดของ LNAPLs ส่วนมากคือ ปิโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอน และผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการกลั่นเช่น gasoline, diesel และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง

NAPLs ที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ($>1 \text{ g/cm}^3$) เรียกว่า DNAPLs (Dense Non-aqueous Phase Liquid) ซึ่งเป็นสารประกอบประเภท chlorinated solvent (PCBs) และ tar ซึ่ง NAPLs แต่ละชนิดเกิดจากการผสมของสารที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากันได้อย่างหลากหลาย ซึ่งพฤติกรรมของ NAPLs นั้น ๆ ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสารที่เติมลงไปเป็น NAPLs ชนิดต่าง ๆ Hardisty and Özdemiroglu, 2005

การปนเปื้อน LNAPL และ DNAPL ส่วนมากเป็นการปนเปื้อนจากผิวดิน ซึ่ง NAPL จะเคลื่อนที่ตามแรงโน้มถ่วงของโลก ผ่านชั้นน้ำไม่อิ่มตัว และไหลลงจนถึงระดับน้ำใต้ดิน โดยพื้นที่ NAPL เคลื่อนที่ผ่าน จะมีเศษที่ถูกกักไว้ระหว่างช่องของอนุภาคตัวกลาง ซึ่งสารเหล่านี้

จะค่อย ๆ ละลาย ระเหย หรือถูกแทนที่ด้วยน้ำ LNAPLs เคลื่อนที่ไปสารปนเปื้อนนี้สามารถเกาะที่ผิวของอนุภาคเม็ดดินอย่างหลวม ๆ เรียกว่า sorbed contaminated (Pinder et al., 2006) ดังภาพ 5



ภาพ 5 ลักษณะการเคลื่อนที่ NAPLs ที่แบ่งแยกตามความหนาแน่น คือ LNAPLs และ DNAPLs

ที่มา: Mohamad, 2017

สารพิษและสารอันตราย

สารพิษและวัตถุอันตราย (hazardous substance) หมายถึง สารหรือวัตถุที่มีคุณสมบัติทางเคมีหรือทางกายภาพโดยตัวของมันเอง หรือเมื่อสัมผัสกับสารนั้นแล้วทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ต่อทรัพย์สินและต่อสิ่งแวดล้อม พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535, 29 มีนาคม 2535, หน้า 21

สารพิษที่ใช้หรือเก็บรักษาในบริเวณโรงงาน หากขาดการควบคุมที่ถูกต้องเหมาะสม อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม ได้แก่

1. ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน

สารประกอบ Hydrocarbon เป็นองค์ประกอบที่พบในน้ำมันปิโตรเลียม ส่วนมากเป็นสารประกอบ aliphatic และ aromatic ในสัดส่วนต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำมันดิบ สามารถจำแนกองค์ประกอบดังนี้

1.1 paraffins คือ กลุ่ม alkanes

1.2 olefins

1.3 naphthene

1.4 aromatics

สารประกอบกลุ่มหนึ่งที่พบมากในน้ำมันโซลิน คือ BTEX ซึ่งมักมีการตรวจวัดร่วมกับปริมาณไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (TPH) ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน เนื่องจากสารกลุ่มดังกล่าวสามารถละลายน้ำได้ดีและมีความเป็นพิษสูง

1. สารทำลาย สารละลายแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1 สารละลายที่ไม่มีฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบ

1.1.1 สารประเภทไฮโดรคาร์บอน

1.2 สารละลายที่มีฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบ

1.2.1 สารประกอบที่มีคลอรีน

1.2.2 Carbon tetrachloride ปัจจุบันยกเลิกการใช้

1.2.3 กลุ่ม ethane และ Ethene ใช้ทำความสะอาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1.2.4 กลุ่มสารประกอบ trichloroethylene ใช้ทำความสะอาดชิ้นส่วนที่ไม่

ต้องการให้เกิดคราบสารทำลายเหลือบนโลหะ

3. สารกำจัดศัตรูพืช สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

3.1 สารฆ่าแมลง (Insecticides)

3.1.1 สารกลุ่ม organochlorine ละลายได้ดีในไขมัน ซึมผ่านเปลือกนอกของแมลงได้ดี เช่น DDT, methoxychlor ,aldrin เป็นต้น ปัจจุบันยกเลิกการใช้สารกลุ่ม organophosphorus esters เป็นสารทำหน้าที่รบกวนการทำงานของระบบประสาทของแมลง เป็นพิษน้อยกว่ากลุ่มorganochlorine เช่น parathion and methyl parathion

3.1.2 สารกลุ่ม carbamate esters เป็นสารที่มีการตกค้างในธรรมชาติไม่นาน เป็นพิษต่ำ เช่น carbaryl , carbofuran and aldicarb เป็นต้น

3.2 สารกำจัดวัชพืช (herbicides)

3.2.1 สารกลุ่ม acid amides ควบคุมการงอกของเมล็ดโดยยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์ ได้แก่ alachlor and propanil

3.2.2 สารกลุ่ม aliphatic เป็นพืชต่อสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่รวมถึงมนุษย์

3.2.3 สารกลุ่ม phenoxy เป็นสารที่เป็นพิษสูง มีความเสถียรสูง สลายตัวได้เร็วในธรรมชาติ

3.2.4 สารกลุ่ม Substituted ureas เป็นสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างในดินได้นานประมาณ 1 ปี

3.2.5 สารกลุ่ม Triazines เป็นสารที่มีความเป็นพิษแบบพัวพันและเรื้อรังต่อมนุษย์

4. วัตถุระเบิด เป็นสารเคมีกึ่งเสถียร ที่สามารถเปลี่ยนสถานะของแข็งหรือของเหลวเป็นก๊าซอย่างรวดเร็วหลังถูกกระตุ้นหรือจุดระเบิด การเพิ่มความดันอย่างมากในระยะเวลาอันสั้นจากก๊าซที่รวมทั้งพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาทำให้เกิดระเบิด ได้แก่

4.1 Aliphatic nitrate esters เป็นกลุ่มที่รุนแรงที่สุด เกิดจากการทำปฏิกิริยาของ Polyhydric alcohol

4.2 Nitroaromatics เป็นกลุ่มสารที่ตกค้างนานและเป็นพิษมาก เช่น TNT

4.3 สารจุดชนวนระเบิด มีความอ่อนไหวต่อความร้อน แรงเสียดทาน แรงกระแทก หรือไฟฟ้าสถิต

5. สารตัวกลางในภาคอุตสาหกรรม

5.1 สารประกอบในกลุ่ม Aromatic เป็นหน่วยพื้นฐานในการสังเคราะห์สารที่มีโมเลกุลใหญ่

5.2 สารประกอบ Phthalate ester

5.3 สารประกอบ Chlorobenzene and Chlorophenol ใช้ในการสังเคราะห์สารกำจัดวัชพืช ยาปฏิชีวนะ พลาสติก

6. สารประกอบในกลุ่ม Polychlorinated biphenyls หรือ PCBs

เป็นสารสังเคราะห์ที่เสถียร ไม่ติดไฟ และไม่นำไฟฟ้าไปใช้ในหม้อแปลงและระบบไฮดรอลิก ซึ่งมีคลอรีนเป็นสารประกอบ มีผลทำให้เกิดการตกค้างและเป็นพิษในสิ่งแวดล้อม

7. สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ทั้งในรูปของธาตุโลหะ สารประกอบที่มีเกลือของโลหะและในรูปสารประกอบเชิงซ้อนกับสารอินทรีย์ ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำ ความเป็นพิษ การเคลื่อนที่ในสิ่งแวดล้อม การเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่ส่งผลสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เช่น สารหนู ตะกั่ว และแคดเมียม เป็นต้น

ซึ่งสารพิษและสารอันตรายกลุ่มใหญ่นั้นมีแหล่งกำเนิด จากกิจกรรมในภาคอุตสาหกรรม และการเกษตรโดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเคมี เชื้อเพลิง สารตัวทำละลายและสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งก่อให้เกิดเป็นปัญหาสารพิษปนเปื้อน รั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม

ประเภทความเป็นอันตรายของสารปนเปื้อน

ในการประเมินความเป็นอันตรายของวัตถุพิษ สารเคมี และของเสียในโรงงาน จำเป็นต้องพิจารณา องค์ประกอบของวัตถุพิษและสารเคมี เพื่อให้สามารถจำแนกองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ จากนั้นนำองค์ประกอบที่ได้มาจำแนกความเป็นอันตราย โดยขั้นตอนการพิจารณาประกอบด้วย

1. การพิจารณาความเป็นอันตรายในรูปสารก่อมะเร็งและการเป็นสารอันตรายที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ให้พิจารณาจากเอกสารอ้างอิงดังต่อไปนี้ไปตามลำดับ

ข้อมูลสารเคมีจาก International Agency for Research on Cancer IARC, 2012 เป็นข้อมูลสารเคมี ที่แสดงความเป็นอันตรายในรูปสารก่อมะเร็ง ซึ่งจำแนกเป็น

Group 1 : Carcinogenic to humans

Group 2A : Probably carcinogenic to humans

Group 2B : Possibly carcinogenic to humans

Group 3 : Not classifiable as to its carcinogenicity to humans

Group 4 : Probably not carcinogenic to humans

2. ข้อมูลรายการสารเคมีที่เป็นสารก่อมะเร็งของ U.S.EPA ซึ่งแบ่งประเภทของสารก่อมะเร็งดังนี้

Group A : เป็นสารก่อมะเร็งในคน (Human carcinogen)

Group B : น่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในคน (Probable human carcinogen)

Group B1 : มีหลักฐานจากการศึกษาด้านระบาดวิทยาที่จำกัดว่าเป็นสารก่อมะเร็ง

B2 : มีหลักฐานสนับสนุนเพียงพอจากการศึกษาในสัตว์ทดลองว่าเป็นสารก่อมะเร็ง แต่ไม่มีหลักฐานสนับสนุนไม่มีเพียงพอหรือไม่มีข้อมูลการศึกษาด้านระบาดวิทยาที่จำกัดว่าเป็นสารก่อมะเร็ง

Group C : อาจจะเป็นสารก่อมะเร็งในคน (Possible human carcinogen)

Group D : ไม่สามารถระบุประเภทในแง่ของการเป็นสารก่อมะเร็ง (Not classification as to health carcinogenicity)

Group E : มีหลักฐานสนับสนุนว่าไม่เป็นสารก่อมะเร็ง

เทคนิคทางหลักนิติวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เทคนิคทางนิติวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับการหาแหล่งที่มาของสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ที่นิยมใช้มีหลายเทคนิค ได้แก่ เทคนิคทางสถิติ การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การใช้หลักการของลายพิมพ์สารเคมี (chemical fingerprinting) การใช้ไอโซโทปรังสี และการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและ ภาพถ่ายดิจิทัล ซึ่งเทคนิคแต่ละเทคนิคมีความเฉพาะเจาะจง ขึ้นอยู่กับชนิดของ สารมลพิษ สภาพแวดล้อม และข้อมูลเบื้องต้นของสถานการณ์การปนเปื้อนนั้น

เทคนิคทางสถิติ โดยใช้ค่าทางสถิติมาประเมินความเป็นไปได้ของแหล่งที่มา โดยอาจใช้เป็นข้อมูลในการแยก แหล่งกำเนิด เช่น แยกระหว่างแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (anthropogenic sources) หรือแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (Natural sources) เช่น การเปรียบเทียบ (comparison) การใช้ correlation, regression analysis, multiple regression หรือ principal component analysis (PCA) เป็นต้น สำหรับข้อดีของเทคนิคทางสถิติ คือ เป็นวิธีการที่ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน รวดเร็วในการวิเคราะห์ ข้อมูล อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัด คือ ข้อมูลจากตัวแปรประเภทต่าง ๆ ต้องมากเพียงพอที่จะนำไป วิเคราะห์ทางสถิติ การวิเคราะห์ทางสถิติที่ง่ายที่สุดคือการเปรียบเทียบประชากร ซึ่งเป็นการใช้เปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่พบในพื้นที่ปนเปื้อน กับพื้นที่อ้างอิงที่ปราศจากการปนเปื้อนหรือเป็นพื้นที่ดั้งเดิมตามธรรมชาติ โดยวิธีนี้จะเป็นการบอกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสารปนเปื้อนที่พบกับค่าเฉลี่ยของสารชนิดเดียวกันในพื้นที่อ้างอิงโดยเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางสถิติเปรียบเทียบ เช่น t-test

เทคนิคลายพิมพ์ทางเคมี (Fingerprinting method) เทคนิคนี้จะใช้สำหรับบอกที่มาหรือแหล่งกำเนิดของสารที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง โดยในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเทคนิคลายพิมพ์นิ้วมือ สามารถระบุชนิดของสารมลพิษได้จากการวิเคราะห์โดยใช้

เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง เช่น Gas Chromatography Mass Spectrophotometer (GC-MS) โดยเฉพาะสารกลุ่มปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสารอินทรีย์แต่ละประเภทจะให้ลายพิมพ์ที่มีความเฉพาะเจาะจง

เทคนิคการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการจัดการที่มีประสิทธิภาพเครื่องมือหนึ่ง โดยเป็น การใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายพฤติกรรมหรือการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่ต้องการศึกษาและใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงเพื่อการวางแผนหรือแก้ปัญหา

แบบจำลองน้ำใต้ดิน (groundwater models) เป็นการจำลองชั้นน้ำใต้ดินหรือชั้นหินอุ้มน้ำในสภาพธรรมชาติเข้าสู่แบบจำลอง และจำลองระดับน้ำใต้ดิน การเคลื่อนที่หรือการไหลของน้ำใต้ดินด้วยข้อมูล ทำการประมวลผลแล้ว ค่าที่ได้จากการคาดการณ์ สอดคล้องกับค่าจริงจะสามารถนำแบบจำลองน้ำใต้ดินที่ได้ไปใช้ในการจัดการการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำใต้ดินได้

เทคนิคทางไอโซโทป ไอโซโทปของธาตุเป็นอะตอมที่มีจำนวนโปรตอน (เลขอะตอม) เท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน อิเล็กตรอนจะเป็นส่วนที่แสดงคุณสมบัติทางเคมีของอะตอม ในอะตอมที่เป็นกลางจะมีจำนวนอิเล็กตรอน เท่ากับเลขอะตอม และมวลอะตอมเป็นผลรวมของโปรตอนกับนิวตรอน ในธรรมชาติมีธาตุทั้งหมด 92 ธาตุ และมีไอโซโทปเสถียรประมาณ 275 ไอโซโทป สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย, 2557 การวิเคราะห์สารปนเปื้อนสามารถหาได้จากการหาอายุของตะกอนดินหรือน้ำใต้ดิน (Dating) นอกจากนี้ สัดส่วนของไอโซโทปยังสามารถบอกแหล่งที่มาของสารปนเปื้อนได้ เช่น สารปนเปื้อนอินทรีย์ที่มีแหล่งที่มาเดียวกัน สัดส่วน % modern carbon ควรจะใกล้เคียงกัน

เทคนิคทางกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เทคนิคนี้ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัณฐานวิทยาของสารปนเปื้อน เช่น ถ้ำลอย แร่ใยหิน รวมทั้งโลหะหนักบางชนิด สามารถบอกและเปรียบเทียบ รูปทรงสัณฐานของสารปนเปื้อนได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะสารปนเปื้อนบางประเภทที่มีรูปทรงผลึกเฉพาะตัว แต่สามารถใช้เทคนิคนี้ ได้กับสารปนเปื้อนที่เป็นของแข็งมีผลึกชัดเจนเท่านั้น และไม่สามารถใช้กับสารมลพิษอินทรีย์ได้

การประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยง เป็นขั้นตอนที่ระบุลำดับความเสี่ยงของอันตรายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของงานที่ครอบคลุมสถานที่ เครื่องจักร อุปกรณ์ บุคลากร และขั้นตอนการทำงานที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยความเสียหายต่อทรัพย์สิน ความเสียหาย

ต่อสิ่งแวดล้อม หรือสิ่งต่าง ๆ รวมกัน ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงหลักการ และวิธีการประเมิน ความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัย และความปลอดภัย รวมทั้งอธิบายถึงความจำเป็นที่ต้องประเมิน ความเสี่ยงการประมาณระดับความเสี่ยงโดยคำนึงถึง ความรุนแรงและโอกาสที่จะเกิด อันตราย เพื่อนำมาพิจารณาว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ หรือยอมรับไม่ได้ และการวางแผน ควบคุมความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้

คำจำกัดความ

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)	หมายถึง	กระบวนการ การประมาณระดับความ เสี่ยง และการตัดสินใจ ว่าความเสี่ยงนั้นอยู่ใน ระดับที่ยอมรับได้หรือไม่
ความเสี่ยง (Risk)	หมายถึง	ผลลัพธ์ของความน่าจะเป็นเกิดอันตราย และ ผลจากอันตรายนั้น (อุบัติเหตุ หรือ อุบัติการณ์)
การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification)	หมายถึง	กระบวนการ ในการรับรู้ถึงอันตรายที่มี อยู่ และการกำหนดลักษณะของอันตราย
อันตราย (Hazard)	หมายถึง	แหล่งหรือสถานการณ์ที่อาจก่อให้เกิด การบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วย ความ เสี่ยงของทรัพย์สิน ความเสียหายต่อ สิ่งแวดล้อมหรือสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้รวมกัน
อุบัติเหตุ (Accident)	หมายถึง	เหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดคิดไว้ล่วงหน้า ซึ่งมี ผลให้เกิดการเสียชีวิต ความเจ็บป่วย การ บาดเจ็บ ความเสียหาย หรือความสูญเสีย อื่น ๆ
บาดเจ็บ ความเสียหาย หรือความ สูญเสียอื่น ๆ ความเจ็บป่วยจากการ ทำงาน	หมายถึง	ความเจ็บป่วยที่ได้พิจารณาว่า มีสาเหตุ จากกิจกรรม การทำงาน หรือสิ่งแวดล้อม ของที่ทำงาน

กระบวนการประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงอย่างมีประสิทธิภาพ องค์กรควรจะดำเนินการตามเกณฑ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. จำแนกประเภทของกิจกรรมของงาน

เขียนชนิดของกิจกรรมที่ปฏิบัติหน้าที่อยู่ และให้เขียนขั้นตอนปฏิบัติงานของแต่ละกิจกรรม โดยให้ครอบคลุมสถานที่ทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ บุคลากร รวมทั้งทำการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าว

1.1 ชี้บ่งอันตราย

ชี้บ่งอันตรายทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง แต่ละกิจกรรมของงาน พิจารณาว่าใครจะได้รับอันตรายและจะได้รับอันตรายอย่างไร

1.2 กำหนดความเสี่ยง

ประมาณความเสี่ยงจากอันตรายแต่ละอย่าง โดยสมมุติว่ามีการควบคุมตามแผน หรือตามขั้นตอนการทำงานที่มีอยู่ ผู้ประเมินควรพิจารณาประสิทธิผลของการควบคุม และผลที่เกิดจากความล้มเหลวของการควบคุม

1.3 ตัดสินว่าความเสี่ยงยอมรับได้หรือไม่

ตัดสินว่า แผนหรือการระวางป้องกันด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่มีอยู่ (ถ้ามี) เพียงพอที่จะจัดการอันตรายให้อยู่ภายใต้การควบคุมและเป็นไปได้ตามข้อกำหนดตามกฎหมายหรือไม่

1.4 เตรียมแนวปฏิบัติการควบคุมความเสี่ยง (ถ้าจำเป็น)

หากพบว่า ขั้นตอนปฏิบัติข้อใดมีความหละหลวมไม่ถูกต้อง และต้องการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดระดับหรืออัตราความเสี่ยงลงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เตรียมแผนงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ ที่พบในการประเมินหรือที่ควรเอาใจใส่ องค์กรควรแน่ใจว่าการควบคุมที่จัดทำขึ้นใหม่และที่มีอยู่เดิมมีการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ทบทวนความเสี่ยงของแผนปฏิบัติการ

ประเมินความเสี่ยงใหม่ด้วยวิธีการควบคุมที่ได้มีการปรับปรุง และตรวจสอบว่าความเสี่ยงนั้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

ข้อกำหนดในการประเมินความเสี่ยง

1. แต่งตั้งผู้บริหารระดับสูงขององค์กร เพื่อส่งเสริมและจัดการกิจกรรมการประเมินความเสี่ยง
2. ปรึกษากับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องว่าควรวางแผนทำอะไร แล้วขอความคิดเห็นและคำมั่นสัญญา

3. กำหนดความต้องการของการฝึกอบรม การประเมินความเสี่ยงสำหรับบุคลากร หรือกลุ่มบุคคลที่เป็นผู้ประเมินแล้วจัดให้มีโครงการฝึกอบรมอย่างเหมาะสม

4. ทบทวนความเพียงพอของการประเมิน ให้กำหนดว่ารายละเอียดความเข้มงวดของการประเมินเหมาะสมและเพียงพอหรือไม่

5. จัดทำเอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการ และสาระสำคัญที่พบจากการประเมิน

การประเมินความเสี่ยงในทางปฏิบัติ

กระบวนการประเมินความเสี่ยงนี้ จะครอบคลุมอันตรายของระบบอาชีพอนามัยและความปลอดภัยทั้งหมดเป็นการที่จะรวบรวมการประเมินความเสี่ยงทั้งหมดเข้าไว้ด้วยกัน ไม่ควรแยกแผนการประเมินอันตรายเกี่ยวกับสุขภาพอนามัย การเคลื่อนย้าย การขนส่งวัสดุ สิ่งของด้วยแรงคน อันตรายจากเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์อื่น ๆ ถ้าเราแยกการประเมินออกเป็นเรื่อง ๆ โดยใช้วิธีการที่แตกต่าง การจัดลำดับความสำคัญของการควบคุมความเสี่ยง จะทำได้ยากขึ้น

หัวข้อประเมินความเสี่ยงที่จำเป็นต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบตั้งแต่เริ่มแรก มีดังนี้

1. การกำหนดรูปแบบง่าย ๆ สำหรับใช้ในการประเมินความเสี่ยง
2. เกณฑ์ของการแบ่งกิจกรรมของงาน และข้อมูลที่เป็นของแต่ละกิจกรรม
3. วิธีการชี้บ่งและการจัดลำดับความรุนแรงของอันตราย
4. ขั้นตอนการกำหนดความเสี่ยง
5. คำอธิบายการประมาณระดับความเสี่ยง
6. เกณฑ์การตัดสินใจว่า ความเสี่ยงนี้ยอมรับได้หรือไม่ และมาตรการที่วางแผนไว้หรือที่มีอยู่เพียงพอหรือไม่
7. กำหนดช่วงเวลาในการปรับปรุงแก้ไขตามความจำเป็น
8. วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมความเสี่ยง
9. เกณฑ์ของการทบทวนความเพียงพอของแผนงาน

รูปแบบการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment Pro-Forma)

องค์กรควรมีการเตรียมรูปแบบง่าย ๆ ที่สามารถใช้เพื่อการบันทึกสิ่งที่ค้นพบจากการประเมินโดยทั่วไป จะครอบคลุมถึง

1. กิจกรรมของงาน (Work Activity)
 2. อันตรายที่อาจเกิดขึ้น (Hazards)
 3. มาตรการควบคุมที่มีอยู่ (Control in place)
 4. บุคคลที่มีโอกาสเสี่ยง (Personnel at risk)
 5. สิ่งที่น่าจะก่อให้เกิดอันตราย (ความเป็นไปได้ในการเกิดอันตรายนั้นมีมากน้อยเพียงใด)
 6. ความรุนแรงของอันตราย
 7. ระดับความเสี่ยง
 8. สิ่งที่ต้องการทำภายหลังการประเมิน
 9. รายละเอียดทั่วไป เช่น ชื่อผู้ประเมิน วันที่ประเมิน ฯลฯ
- องค์กรควรจะมีการพัฒนาทุกขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง และทบทวนระบบอย่าง
- ต่อเนื่อง ดังนี้
1. จำแนกประเภทของกิจกรรมของงาน (Classify work activities)

ขั้นตอนเริ่มต้นที่จำเป็นของการประเมินความเสี่ยง คือ การทำรายการกิจกรรม เพื่อแบ่งกลุ่มอย่างเหมาะสม และสามารถบริหารข้อมูลนั้นได้ วิธีการแบ่งแยกประเภทกิจกรรม ให้พิจารณาถึงสิ่งต่อไปนี้

 - 1.1 ลักษณะภูมิประเทศภายใน หรือภายนอกสถานที่ทำงาน
 - 1.2 ขั้นตอนในกระบวนการผลิต หรือการให้บริการ
 - 1.3 แผนงานและผลของงาน
 - 1.4 กำหนดภารกิจ เช่น การประกอบรถจักรยานยนต์ การผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์
- เป็นต้น
2. การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification)

การชี้บ่งอันตรายควรพิจารณาจากคำถาม 3 ข้อ ดังนี้

 - 2.1 มีแหล่งกำเนิดของอันตรายหรือไม่
 - 2.2 ใคร หรืออะไร ที่ได้รับอันตราย
 - 2.3 อันตรายจะเกิดขึ้นอย่างไร อันตรายที่ไม่ปรากฏผลเด่นชัด หรือมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดอันตรายน้อยมาก ไม่จำเป็นต้องเขียนขั้นตอนปฏิบัติเป็นเอกสาร หรือจำเป็นต้องดำเนินการอะไรต่อไป

การแบ่งแยกประเภทของอันตรายอย่างกว้าง ๆ

เพื่อช่วยในการบ่งชี้อันตราย อาจแบ่งแยกประเภทของอันตรายในลักษณะต่าง ๆ ตามหัวข้อดังนี้

1. เครื่องจักรกล อันตรายจากเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ บั่นจั่นหม้อน้ำ
2. ไฟฟ้า อันตรายจากกระแสไฟฟ้า เครื่องใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้า
3. รังสี อันตรายจากสารที่มีกัมมันตภาพรังสี
4. สารเคมี อันตรายจากสารเคมีอันตราย วัตถุอันตราย หรือสารเคมีอื่น ๆ
5. อัคคีภัยและการระเบิด อันตรายจากไฟไหม้ แก๊ส LPG ระเบิด สารเคมีและวัตถุอันตรายระเบิด

6. อันตรายจากธรรมชาติ ฝนตก น้ำท่วม พายุร้อน พายุผ่า แผ่นดินไหว

7. อื่น ๆ ได้แก่ อันตรายจากมลภาวะต่าง ๆ เช่น อากาศเป็นพิษ ระดับเสียงเกินกว่าที่กำหนด แสงสว่างต่ำกว่าหรือเกินมาตรฐาน อันตรายจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยและสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ได้แก่ การหยอกล้อเล่นกันในขณะทำงาน การฝ่าฝืนกฎระเบียบความปลอดภัย มีคราบน้ำมันบนพื้น การใช้งานพาหนะที่ชำรุดเสียหาย อันตรายจากที่สูง

3. การกำหนดความเสี่ยง (Determine risk)

ความเสี่ยงจากอันตราย ควรพิจารณาจากหลักเกณฑ์ดังนี้

3.1 ความรุนแรงของการบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วย

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับจากกิจกรรมการทำงาน เป็นสิ่งที่จำเป็นที่สุดที่จะต้องนำไปใช้ในการประเมินความเสี่ยง เมื่อต้องการประเมินความรุนแรงของการบาดเจ็บหรือความเจ็บป่วย ควรพิจารณาจาก สิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1.1 ส่วนของร่างกายที่ได้รับผลกระทบ

3.1.2 ลักษณะของการบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วย โดยเรียงลำดับจากน้อยไป

หามาก

- 1) การบาดเจ็บหรือความเจ็บป่วยเล็กน้อย
- 2) การบาดเจ็บ/เจ็บป่วย เล็กน้อย ชั้นปฐมพยาบาล (ไม่ถึงขั้นหยุดงาน)
- 3) ทรัพย์สินเสียหายเล็กน้อย มีมูลค่าไม่เกิน 5,000 บาท

3.2.1 การบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วยระดับปานกลาง เช่น

- 1) การบาดเจ็บ/เจ็บป่วยถึงขั้นหยุดงาน แต่ไม่ถึงขั้นพิการทุพพลภาพ
- 2) ทรัพย์สินเสียหายมากกว่า 5,000 บาท แต่ไม่เกิน 100,000 บาท

3.3.1 การบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วยรุนแรง

1) การบาดเจ็บ / เจ็บป่วยถึงขั้นหยุดงานพิการ สูญเสียอวัยวะ และเสียชีวิต

2) ทรัพย์สินเสียหายมีมูลค่ามากกว่า 100,000 บาท

3.2 สิ่งที่น่าจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วย (ความเป็นไปได้ของการบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วยที่อาจจะเกิดขึ้น)

เมื่อทำการค้นหาสิ่งที่น่าจะทำให้เกิดการบาดเจ็บ หรือความเจ็บป่วย ต้องมีการพิจารณาความเพียงพอของมาตรการควบคุมที่ได้นำไปใช้ และรวบรวมขึ้น ข้อกำหนดตามกฎหมายและหลักปฏิบัติที่เหมาะสม

ข้อมูลพื้นฐานที่ควรนำมาพิจารณาเพิ่มเข้าไปในข้อมูลกิจกรรมของงาน ได้แก่

1. จำนวนพนักงานที่อยู่ในความเสี่ยงนั้น
 2. ความถี่และช่วงระยะเวลาที่สัมผัสอันตราย
 3. ความบกพร่องของการให้บริการต่าง ๆ เช่น ระบบไฟฟ้า น้ำประปา ระบบ Air Supply การจ่ายลม เป็นต้น
 4. ความบกพร่องของส่วนประกอบของอาคารสถานที่ เครื่องจักร อุปกรณ์ และอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น สัญญาณแจ้งเหตุฉุกเฉินทำงานผิดพลาด อุปกรณ์ความปลอดภัยของเครื่องจักรชำรุด เป็นต้น
 5. การสัมผัสกับสิ่งที่มีอันตราย
 6. ประสิทธิภาพและความเพียงพอของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอัตราการใช้ของอุปกรณ์เหล่านั้น
 7. การกระทำที่ไม่ปลอดภัย การชอบเสี่ยง และการจงใจไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบและขั้นตอนการทำงาน เช่น
 - 7.1 ไม่รู้ว่าอะไรคือ ความเสี่ยงและอันตราย
 - 7.2 ขาดความรู้ สภาพร่างกายที่ไม่เอื้ออำนวย หรือขาดความชำนาญในงานที่ทำ
 - 7.3 ประเมินความเสี่ยงต่ำกว่าความเป็นจริง
 - 7.4 ประมาทวิธีการทำงานและสิ่งอำนวยความสะดวกไว้ต่ำเกินไป
- ความเสี่ยงที่กล่าวมาแล้วนั้น ต้องคำนึงถึงจำนวนพนักงาน และจำนวนบุคคลอื่น ๆ ด้วย เช่น ผู้รับเหมา ผู้ผลิตชิ้นส่วน ถ้ามีจำนวนคนมากขึ้น ความเสี่ยงก็ย่อมมากขึ้น แต่ในมุมกลับกันงานที่มีความเสี่ยงสูงมีคนทำงานเพียงคนเดียววันนั้นก็ย่อมเป็นไปได้
4. การเตรียมแผนปฏิบัติการควบคุมความเสี่ยง

การควบคุมอันตรายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดอันตรายนั้น ๆ ซึ่งควรดำเนินการเป็นลำดับแรก แต่หากไม่สามารถปฏิบัติได้หรือยังมีความเสี่ยงอยู่ ควรพิจารณากำหนดมาตรการควบคุมที่ทางผ่านระหว่าง แหล่งกำเนิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงาน แล้วจึงพิจารณามาตรการควบคุมที่ผู้ปฏิบัติงาน

5. ทบทวนความเพียงพอของแผนปฏิบัติการ

ควรมีการทบทวนแผนปฏิบัติการก่อนนำไปใช้งานจริง โดยการตอบคำถามต่อไปนี้

- 5.1 เมื่อมีการปรับปรุงแล้ว ระดับความเสี่ยงลดลงจนยอมรับได้หรือไม่
- 5.2 ผลจากการปรับปรุงตามข้อ 1 ก่อให้เกิดอันตรายขึ้นใหม่หรือไม่
- 5.3 ได้เลือกวิธีการแก้ไขปัญหาคู่ค้าที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลหรือไม่
- 5.4 มาตรการควบคุมที่ใช้เป็นที่ยอมรับของผู้ปฏิบัติงาน และสามารถนำไปปฏิบัติได้หรือไม่ จะมีการนำมาตรการนี้ไปใช้ และจะไม่ถูกละเลยเมื่อเผชิญหน้ากับภาวะต่าง ๆ หรือไม่ ถ้ามีงานเร่งด่วนอาจจะละเลยมาตรการที่ต้องปฏิบัตินั้น เป็นต้น

การกำหนดมาตรการในการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนดินและน้ำใต้ดิน

การป้องกันการปนเปื้อนดินและน้ำใต้ดินจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ สำหรับโรงงานได้ ดังนี้

มาตรการประยุกต์ใช้กฎหมายและข้อกำหนดในการควบคุมการปนเปื้อน มาตรการด้านการควบคุมการปนเปื้อน เป็นมาตรการที่มุ่งเน้นในแง่ของการควบคุมป้องกัน โดยการใช้ระเบียบข้อบังคับ กฎหมาย หรือข้อกำหนดในการควบคุมที่แหล่งกำเนิดที่มีโอกาสที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนที่ต้นทาง (Point source)

ทบทวนข้อกำหนดสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเครื่องใช้แล้ว เช่น

1. บังคับใช้กฎหมายเพื่อควบคุมการปนเปื้อนดินและน้ำใต้ดิน
2. จัดทำข้อกำหนดในการดำเนินการ
3. คัดเลือกแหล่งที่มาของน้ำมันเครื่องใช้แล้วเพื่อลดความสกปรกและปริมาณสารอันตราย
4. จัดทำทะเบียนของเสีย และเอกสารระบุความเป็นอันตราย (MSDS) ของของเสียแต่ละชนิด
5. ระบุความเป็นอันตรายของสารเคมีโดยติดฉลากไว้ที่ภาชนะบรรจุ

6. จำแนกและจัดเก็บของเสียตามชนิดและคุณสมบัติโดยมีสายรัดภาชนะเพื่อป้องกันการล้นของถังบรรจุ

7. จัดตั้งทีมงาน HAZOP เพื่อทำการจำแนกและวิเคราะห์สารเคมีและกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

8. จัดให้มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการปฏิบัติงานตามมาตรฐานสากลที่ถูกต้อง

9. ดำเนินตามกฎหมายเรื่องการควบคุมการระบายน้ำทิ้ง การจัดการกากอุตสาหกรรมและมลพิษอากาศอย่างเข้มงวด

1. การควบคุมป้องกันการรั่วไหล

มาตรการการประยุกต์ใช้ขอบกัน (Bund)

การปรับปรุงสภาพพื้นที่โดยสร้างขอบกันของเสียรั่วไหลออกนอกอาคารและมีความเหมาะสมโดย พิจารณาการก่อสร้างขอบกัน (bund)

ข้อกำหนดในการตรวจประเมินขอบกัน (bund) เพื่อป้องกันการรั่วไหลมีดังนี้

1.1 ขนาดความจุของขอบกัน อย่างน้อยประมาณร้อยละ 120 ของความจุของถังที่ใหญ่ที่สุดในพื้นที่

1.2 สำหรับของเหลวไวไฟ ต้องมีขนาดความจุอย่างน้อยร้อยละ 133 ของถังบรรจุที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

1.3 ถ้าวัสดุบรรจุในถังขนาดเล็ก พื้นที่ของขอบกันต้องมีอย่างน้อยร้อยละ 25 ของปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในพื้นที่

1.4 วัสดุที่ใช้สำหรับรองพื้นขอบกัน ต้องมีความแข็งแรง ทนทาน เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถป้องกันการรั่วไหลของสารออกไปสู่สิ่งแวดล้อม

1.5 ความสูงของขอบกัน ระหว่าง 0.5 ถึง 1.5 เมตร ขึ้นอยู่กับความจุและระยะห่างจากถังที่ใกล้ที่สุดถึงผนังโดยระยะห่างจากถังถึงผนังต้องมีค่ามากกว่า 1 เมตร

1.6 ภายในขอบกัน ต้องมีบ่อรวบรวมของเหลว (sump) ซึ่งต้องไม่ต่อเข้ากับระบบท่อรวบรวมหรือวางระบายน้ำฝนต้องไม่มีวาล์วระบายจากขอบกัน

1.7 การประเมินการรั่วซึมภายในขอบกัน ให้ประเมินจากการขังของน้ำฝนใน bund เมื่อมีฝนตกหนัก หากไม่มีน้ำฝนค้างอยู่แสดงว่าขอบกัน มีการรั่วไหล

2. การดำเนินการตามข้อกำหนดการติดตั้งถังใต้ดิน

2.1 ถังใต้ดินต้องเป็นถังโลหะที่ป้องกันการกัดกร่อนของประจุบวกได้ ป้องกันการกัดกร่อนได้

2.2 ท่อรวบรวมสารเคมีต้องออกแบบและก่อสร้างอย่างถูกต้อง พร้อมทั้งต้องมีวัสดุป้องกันการกัดกร่อน เช่น เคลือบด้วย Fiberglass-Reinforced Plastic (FRP) เป็นต้น

2.3 เพื่อป้องกันการหกหล่นออกจากถัง ต้องมีระบบการปิดทางเข้าอัตโนมัติ เมื่อความจุของถังเท่ากับร้อยละ 95

3. ข้อกำหนดการกักเก็บโดยถังใต้ดินเพื่อป้องกันการรั่วซึม

3.1 ถังบนดิน ต้องวางไว้บนกำแพงกันซึมและต้องมีระบบการตรวจสอบการรั่วไหล

3.2 การควบคุมและป้องกันการกัดกร่อน ต้องมีการใช้วัสดุเคลือบที่ทนการกัดกร่อน ป้องกันสารประจุบวก และยั้งยั้งสารเคมีทั้งด้านบนและด้านล่างของถัง ส่วนท่อใต้ดินต้องเคลือบด้วย FRP หรือเหล็กป้องกันประจุบวก และต้องป้องกันการกัดกร่อนได้อย่างน้อย 30 ปี

3.3 secondary containment ช่วยป้องกันสิ่งแวดล้อม จากการหกหล่นจากท่อระบายของถัง การหกรั่วไหลจากข้อต่อ การรั่วไหลจากปั๊ม วาล์ว และข้อต่อของถัง การระบายทิ้งจากวาล์ว เป็นต้น

3.4 ถังบรรจุน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันเชื้อเพลิง ต้องเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบาง ๆ กันถึงจนประมาณ 2-3 ฟุตข้าง ๆ ถัง เนื่องจากอาจเกิดการกัดกร่อนเนื่องจาก sulfur reducing bacteria ผลิตภัณฑ์ซัลฟิวไรด์

4. มาตรการด้านการป้องกันการปนเปื้อนในพื้นที่

4.1 การเก็บกัก

4.1.1 ห้ามปนเปื้อนน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับน้ำมัน น้ำยาล้างเบรค น้ำยาล้างคาร์บูเรเตอร์หรือตัวทำละลาย เพราะปริมาณตัวทำละลายที่ปนเปื้อนเพียงเล็กน้อยจะทำให้น้ำมันเครื่องใช้แล้วกลายเป็นของเสียอันตราย

4.1.2 ปิดถังเก็บกักไว้ตลอดเวลาหากไม่มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใส่หรือการจัดวัสดุ

4.1.3 หากเก็บไว้ในถัง ต้องเว้นระยะทางเดินระหว่างถังเพื่อให้สามารถตรวจสอบได้

4.1.4 ติดตั้งภาชนะบรรจุชั้นสอง (secondary containment) เพื่อป้องกันการปล่อยน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วไปสู่สิ่งแวดล้อม

4.2 ปรับปรุงพื้นที่กระบวนการผลิตเป็นระบบปิด โดยสร้างกำแพงล้อมรอบและติดตั้งระบบรวบรวมและระบายอากาศบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน

4.3 เทพื้นคอนกรีตหรือปูพื้นด้วยแผ่นพลาสติกตลอดแนวท่อน้ำเสีย (HDPE)

4.4 ขุดลอกตะกอนดินและคราบน้ำมันในรางระบายน้ำฝน

4.5 ปลุกต้นไม้และมีกำแพงกันลม (Wind Fence) ที่มีระยะห่างจากพื้นที่โดยรอบโรงงานประมาณ 3 เมตร

4.6 การจัดการการหกรั่วไหล พยายามป้องกันการหกรั่วไหลเมื่อมีการถ่ายเทจากรถขนส่งหากพบว่ามี การหกน้ำมันไปใส่ในถังที่มีสารดูดซับบรรจุอยู่หรือหว่านตัวดูดซับบนน้ำมัน

การบำบัดและฟื้นฟูที่เหมาะสมกับการปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน

องค์ประกอบหลักเป็นสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน หรือ ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ทั้งหมด (petroleum hydrocarbons/ total petroleum hydrocarbons, TPH) และอาจมีองค์ประกอบอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ โลหะหนักบางชนิดได้แก่ สารหนู แคดเมียม โครเมียม สังกะสี และตะกั่ว ในการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนที่มีทั้งสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน และโลหะหนัก มีความจำเป็นต้องดำเนินการเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากการกำจัดสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนก่อน ทั้งนี้เนื่องจากสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน จะส่งผลกระทบต่อวิธีการกำจัดโลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน

การปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนจากอุตสาหกรรมนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วในสิ่งแวดล้อมทั้งในดินและน้ำใต้ดินทั้งโดยตั้งใจและไม่ได้ตั้งใจส่วนใหญ่เกิดในแหล่งที่มีการใช้เชื้อเพลิง เช่น สถานีบริการน้ำมัน และในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำมันดิบเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะบริเวณถังกักเก็บเชื้อเพลิงใต้ดิน (under storage tank, UST) ซึ่งถ้าเกิดมีการรั่วไหลของสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนจากถังกักเก็บลงดินและซึมลงสู่น้ำใต้ดินเกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและมีความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนอย่างสูง โดยเฉพาะสารบางตัวที่มีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง เช่น เบนซีน (benzene) เป็นต้น ดังนั้นเมื่อพบการปนเปื้อนของสารดังกล่าวควรรีบทำการฟื้นฟู (remediation) อย่างรวดเร็วที่สุดแนวทางปฏิบัติและฟื้นฟูดินปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักคือ

1. การประเมินก่อนบำบัดและฟื้นฟู

การประเมินก่อนการบำบัดและฟื้นฟูเป็นขั้นตอนเริ่มต้นเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจในการเลือกวิธีฟื้นฟู โดยจะเป็นการศึกษาลักษณะของพื้นที่ปนเปื้อน (Contaminated site characteristics) ได้แก่ ชนิดและปริมาณของสารปนเปื้อนซึ่งในที่นี้คือ ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ลักษณะของพื้นที่ ชนิดของดิน ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำและลักษณะทางเคมีของดิน โดยเฉพาะธาตุอาหาร

2. การเลือกวิธีการฟื้นฟู

การเลือกวิธีการฟื้นฟูดินปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนจะดูจากค่าความเข้มข้นของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด (total petroleum hydrocarbon, TPH) ในดิน และลักษณะทางกายภาพและเคมีของพื้นที่เป็นหลัก ได้กำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูน้ำมันปนเปื้อนให้มีค่าความเข้มข้นของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในดินอยู่ในช่วง 5-10% (w/w) หรือประมาณ 50,000-100,000 มิลลิกรัมปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนต่อน้ำหนักดินแห้ง 1 กิโลกรัม วิธีการฟื้นฟูที่นิยมใช้คือ วิธีการสกัดไอดิน เป็นวิธีการทางกายภาพ-เคมี การฟื้นฟูการปนเปื้อนโดยใช้สารออกซิแดนท์ (Chemical Oxidation) ซึ่งเป็นวิธีการทางเคมี และการฟื้นฟูทางชีวภาพ (bioremediation)

3. แผนการฟื้นฟู

แผนการฟื้นฟูเป็นการวางแผน ชนิดของสารเคมีที่จะต้องใช้ ปริมาณที่ต้องเติมในพื้นที่ ความถี่ที่ต้องเติมวิธีการตรวจวัดประสิทธิภาพของวิธีการฟื้นฟู

4. การประเมินเมื่อสิ้นสุดโครงการฟื้นฟู

เป็นการวิเคราะห์การย่อยสลายและประสิทธิภาพการบำบัดของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งวิเคราะห์ด้านนิเวศและพิษวิทยาที่มีผลจากสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนและสารที่ใช้เติมลงไปในการฟื้นฟู

เทคนิควิธีการฟื้นฟูดินปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน เทคนิควิธีการฟื้นฟูดินปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่นิยมใช้ คือ

1. วิธีการสกัดไอดิน เป็นวิธีการกายภาพ - เคมี

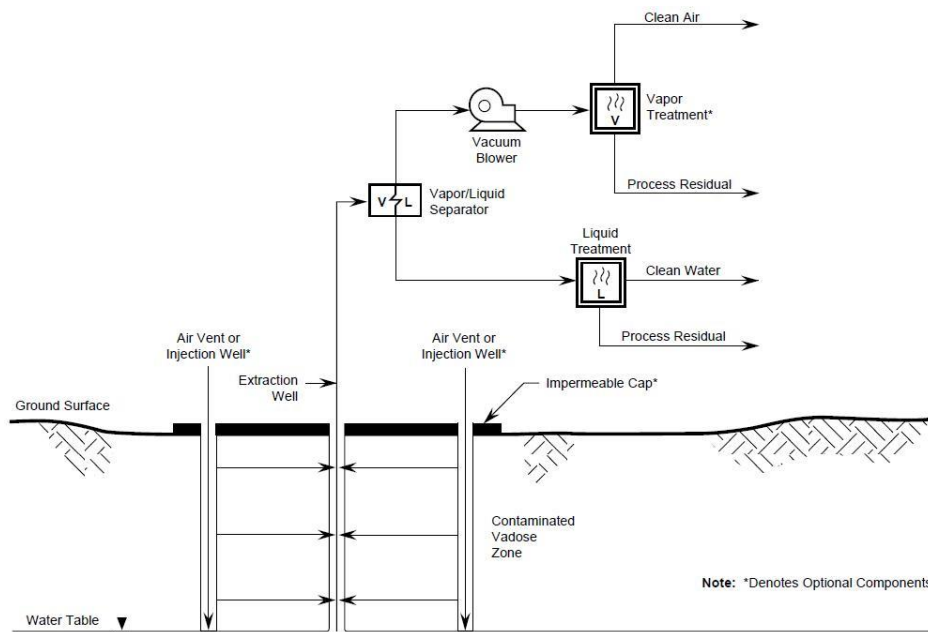
การสกัดไอดิน การสกัดไอดิน (Soil Vapor Extraction, SVE) หรือที่รู้จักกันในชื่อของ Vacuum extraction, in situ volatilization, soil venting, in situ aeration และ Air Sparging (AS) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนสารมลพิษที่มีคุณสมบัติในการระเหย โดยเฉพาะสารระเหยอินทรีย์ (volatile organic compounds, VOCs) และสารอินทรีย์ระเหยบางส่วน (semi-volatile organic compounds, semi VOCs) และสารไฮโดรคาร์บอน พวกน้ำมันเชื้อเพลิง หรือ น้ำมันดิบ เป็นต้น ที่ปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน สารอันตรายที่ปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินที่สามารถฟื้นฟูได้โดย SVE และ AS แสดงในตาราง 1

ตาราง 1 VOCs Considered to be Amenable to SVE

Volatiles	Semivolatiles	Hydrocarbon
Benzene	Chlorobenzene	Gasoline
Toluene Xylene	Dichlorobenzene	Jet fuel
Ethylbenzene	(DCB) Trichloro	Diesel
Hexane	propane	Kerosene
Chloroform		Heavy
Methylene chloride		Naphtha
PCE (Tetrachloroethylene)		
TCE and DCE		
TCA (Trichloroethane)		
MEK (methyl ethyl		

ที่มา: United States Army Corps of Engineers (USACE), 2002

วิธีการทั้งสองนี้เป็นวิธีการที่ง่ายและต้นทุนในการติดตั้งและบำบัดต่ำ โดย SVE ใช้สำหรับบำบัดดินที่มีการปนเปื้อน โดยใช้ Vacuum pump ทำการบีบอากาศผ่านบ่อสกัดไอ (extraction well) แล้วดูดไอของสารปนเปื้อน ขึ้นมาผ่านระบบบำบัดอากาศเสียที่ตั้งอยู่ด้านบน ในขณะที่ AS ใช้ในการฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่มีการปนเปื้อน โดยใช้ Blower อัดอากาศลงไปใต้น้ำเพื่อเพิ่มการระเหยของสารปนเปื้อนเหล่านั้น ให้สารเหล่านั้นระเหยจากน้ำใต้ดินสู่ดินไปในส่วนที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำแล้วทำการดูดออกผ่านบ่อสกัดไอเหมือนกับใน SVE แสดงในภาพ 6



ภาพ 6 Soil Vapor Extraction

ที่มา: United States Army Corps of Engineers (USACE), 2002

ข้อดีของระบบ SVE

1. SVE สามารถบำบัดสารปนเปื้อนในพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยใช้พื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์เพียงเล็กน้อย
2. ราคาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ SVE ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการฟื้นฟูชนิดอื่น โดยเฉพาะวิธีการ เคลื่อนย้ายดินออกนอกพื้นที่ (Excavation) หรือ การเผา (Incineration)
3. ใช้เวลาในการบำบัดสั้น (6 เดือน ถึง 2 ปี)
4. สามารถติดตั้งเทคโนโลยีการบำบัดแบบอื่นเพิ่มเติมได้ เช่น ติดตั้งเครื่องเติมสารเคมี (Chemical oxidation techniques)

ข้อเสียเปรียบของการใช้ SVE

1. ประสิทธิภาพของระบบที่จะให้ได้มีประสิทธิภาพเกินกว่า 90 % เป็นไปได้ยาก
2. ประสิทธิภาพจะต่ำ ถ้าระบบใช้ในดินที่มีการระบายอากาศต่ำ (Low permeability soil)
3. อาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการบำบัดสารระเหยในอากาศที่ออกมาจากระบบ
4. ใช้สำหรับบำบัดใน Unsaturated zone เท่านั้น

2. การฟื้นฟูการปนเปื้อนโดยใช้สารออกซิเดชัน (Chemical Oxidation) ซึ่งเป็นวิธีการทางเคมีกระบวนการออกซิเดชันทางเคมี (chemical oxidation) เป็นกระบวนการลดพิษ (detoxify) ของสารปนเปื้อนในที่นี้คือ ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน โดยการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของสารปนเปื้อนให้อยู่ในรูปของ สารที่มีพิษน้อยลง อาทิเช่น ใช้สาร oxidizing agent ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) โอโซน (O_3) เปอร์แมงกาเนต (MnO_4^-) เปอร์ซัลเฟต ($S_2O_8^{2-}$) และคลอรีน เป็นต้น มาทำลายโครงสร้างของสารมลพิษอินทรีย์จนได้คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยกระบวนการออกซิเดชันทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม ทั้งในที่ (in situ chemical oxidation, ISCO) และกระบวนการ advanced oxidation process (AOP) อาทิเช่น ฟenton ออกซิเดชัน (Fenton oxidation) การใช้โอโซน การใช้โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) และ Activated sodium persulfate ($Na_2S_2O_8$)

3. การฟื้นฟูทางชีวภาพ (bioremediation) อาทิเช่น Land farming Composting และ Bio pile การฟื้นฟูพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนด้วยวิธีทางชีววิทยาเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ สำหรับพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของสารปนเปื้อนต่ำ วิธีการนี้ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน และง่ายสำหรับผู้ปฏิบัติงานเมื่อเทียบ กับวิธีทางเคมี หรือ วิธีทางฟิสิกส์เคมี (ตาราง 2) โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเทคนิคการฟื้นฟูดินที่มีการปนเปื้อน ได้แก่ land treatment unit, composting และ biopile

การทำฟาร์มดิน (Landfarming) กระบวนการทำฟาร์มดิน (landfarming) หรือเรียกว่า biological land treatment เป็นวิธีการหนึ่ง ทางการเกษตรที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ไม่อันตราย โดยมีขั้นตอนอย่างง่ายคือ นำของเสียไปฝังไว้ในพื้นที่แล้ว ทำการไถพรวนเพื่อผสมผสานของเสียกับดิน จากนั้นทำการเติมอากาศให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ตาราง 2 แสดงกลไกทางกายภาพ เคมี และ ชีวภาพที่เหมาะสมกับสารปนเปื้อน

Mechanisms	Organics	Oil	Metals	Inorganic acid, bases, and salts
Precipitation	✓		✓	✓
Ion Exchange	✓		✓	✓
Neutralization	✓			✓
Volatilization	✓	✓		
Migration	✓	✓	✓	✓
Fixation			✓	
Adsorption	✓		✓	✓
Biological degradation	✓	✓	✓	
Chemical degradation	✓	✓	✓	
Plant uptake	✓		✓	

ที่มา: ดัดแปลงจาก LaGrega et al., 2001

ข้อดีของระบบ LFU

1. ระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้อุปกรณ์น้อยชิ้นใช้การย่อยสลายตามธรรมชาติจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

2. ง่ายต่อการดำเนินงาน

3. การลงทุนต่ำ

ข้อเสียของระบบ LFU

1. สารปนเปื้อนอาจเกิดการรั่วไหลออกนอกพื้นที่จากการไหลบ่าหน้าดินหรือลงสู่หน้าใต้ดินจากการชะ

2. อาจจะต้องใช้พื้นที่มาก ถ้าสารปนเปื้อนมีปริมาณมาก

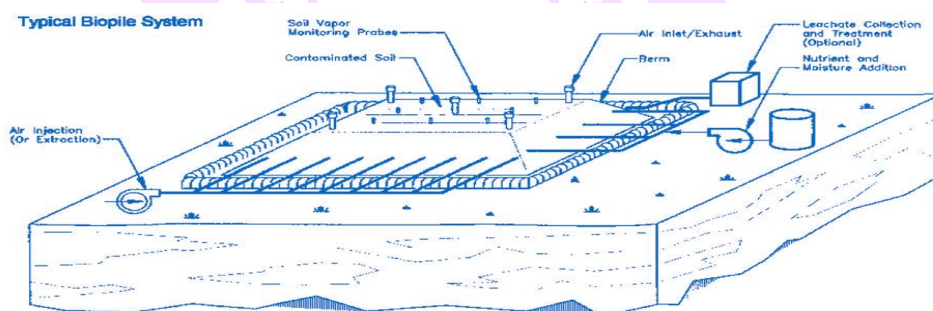
3. สารปนเปื้อนที่มีความเป็นพิษสูง หรือ มีความเข้มข้นมากไม่เหมาะสมกับ LFU เนื่องจากจุลินทรีย์ดินอาจ ตายหรือไม่สามารถเจริญเติบโตในสภาวะดังกล่าว

การหมักทำปุ๋ย (Composting) การหมักทำปุ๋ยสำหรับการฟื้นฟูลิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปสารมลพิษอินทรีย์ที่ปนเปื้อนให้ เป็นปุ๋ย หรือ สารอินทรีย์ที่อยู่ในสภาพ

เสถียร (stable human-like material) ซึ่งจะลดความเป็นพิษของสารปนเปื้อน นั้น การหมักทำปุ๋ยของสารปนเปื้อนนั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ

1. มีปริมาณของจุลินทรีย์เพียงพอ
2. มีปริมาณอากาศเหมาะสม
3. มีอุณหภูมิที่เหมาะสม
4. มีความเป็นกรดต่างที่เหมาะสม
5. มีความชื้นที่เหมาะสม
6. มีธาตุอาหารที่เพียงพอ

การทำแกลวชีวภาพ (Biopile) การทำแกลวชีวภาพ (Biopile) หรือเป็นที่รู้จักในนามของ biocells, bioheaps, biomounds และ compostpiles เป็นระบบผสมผสานระหว่างระบบ land farming unit และ ระบบ composting โดยระบบจะคล้ายเป็นการติดตั้ง Static pile ขนาดใหญ่ลงบนพื้นที่ land farming ดังภาพ 7



ภาพ 7 Biopile system

ที่มา: Federal, 2004

ข้อดีของระบบการทำแถวชีวภาพ

1. ออกแบบง่ายไม่ซับซ้อน
2. ใช้สำหรับการบำบัดสารปนเปื้อนในระยะสั้น ระหว่าง 6 เดือน ถึง 2 ปี
3. ค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก
4. สามารถออกแบบให้เป็นระบบปิด และ ป้องกันไอระเหยได้
5. ต้องการพื้นที่น้อยกว่าการทำฟาร์มดิน (Land farming unit)
6. การดูแล (maintenance) ไม่ยุ่งยาก
7. เหมาะสมสำหรับสารปนเปื้อนที่มีอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพช้าข้อเสียของ

ระบบ Bio pile

1. ถ้าต้องการประสิทธิภาพในการลดลงของสารปนเปื้อนมากกว่า 95% และความเข้มข้นของสารปนเปื้อน อย่างต่ำน้อยกว่า 0.1 ppm เป็นไปได้ยาก
2. ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนพวกปิโตรเลียมสูง และมีการปนเปื้อนของโลหะหนักสูง ถ้าสารปนเปื้อนมีความเข้มข้นสูง ระบบการทำแถวชีวภาพจะไม่มีประสิทธิภาพ
3. ถ้าสารที่ปนเปื้อนนั้นมีความสามารถในการระเหย อัตราการระเหยของสารปนเปื้อนอาจสูงกว่าอัตรา การย่อยสลายทางชีวภาพในการทำแถวชีวภาพ
4. ต้องการการปูพื้นเพื่อป้องกันการรั่วไหล หรือ การชะของสารปนเปื้อน

แนวทางปฏิบัติและฟื้นฟูดินปนเปื้อนโลหะหนัก

1. การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนด้วยพืช (Phytoremediation)

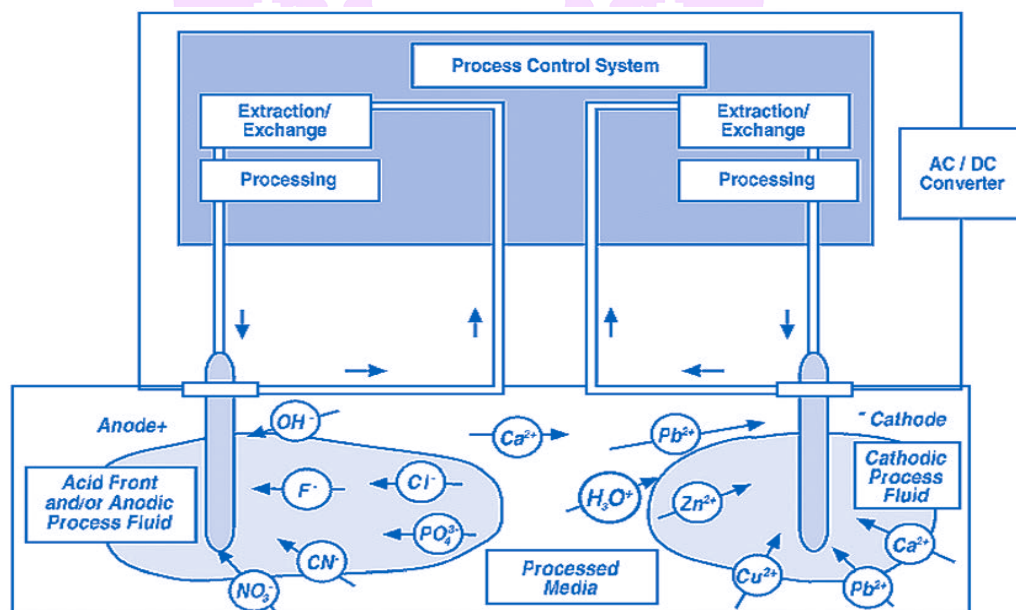
การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนด้วยพืช (Phytoremediation) เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้จัดการพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักจากกิจกรรมมนุษย์ เช่น การทิ้งกากสารอันตราย มลพิษจากอุตสาหกรรม การใช้ปุ๋ยเคมี รวมทั้งกิจกรรมที่รบกวน ชั้นดินทำให้เกิดการปลดปล่อยโลหะหนักออกจากชั้นธรณีวิทยา เช่น กิจกรรมเหมืองแร่และกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น วิธีนี้มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างต่ำ การประยุกต์ใช้ระบบบำบัดด้วยพืชทำได้หลากหลาย โดยกระบวนการ Phytoextraction จะถูกใช้และได้รับการศึกษามากที่สุด โดยในทุกกรณี

ข้อจำกัดของการบำบัดด้วยพืชคือ ความทนทานของพืชต่อโลหะหนัก ระดับความลึกที่บำบัดได้จะไม่ลึกไปกว่าระดับความลึกของรากพืชที่ยังลงไปในพื้นที่ดิน นอกจากนี้ จะต้องมีการบำรุงรักษาพื้นที่เพาะ ปลูกอย่างสม่ำเสมอ และในบางกรณีที่มีความเข้มข้นในพืชสูง ชิ้นส่วนของพืชที่ถูกเก็บเกี่ยวและปนเปื้อนอาจจะต้องถูก กำจัดอย่างถูกต้อง เช่น การเผาทำลายอย่าง

ถูกต้องแล้วนำเอาที่ได้จากการเผาซึ่งมีโลหะหนักอยู่ไปใช้ประโยชน์ หรือ กำจัดโดยการฝังกลบ เพื่อลดการแพร่กระจายของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อม

2. การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนด้วยไฟฟ้า เคมี (Electrokinetic Separation; ES)

การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนด้วยไฟฟ้า เคมี (Electrokinetic Separation; ES) (ภาพ 8) เป็นวิธีที่ใช้หลักการไฟฟ้าเคมีในการช่วยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันที่ขั้วไฟฟ้าโดยการเดินกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ที่เหมาะสม ทั้งนี้มีข้อจำกัดคือ ประสิทธิภาพลดลงมาก ถ้าของเสียที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 10% ดินที่มีวัตถุที่เป็นโลหะหรือ เป็นฉนวนอาจทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินแปรปรวน และไม่เหมาะสมกับตะกอนที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูง เช่น ตะกอนแร่ขี้ ฟ้าไฟโลหะ อาจเกิดการละลายซึ่งจะทำให้เกิดสนิม หรือการกัดกร่อนในดินได้ อาจทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการได้ เช่น ก๊าซคลอรีน จากปฏิกิริยา Oxidation/reduction



ภาพ 8 แสดงเทคโนโลยีฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนด้วยไฟฟ้าเคมี

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1997

3. การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนด้วยวิธีการปรับเสถียร (Solidification/ Stabilization) การปรับเสถียรพื้นที่ปนเปื้อนเป็นการผสมสารเติมแต่งซึ่งอาจจะเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์

ลงไปในพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อตรึงโลหะหนักไว้ ทำให้โลหะหนักละลายออกมาน้อยลงทำให้อยู่ในรูปที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ไม่ได้ วิธีนี้ ทำได้ง่ายแต่จะใช้ได้ชั่วคราวและต้องมีการเติมสารเติมแต่งสม่ำเสมอ ทั้งนี้ ปริมาณ ชนิด และอัตราการเติมสารเติมแต่ง จะต้องได้รับการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการหรือในระบบนำร่องในภาคสนามเสมอ เพื่อทดสอบว่าโลหะหนักที่ถูกชะออกมาจากดินลดลงและทดสอบว่ามีผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ ของดินหรือไม่ โดยจะขึ้นกับ วัตถุประสงค์การใช้ประโยชน์ดินในพื้นที่นั้น สารเติมแต่งที่มีการใช้งาน เช่น ปุ๋ยคอก ซีโอไลท์อะพาไทต์ (Apatite) ซึ่งเป็นแร่ที่อยู่ในกลุ่มฟอสเฟตพบได้ทั่วไปในแหล่งแร่ดิบ กไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite) ซึ่งเป็นสารประกอบ แคลเซียมฟอสเฟต ปูนขาว เป็นต้น ทั้งนี้มีข้อจำกัดคือ การใช้ประโยชน์พื้นที่ในอนาคต อาจรบกวนมวลของแข็งที่ถูกฝังใน ดิน และอาจทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของสารปนเปื้อนได้ บางกระบวนการอาจเป็นการเพิ่มปริมาตรของเสียได้อย่างมาก (อาจถึง 2 เท่าของปริมาตรเดิม) ควรมีการศึกษาความสามารถในการบำบัดของกระบวนการที่จะใช้ เนื่องจากของเสียบางชนิดไม่สามารถใช้ได้กับวิธีนี้ได้ การขนส่งสาร/วัสดุในการทำ S/S และการกวนผสมที่ดีอาจทำได้ยากกว่าการทำนอก พื้นที่มวลของแข็งที่ได้จากกระบวนการนี้อาจเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์พื้นที่ในอนาคตการปนเปื้อนที่อยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดิน อาจต้องมีการลดระดับน้ำหรือสูบน้ำออกก่อน

ตรวจเอกสาร

อุตสาหกรรมหลอมหล่อเศษและอะลูมิเนียม เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนส่งเสริมจากภาครัฐฯ ในขณะเดียวกัน อุตสาหกรรมดังกล่าวอาจสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีปัจจัยเสี่ยงต่อความปลอดภัยจากกากตะกอนจากการหลอมอะลูมิเนียมจะมีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ได้แก่ อะลูมิเนียม ออกไซด์อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ โลหะอะลูมิเนียม ฟลักซ์ที่ใช้แล้ว และสิ่งสกปรกต่าง ๆ เมื่อสัมผัสกับความชื้นในอากาศ หรือน้ำ อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์และก๊าซแอมโมเนีย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554) ซึ่งเป็นก๊าซพิษ หากสูดดมจะเกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจทำให้หายใจไม่ออกได้อย่างเฉียบพลันทำให้เนื้อเยื่อของเยื่อเมือกและบริเวณทางเดินหายใจส่วนบนถูกทำลายอย่างรุนแรง อาจทำให้เกิดอาการบวมน้ำได้

ปัจจุบันน้ำมันปิโตรเลียมนอกจากจะใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อก่อพลังงานแล้ว ยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบ สารตั้งต้นและตัวทำละลายที่สำคัญ สำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทำให้มีความต้องการใช้น้ำมันปิโตรเลียมเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ตามการขยายตัวของอุตสาหกรรม

ต่าง ๆ ซึ่งโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม ต้องใช้น้ำมันปิโตรเลียม เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการหลอมอะลูมิเนียม หนึ่งในปัญหาที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น คือ ปัญหาการรั่วไหลปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งน้ำมันปิโตรเลียม มีลักษณะของเหลวที่ไม่ใช้น้ำและเบากว่าน้ำ เมื่อปนเปื้อนสู่หน้าใต้ดินจะรวมตัวกันอยู่เหนือชั้นน้ำใต้ดิน เนื่องจาก น้ำมันปิโตรเลียม มีอัตราการละลายน้ำต่ำ ทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน วรณัฐ ศรีพงษ์พิจิตร และจีมา ชมสุรินทร์, 2549 จากกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 ระบุว่า โรงงานที่กำหนดในท้ายกฎกระทรวงนี้ ที่จัดอยู่ในรายการที่ 12 ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 จึงได้ดำเนินการให้มีการติดตั้งและตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินและจัดการให้การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินต้องไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของบุคคลและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและลดความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัยและสิ่งแวดล้อม ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2559

จิราวรรณ อารังศรีกุล (2557) ศึกษาแหล่งที่มาของการปนเปื้อนในน้ำบาดาล โดยใช้เทคนิควิเคราะห์องค์ประกอบกับอุทกธรณีเคมี ได้ศึกษาพื้นที่บริเวณจังหวัดพิจิตรและเพชรบูรณ์พบว่า จากตัวอย่างน้ำบาดาล 47 บ่อ ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 (ฤดูร้อน) และพฤศจิกายน 2556 (ฤดูฝน) พบว่าในพื้นที่สามารถแบ่งชั้นน้ำได้เป็น 3 ชั้นได้แก่ ชั้นหินร่วนและเอียง (Qfd) ชั้นหินที่เกิดจากการผุพังและมีองค์ประกอบบางส่วนมาจากภูเขาไฟ (Vw) และชั้นหินภูเขาไฟ (Vm) การศึกษาพบว่ามี 4 พารามิเตอร์ที่มีค่าเกินมาตรฐานได้แก่ แมงกานีส เหล็ก นิเกิลและสารหนู ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นสารประกอบที่มีไนเร่หิน น้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่พบโซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม โพแทสเซียมและอะลูมิเนียม มีปริมาณมากจากการสลายตัวของแร่ Feldspar ที่มีการสะสมตัวอยู่ในพื้นที่ศึกษา จากการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่า ไนเตรต ฟอสเฟต และ โซดาไนท์ มีปริมาณสูงในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรม โดยสาเหตุน่าจะเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เนื่องจากในพื้นที่ศึกษามีการทำเกษตรจำพวกข้าวและข้าวโพด ดังนั้นการปนเปื้อนในน้ำบาดาลในพื้นที่จึงเกิดจากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่

โคมสุตา โสมสกุล และพงศักดิ์ หนูพันธ์ (2553) สารอินทรีย์ในกลุ่ม Dense Nonaqueous Phase Liquid หรือ DNAPLs ถูกใช้เป็นสารละลายในการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบของโลหะที่ใช้ในกระบวนการผลิตของกิจการอุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมผลิตโลหะ รวมถึงถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อาทิเช่น สี กาวแล็กเกอร์ และหมึกพิมพ์ทำให้สารในกลุ่ม DNAPLs เข้ามา

มีบทบาทสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมเป็นเหตุให้ต้องนำเข้าไปในปริมาณสูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันไม่มีระบบการจัดการที่ดีของสารในกลุ่มนี้จึงมีการรั่วไหลทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารในกลุ่ม DNAPLs ลงสู่ดินและน้ำใต้ดิน โดยมีสาเหตุเกิดจากการจัดการที่ไม่รัดกุมตั้งแต่การเคลื่อนย้าย การเก็บ และการบำบัดที่ไม่ถูกหลักวิชาการ สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นมีอยู่ในหลายพื้นที่ของประเทศไทยและเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ เนื่องจากสารในกลุ่ม DNAPLs สามารถเกิดการดูดซับ (Adsorption) ไว้ในดินและในส่วนที่เกาะติดอยู่ตามรอยแตกที่สามารถละลายออกมาอย่างช้า ๆ ได้ในภายหลังทำให้น้ำใต้ดินเกิดการปนเปื้อน ดังนั้นหากไม่รีบดำเนินการวางแผนในการแก้ไขปัญหามลพิษในกลุ่ม DNAPLs พบว่าเป็นปัญหาลึกลับที่แฝงตัวอยู่ในวงกว้างของประเทศไทยได้อย่างแน่นอน สารในกลุ่ม DNAPLs จัดเป็นสารก่อมะเร็งที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ในประเทศไทยผลกระทบต่อสารในกลุ่ม DNAPLs ต่อปัญหาลึกลับที่แฝงตัวเป็นประเด็นใหญ่ แต่ขาดบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินจากพื้นที่ที่ปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs สำหรับการบำบัดพื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อนสารในกลุ่ม DNAPLs การใช้วิธีการดูดซับด้วยพีชร่วมกับวิธีการใช้จุลินทรีย์บำบัดเป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะวิธีนี้มีราคาต่ำบำบัดต่อหน่วยต่ำแต่มีประสิทธิภาพสูง

Steen and Elton (1996) ศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบอินทรีย์จากน้ำมันที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม กลุ่มสารประกอบที่สำคัญที่พบในน้ำมัน ได้แก่ BTEX (Benzene, Ethyl benzene, Toluene and Xylene) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งอาจเป็นพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังได้ การปนเปื้อนลงสู่ดินและน้ำใต้ดินส่วนมากมีสาเหตุสำคัญที่ คือ การรั่วไหลของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมจากถังเก็บที่รั่ว เช่น แก๊สโซลีน เชื้อเพลิงดีเซล น้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันเตา ด้วยคุณสมบัติของสารประกอบอินทรีย์คือมีความเป็นขี้ และมีความสามารถในการละลายน้ำได้ ดังนั้น เมื่อเกิดการรั่วไหลของสารอินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม สามารถส่งผลให้ปนเปื้อนลงสู่ดินและน้ำใต้ดินได้

Zhendi Wang, et al. (2006) ศึกษา biomarkers ในกลุ่มของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนโดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟี (GC / MS) เพื่อระบุชนิดสารปนเปื้อนดังนั้นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ biomarkers มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม ในแง่ของการกำหนดแหล่งที่มาของน้ำมันรั่วไหลความแตกต่างและสามารถหาแนวทางการแก้ไขได้ถูกต้องและรวดเร็ว

สิริอร ศรัทธาสมบูรณ์ (2554) ศึกษาแนวทางการฟื้นฟูดินและน้ำใต้ดินจากการปนเปื้อนสารปิโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอนของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศไทย โดยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกตัวแทนบริษัทผู้ค้าน้ำมัน พบว่าสาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนสาร

ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนลงสู่ดินและน้ำใต้ดินเกิดจากการรั่วไหลของถังเก็บน้ำมันใต้ดิน วิธีการควบคุมการปนเปื้อนที่ดีที่สุดคือการกำจัดสารปนเปื้อนออกนอกพื้นที่

Ananna Islam.et al. (2016) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันที่การรั่วไหล โดยนำน้ำใต้ดินจากบ่อที่ปนเปื้อนในพื้นที่ Bemidji ประเทศอเมริกาทดสอบหาสารปนเปื้อนจากการรั่วไหลของน้ำมัน วิเคราะห์โดยวิธี FTICR-MS ผลการศึกษาพบสารปนเปื้อน TPH ในช่วง C_{14} ซึ่งองค์ประกอบของน้ำมันดิบที่ปนเปื้อนในพื้นที่ Bemidji การวิเคราะห์โดย FTICR-MS ได้ยืนยันของสารตัวชี้วัดและระบุลักษณะโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ในระดับโมเลกุล เป็นวิธีที่รวดเร็วและแม่นยำในการทดสอบหาสารปนเปื้อนจากการรั่วไหลของน้ำมัน

เพชรสวัสดิ์ กันคำ (2553) ศึกษาหาพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่กวัง โดนใช้ปัจจัยทางภาพ 7 ปัจจัย คือ ระดับความลึกของน้ำใต้ดิน อัตราการเพิ่มเติมน้ำ ชั้นหินอุ้มน้ำความลาดชัน ประเภทดิน ชั้นที่ไม่อุ้มน้ำด้วยน้ำค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำซึมผ่านขอหินอุ้มน้ำและระดับความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อน โดยพิจารณาแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทสถานบริการน้ำมัน ซึ่งเป็นแหล่งที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดินจำสารอันตรายในกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยและกลุ่มโลหะหนัก ร่วมกับพื้นที่อ่อนไหวต่อการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินของน้ำใต้ดินในลุ่มน้ำแม่กวัง พบว่าพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนปานกลาง 71.52 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนในระดับน้ำน้อย 0.85 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนมากที่สุด พบ 0.89 ตารางกิโลเมตร ซึ่งแผนที่ความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อนสามารถช่วยในการวางแผนและกำหนดมาตรการป้องกันการปนเปื้อนน้ำใต้ดินในพื้นที่ได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับการประเมินการปนเปื้อน ได้แก่ กระบวนการผลิต การใช้สารเคมี ค่าความเป็นพิษ ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน สำหรับประเมินความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนลงสู่ดินและน้ำใต้ดิน

จำแนกประเภทสารเคมีอันตราย

จำแนกสารอันตรายออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. สารก่อมะเร็ง ตามที่กำหนดโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศ สหรัฐอเมริกา (US.EPA,1989) และองค์การวิจัยระหว่างประเทศเกี่ยวกับโรคมะเร็ง (IARC ,2012) (IARC, 2012) (IARC, 2012)

2. สารไม่ก่อมะเร็ง สารปนเปื้อนชนิดอื่นนอกเหนือจากสารก่อมะเร็งข้างต้น โดยอ้างอิงตามที่ระบุในกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดิน และน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559

ประเมินจัดความเสี่ยงสารเคมีอันตราย

การประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีในโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม ซึ่งพิจารณาจากองค์ประกอบของวัตถุอันตรายและองค์ประกอบสารต่าง ๆ ที่ปนอยู่ แหล่งข้อมูลดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในโรงงาน (EIA) และใบแจ้งเกี่ยวกับรายละเอียดสิ่งปนเปื้อนหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วสำหรับผู้ก่อกำเนิดสิ่งปนเปื้อนหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (แบบ สก.3) นำข้อมูลองค์ประกอบที่ได้มาจำแนกลักษณะสมบัติสารประกอบ โดยใช้การประเมินความเสี่ยงในงานอาชีพอนามัยเพื่อพิจารณาลักษณะความเป็นอันตรายของสารเคมี สามารถพิจารณาได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี(SDS) การประเมินความเสี่ยงสุขภาพตามแบบองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA,1989) พิจารณาค่าความเสี่ยงสารเคมีที่ก่อให้เกิดมะเร็งและสารเคมีที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง

(IARC ,2012) พิจารณาตามข้อมูลเบื้องต้น เพื่อประเมินศักยภาพของสารเคมีที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน โดยมีการประเมิน ทั้งหมด 4 มิติได้แก่

ตาราง 3 ระดับความรุนแรงของสารเคมี หากเกิดการรั่วไหลหรือเหตุฉุกเฉิน พิจารณาลักษณะความเป็นอันตรายของสารเคมี จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี(SDS)

ระดับ	ผลกระทบ	ผลกระทบของสารเคมี
1	ไม่มี	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
2	น้อย	ผลกระทบเล็กน้อย ไม่จำเป็นต้องรักษา ไม่มีผลต่อการปฏิบัติงาน
3	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อสุขภาพรุนแรง ต้องได้รับการรักษา หรือมีผลกระทบสะสมจากการสัมผัสในลักษณะซ้ำ ๆ หรือเป็นเวลานาน โดยไม่อันตรายถึงชีวิต
4	รุนแรง	ทำให้เกิดพิการหรือ เสียชีวิต

ที่มา: ดัดแปลง จากระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยหลักเกณฑ์การขั้บอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543, 18 พฤศจิกายน 2542

ตาราง 4 ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือของสารเคมี

ระดับ	ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือของสารเคมี	ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือของสารเคมี
1	น้อย	ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือน้อย ร้อยละ $0 \leq 24$
2	ปานกลาง	ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือปานกลาง ร้อยละ $25 \leq 49$
3	มาก	ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือมาก ร้อยละ $50 \leq 74$
4	มากที่สุด	ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือมากที่สุด ร้อยละ $75 \leq 100$

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559 , 29 พฤศจิกายน 2559, หน้า 4-7

ตาราง 5 ระดับความเป็นอันตรายสารเคมี (จำแนกประเภทสารก่อมะเร็งในคนโดยหน่วยงาน IARC และ US.EPA)

ระดับ	ความเป็นอันตรายในการก่อมะเร็ง	ความเป็นอันตรายสารเคมี
1	ไม่อยู่ในกลุ่มสารก่อมะเร็ง	ไม่พบในการจำแนกประเภทสารก่อมะเร็งในคนโดยหน่วยงาน IARC และ US.EPA
2	มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือได้ว่าไม่ก่อให้เกิดมะเร็งใน	พบในการจำแนกประเภทสารก่อมะเร็งในคนโดยหน่วยงาน IARC และ US.EPA ว่าเป็นประเภทสารก่อมะเร็งตาม IARC กลุ่ม 4 หรือ US.EPA กลุ่ม D, E
3	อาจจะเป็นสารก่อมะเร็ง	พบในการจำแนกประเภทสารก่อมะเร็งในคนโดยหน่วยงาน IARC และ US.EPA ว่าเป็นประเภทสารก่อมะเร็งตาม IARC กลุ่ม 3 หรือ US.EPA กลุ่ม B2, C
4	เป็นสารก่อมะเร็ง	พบในการจำแนกประเภทสารก่อมะเร็งในคนโดยหน่วยงาน IARC และ US.EPA ว่าเป็นประเภทสารก่อมะเร็งตาม IARC กลุ่ม 1, 2A, 2B หรือ US.EPA กลุ่ม A, B1

ที่มา: IARC, 2012

ตาราง 6 โอกาสที่จะปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

ระดับ	โอกาสปนเปื้อน	การจัดการป้องกันการปนเปื้อน
1	น้อย	มีระบบการจับเก็บสารเคมี/การจัดการของเสีย ตามที่กฎหมายกำหนด และจัดทำระบบ ISO14000
2	ปานกลาง	มีระบบการจับเก็บสารเคมี/การจัดการของเสีย ตามที่กฎหมายกำหนด
3	มาก	มีระบบการจับเก็บสารเคมี/การจัดการของเสีย แต่ไม่เป็นไปตามกฎหมายกำหนด
4	มากที่สุด	ไม่มีระบบการจับเก็บสารเคมี/การจัดการของเสีย

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559 , 29 พฤศจิกายน 2559, หน้า 4-7

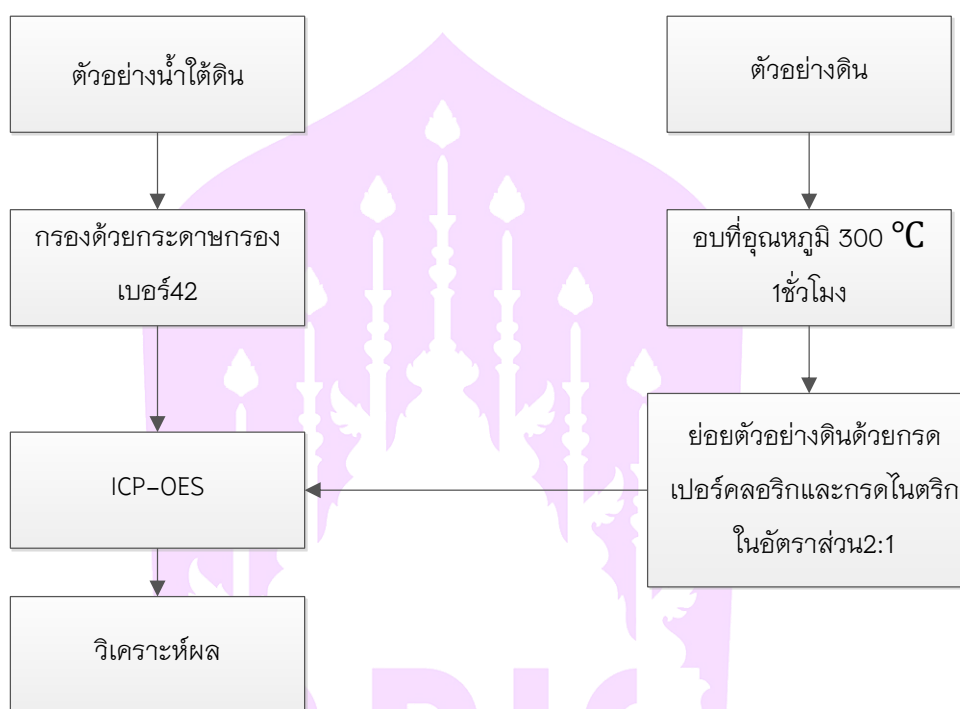
การสำรวจพื้นที่เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

พิจารณาจากพื้นที่ที่มีกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนดินมากที่สุดโดยอาศัยข้อมูลเดิมประวัติการใช้พื้นที่ของโรงงานประกอบกับความเป็นมาของพื้นที่เพื่อ ประเมินส่วนของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสูง โดยเฉพาะพื้นที่ที่ทราบว่ามีสารรั่วไหลหรือพื้นที่ที่มีการกองกากตะกอน น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและเกิดการปนเปื้อน เพื่อกำหนดตำแหน่งบ่อตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน

การตรวจติดตามกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนดินและน้ำใต้ดิน ทำได้โดยการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างที่ชัดเจน เทียบเคียงกับข้อมูลและแผนผังของโรงงาน แล้วจึงทำการขุดเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่เคยมีการปนเปื้อนมาก่อน จากนั้นส่งตัวอย่างไปทางห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ต่อไป ส่วนการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์น้ำใต้ดินภายในโรงงาน (monitoring well) ต้องประกอบด้วย 2 ประเภทคือ บ่อที่อยู่ในตำแหน่งเหนือน้ำเพื่อใช้เป็นบ่ออ้างอิงโรงงาน (up-gradient) และบ่อทำให้น้ำเพื่อใช้ในการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนจากกระบวนการ (down-gradient) โดยให้ครอบคลุมพื้นที่โรงงาน โดยเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในบ่ออ้างอิง และบ่อติดตามตรวจสอบ จากนั้นเทียบผล เพื่อประเมินหาแนวโน้มและระดับการปนเปื้อนของสารอันตรายสู่น้ำใต้ดิน

วิธีวิเคราะห์สารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

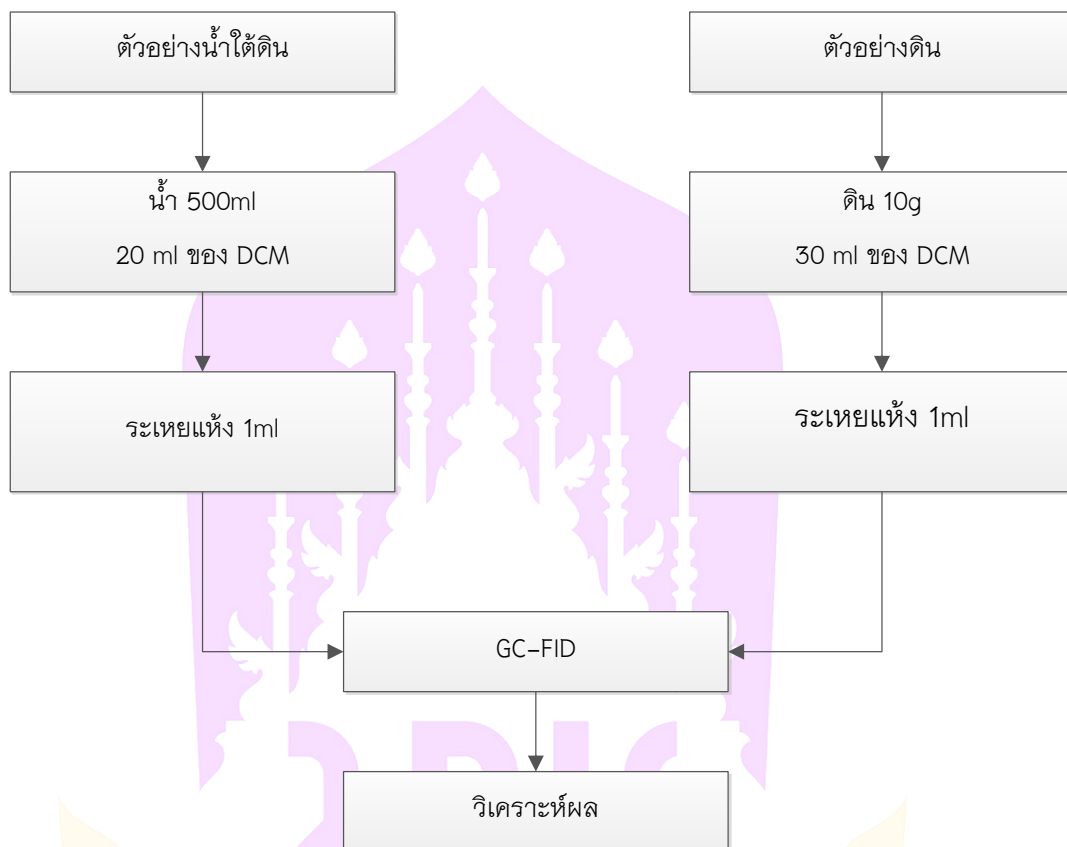
1. กระบวนการวิเคราะห์โลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน แสดงดังภาพ



ภาพ 9 กระบวนการวิเคราะห์โลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

5.2 กระบวนการวิเคราะห์ TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) ในดินและน้ำใต้ดิน
 ดังแสดงในภาพ



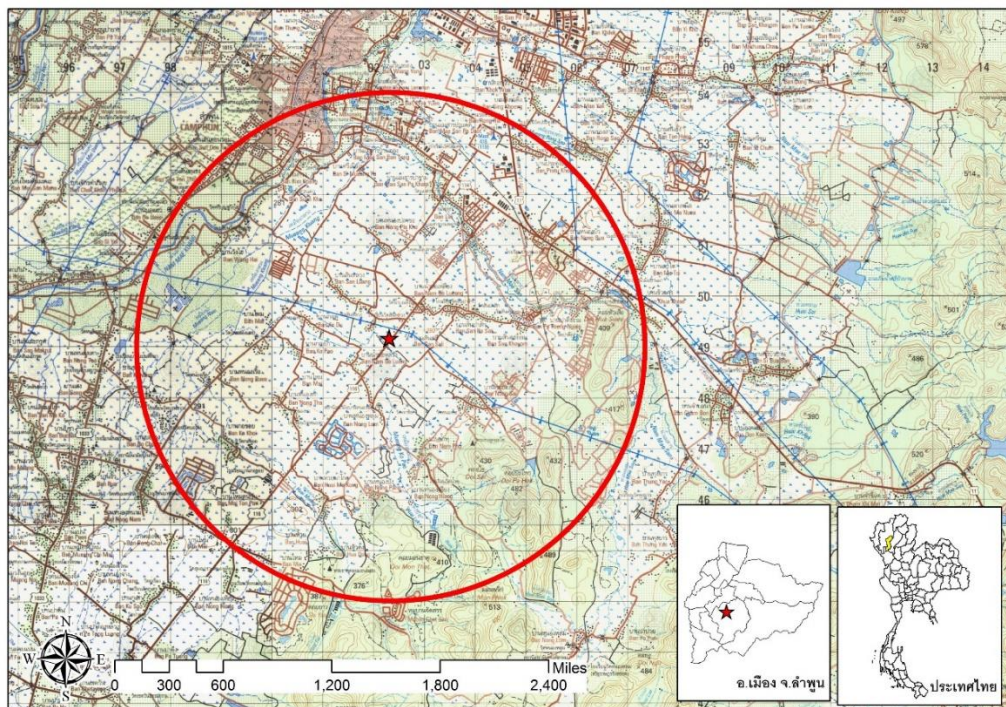
ภาพ 10 กระบวนการวิเคราะห์ TPH (Total Petroleum Hydrocarbon)
 ในดินและน้ำใต้ดิน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

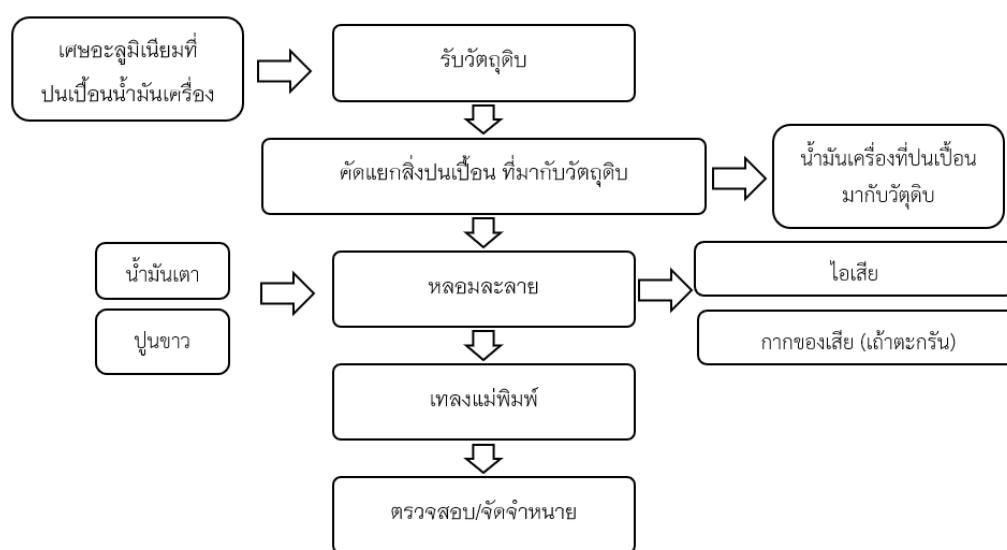
รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ที่ อ.เมือง จ.ลำพูน (รูปที่ 11) ประกอบกิจการโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียมที่ใช้แล้ว ซึ่งจัดอยู่ในโรงงานลำดับที่ 106 ประกอบกิจการเกี่ยวกับ หลอมหล่อโลหะจากเศษปนเปื้อนที่ใช้แล้ว และตระกรันโลหะ โดยได้นำระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9001:2000 และ ISO 14000:2004 มาใช้ สำหรับการบริหารงานของโรงงาน



ภาพ 11 พื้นที่โรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม

จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูล พบว่า ในกระบวนการผลิตของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม ดังภาพ 12 มีการนำเอาเศษอะลูมิเนียมที่มีน้ำมันปนเปื้อน เพื่อนำมาหลอมขึ้นรูปใหม่ พบว่ามีการใช้ สารเคมี การกักเก็บสารเคมีเพื่อใช้ในกระบวนการแปรรูปอะลูมิเนียม และของเสียภายในโรงงานที่เกิดจากกระบวนการผลิต ดังตาราง 7 และแสดงสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อจำแนกความเป็นอันตรายของสารปนเปื้อน ดังตาราง 8 โดยการทำสมดุลมวลสาร (mass balance) เพื่อให้เป็นแนวทางการในการจำแนกวัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการหรือเป็นกากของเสีย พบว่ากระบวนการผลิตของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม วัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการผลิตได้แก่ เศษอะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน, น้ำมันเตาและปูนขาว กากของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม ได้แก่ น้ำมันเครื่องที่ปนมากับเศษอะลูมิเนียม, ถ้ำตะกรันและไอเสีย



ภาพ 12 กระบวนการผลิตของโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551

ตาราง 7 รายการแสดงปริมาณการกักเก็บ การใช้ และปริมาณคงเหลือของ สารปนเปื้อนในโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม

ลำดับ	สารปนเปื้อน/สารเคมี	ปริมาณคงเหลือ	ปริมาณคงเหลือ	ร้อยละของ
		ต่อปี	สะสมต่อปี	ปริมาณคงเหลือ สะสมต่อปี
1	อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อน น้ำมัน	291,758 kg	291,758 kg	91.89084
2	น้ำมันเตา	25,091 L	316,849 L	7.902553
3	ปูนขาว	656 kg	317,505 kg	0.206611

จากตาราง 7 พบว่า โรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม มีการใช้ สารเคมี ปริมาณกักเก็บ สารเคมีและของเสียภายในโรงงาน คิดเป็นอะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน มีปริมาณคงเหลือ สะสมต่อปีสูงสุด 91.9% , น้ำมันเตา 7.9% และ ปูนขาว 0.2 % ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันที่ปนเปื้อนมาอะลูมิเนียม ได้นำเข้าเตาหลอมพร้อมอะลูมิเนียมทำให้ไม่มีส่วนที่เหลือค้าง

ตาราง 8 สารปนเปื้อนและการจำแนกความเป็นอันตรายของสารปนเปื้อน

ลำดับ	ชื่อสารปนเปื้อน	ลักษณะสมบัติสาร	
		ไม่อันตราย(Non- Hazard)	อันตราย(Hazard)
1	อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน		✓
2	น้ำมันเตา		✓
3	ปูนขาว		✓

จากตาราง 8 พบว่า สารปนเปื้อนที่พบในโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม สามารถจำแนก ความเป็นอันตรายของสารปนเปื้อนจากเอกสารความปลอดภัย (SDS) พบสารปนเปื้อนทั้งหมด 3 ชนิดได้แก่ อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน , น้ำมันเตา และ ปูนขาว ซึ่งสารปนเปื้อนที่พบมีอันตรายมีผลกระทบต่อสุขภาพ อนามัยและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารเคมีดังกล่าวมีโอกาสที่จะปนเปื้อน สูดินและน้ำใต้ดิน

จำแนกประเภทสารเคมีอันตราย

จากการจำแนกสัดส่วนของสารเคมีที่ก่อให้เกิดในกระบวนการผลิตของโรงงาน ไรโซเคิลอะลูมิเนียม พบว่า อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน โดยน้ำมันที่ปนเปื้อนมากับอะลูมิเนียม และน้ำมันเตา เป็นผลิตภัณฑ์จากการกลั่นปิโตรเลียม ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน โดยพบ Total petroleum hydrocarbon (TPH) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ตามที่ องค์การวิจัยระหว่างประเทศเกี่ยวกับโรคมะเร็ง (International Agency for Research on Cancer – IARC) ได้จัดจำแนกอยู่ในกลุ่ม ประเภทสารก่อมะเร็งในคนโดย อยู่ในกลุ่มประเภทสารก่อมะเร็ง Group 2B (Possibly carcinogenic to humans) (IARC, 2012) โดยที่อะลูมิเนียมและปูนขาวไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง แต่จัดอยู่ในกลุ่มสารเคมีที่มีความเป็นอันตราย

การประเมินจัดความเสี่ยงสารเคมีอันตราย

การประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีในโรงงาน ไรโซเคิลอะลูมิเนียม โดยใช้แบบประเมินจัด ความเสี่ยงสารเคมีอันตราย ตาราง 9 เพื่อประเมินศักยภาพของสารเคมีที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน

ตาราง 9 การประเมินจัดความเสี่ยงสารเคมีอันตราย

ลำดับ	ชื่อสาร ปนเปื้อน	ความเป็น อันตราย	ระดับ ผลกระทบ ตาม ลักษณะ อันตราย ของสารเคมี (1-4)	ระดับ ความเป็น อันตราย ของ สารเคมี (1-4)	ปริมาณ กักเก็บ/ คงเหลือ ของ สารเคมี (1-4)	โอกาสที่ ปนเปื้อนสู่ สิ่งแวดล้อม (1-4)	คะแนน รวม	ระดับ ความ เสี่ยง
1	อะลูมิเนียมที่ ปนเปื้อน น้ำมัน	✓	3	4	4	1	12	1
2	น้ำมันเตา	✓	3	4	1	1	9	2
3	ปูนขาว	✓	2	1	1	1	5	3

จากตาราง 9 เมื่อพิจารณาการประเมินจัดความเสี่ยงสารอันตรายพบว่า ระดับผลกระทบตามลักษณะอันตรายของสารเคมี และระดับความเป็นอันตรายของสารเคมี พบว่า อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน มีคะแนนสูงสุดเนื่องจากเป็นสารเคมีที่มีความเสี่ยงที่และเป็นสารก่อมะเร็ง จากการจัดกลุ่มตาม IARC ปริมาณกักเก็บ/คงเหลือของสารเคมี พบว่าอะลูมิเนียมมีการจัดเก็บสูงสุด ที่ 90.9% การประเมินโอกาสที่ปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม ได้นำระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9001:2000 และ ISO 14000:2004 มาใช้ในจัดการ ทำให้สามารถจัดการสารเคมีและของเสีย ที่เกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ลดโอกาสที่จะปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้ เมื่อพิจารณาจัดลำดับสารที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน พบว่า อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน มีระดับความเสี่ยงมากที่สุด ระดับต่อมาคือน้ำมันเตาและปูนขาวตามลำดับ โดย อะลูมิเนียมที่ปนเปื้อนน้ำมัน เนื่องจากอะลูมิเนียม นั้นมีลักษณะของแข็งไม่ละลายน้ำและในโรงงานมีภาชนะสำหรับจัดเก็บอะลูมิเนียมเพื่อป้องกันกันตกหล่นทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ยาก เนื่องจากน้ำมันที่ปนเปื้อนมานั้น มีลักษณะเป็นของเหลวและสามารถละลายน้ำได้ง่าย และมีความเป็นอันตรายสูง จึงทำให้มีโอกาสปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินได้สูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญน้ำมันที่ปนเปื้อนมากับอะลูมิเนียม ซึ่งน้ำมันที่ปนเปื้อนมานั้น จะมีปริมาณ Total petroleum hydrocarbon (TPH) เป็นองค์ประกอบ และได้ถูกระบุปริมาณเกณฑ์การปนเปื้อนไว้ในกฎหมายที่เกี่ยวข้องดังนั้นจึงใช้ Total petroleum hydrocarbon (TPH) เป็นตัวแทนสำหรับการประเมินการปนเปื้อนสารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำใต้ดินต่อไป

การสำรวจพื้นที่เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ทิศทางการไหลของน้ำใต้บริเวณพื้นที่ศึกษามีทิศทางการไหลจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ตามลักษณะภูมิประเทศ จึงทำการกำหนดบ่ออ้างอิง (บ่อที่ 1) ซึ่งตั้งอยู่บริเวณเหนือ โดยตำแหน่งของบ่ออ้างอิงนั้นอยู่บริเวณพื้นที่ใกล้ต้นไม้ทำให้บริเวณดังกล่าวจะมีการทับถมของเศษใบไม้ และบ่อท้ายน้ำ (บ่อที่ 2) อยู่บริเวณท้ายน้ำ ดังภาพ 13 โดยตำแหน่งของบ่อท้ายน้ำอยู่บริเวณบริเวณโรงหลอมอะลูมิเนียมของโรงงาน บริเวณพื้นที่รอบบ่อท้ายน้ำมีการเทคอนกรีต เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารอันตรายที่อาจจะเกิดจากกระบวนการผลิต ตำแหน่งของบ่อท้ายน้ำยังห่างจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่าง ๆ พบว่า ระดับน้ำใต้ดินที่พบในบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 ความลึกของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 0.7 เมตรและ 1.5 เมตร ดังตาราง 9 ตามลำดับ ทั้งนี้จากผลดังกล่าวเป็นการยืนยันทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินเป็นไปดังการประเมินตามลักษณะภูมิประเทศโดยทิศทางการของน้ำใต้ดินจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ



ภาพ 13 แผนผังการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ และจุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินภายใน
โรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม

ตาราง 10 ตำแหน่งที่พบระดับน้ำใต้ดิน

บ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน	ระดับความลึกของบ่อ	ระดับที่พบน้ำใต้ดิน
บ่ออ้างอิง	5 เมตร	1.5 เมตร
บ่อทำยน้ำ	5 เมตร	0.70 เมตร

ผลวิเคราะห์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินบริเวณโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียมของบ่ออ้างอิงและบ่อทำยน้ำ แสดงดังตาราง 10 และ 11 ตามลำดับ

ตาราง 11 ผลวิเคราะห์สารปนเปื้อน ในบ่ออ้างอิง (บ่อที่ 1)

ชื่อสารปนเปื้อน	ดินบน	ดินล่าง	น้ำใต้ดิน	เกณฑ์การปนเปื้อน	
	mg/kg	mg/kg	mg/L	mg/kg	mg/L
TPH (C ₅ -C ₈)	ND	ND	ND	25.0	1.4
TPH (C _{>8} -C ₁₆)	0.021	0.019	ND	25.0	1.7
TPH (C _{>16} -C ₃₅)	ND	ND	ND	8.0	0.1

จากตาราง 11 ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ในบ่ออ้างอิง พบว่ามีการปนเปื้อน Total petroleum hydrocarbon (TPH) ($C_{>8}-C_{16}$) ในดินบนและดินล่าง พบที่ความเข้มข้น 0.021 และ 0.019 mg/kg ตามลำดับ พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายได้ระบุเกณฑ์การปนเปื้อนของ Total petroleum hydrocarbon ($C_{>8}-C_{16}$) ในดินไม่เกิน 25 mg/kg และในน้ำใต้ดินไม่เกิน 1.7 mg/L

ตาราง 12 ผลวิเคราะห์สารปนเปื้อน ในบ่อทำयน้ำ (บ่อที่ 2)

ชื่อสารปนเปื้อน	ดินบน	ดินล่าง	น้ำใต้ดิน	เกณฑ์การปนเปื้อน	
	mg/kg	mg/kg	mg/L	mg/kg	mg/L
TPH (C_5-C_8)	ND	ND	ND	25.0	1.4
TPH ($C_{>8}-C_{16}$)	0.020	0.027	ND	25.0	1.7
TPH ($C_{>16}-C_{35}$)	ND	ND	ND	8.0	0.1

จากตาราง 12 ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ในบ่อทำยน้ำ พบว่ามีการปนเปื้อน Total petroleum hydrocarbon (TPH) ($C_{>8}-C_{16}$) ในดินบนและดินล่าง พบที่ความเข้มข้น 0.020 และ 0.027 mg/kg ตามลำดับ พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายได้ระบุเกณฑ์การปนเปื้อนของ Total petroleum hydrocarbon ($C_{>8}-C_{16}$) ในดินไม่เกิน 25 mg/kg และ ในน้ำใต้ดินไม่เกิน 1.7 mg/L

ตาราง 13 ผลวิเคราะห์สารปนเปื้อนโลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน ในบ่ออ้างอิง(บ่อที่ 1)

ลำดับ	ตัวอย่าง	ความเข้มข้นโลหะหนัก (ppm)							
		Cr	Zn	Cd	Pb	Ni	Cu	As	Hg
1	ดินบน	2.71	0.0188	0.001	ND	0.0027	1.66	ND	0.104
2	ดินล่าง	8.4	0.0055	0.0006	ND	0.0011	0.9	0.1682	0.1111
3	น้ำใต้ดิน	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
เกณฑ์การปนเปื้อนในดิน		640	1,000	810	750	41,000	31.6	27	610
เกณฑ์การปนเปื้อนน้ำใต้ดิน		6.0	10	2.0	4.0	5.0	1.0	0.1	0.7

ตาราง 14 ผลวิเคราะห์สารปนเปื้อนโลหะหนักในดินและน้ำใต้ดิน ในบ่อทำยน้ำ(บ่อที่ 2)

ลำดับ	ตัวอย่าง	ความเข้มข้นโลหะหนัก (ppm)							
		Cr	Zn	Cd	Pb	Ni	Cu	As	Hg
1	ดินบน	12.91	0.0096	0.0008	ND	0.004	2.86	0.2544	0.0793
2	ดินล่าง	3.9	0.0011	ND	ND	0.0008	0.59	0.1122	0.0467
3	น้ำใต้ดิน	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
เกณฑ์การปนเปื้อนในดิน		640	1,000	810	750	41,000	31.6	27	610
เกณฑ์การปนเปื้อนน้ำใต้ดิน		6.0	10	2.0	4.0	5.0	1.0	0.1	0.7

หมายเหตุ: ND คือ Not detected

ดินบน คือ ความลึกชั้นดินที่ระดับความลึก 0.30 เมตร จากระดับพื้นดิน

ดินล่าง คือ ความลึกชั้นดินเหนือระดับน้ำใต้ดินที่พบ (2.0 เมตร)

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559, 29 พฤศจิกายน 2559, หน้า 4-7

จากตาราง 12 และ 13 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โคเมียม (Cr) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สารหนู (As) และปรอท (Hg) จากการวิเคราะห์ไม่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้ง 8 ชนิด ในน้ำใต้ดิน แต่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินโดยพบการปนเปื้อนของโคเมียมในดินชั้นบนมากที่สุด ณ จุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ และบ่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานซึ่งกำหนดให้มีการปนเปื้อนจากโคเมียมไม่เกิน 640 มก./กก.

จากการตรวจสอบลักษณะดินบริเวณโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม พบว่า พื้นที่บริเวณดังกล่าวมีลักษณะดินตะกอน (sandy silt) ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพ ความพรุนและการซึมผ่านของน้ำ โดยที่กรวดและทรายจะมีอัตราการซึมน้ำสูง

จากการวิเคราะห์หาสารปนเปื้อนในดินแสดงให้เห็นว่าโรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียมมีการปนเปื้อนของ Total petroleum hydrocarbon (C₅-C₁₆) นั้นเป็นสารประกอบกลุ่ม aliphatic เป็นสารปนเปื้อนที่มีลักษณะของเหลวที่ไม่ใช้น้ำและเบากว่าน้ำ ระเหยได้ง่ายในสิ่งแวดล้อมได้ (Roger Brewer .et al.,2013) เนื่องจากไม่สามารถตรวจพบ Total petroleum hydrocarbon (C₅-C₈) อาจเป็นไปได้ว่า Total petroleum hydrocarbon (C₅-C₈) นั้นเกิดการย่อยสลายเองเนื่องจาก Total petroleum hydrocarbon (C₅-C₈) อยู่ในกลุ่ม สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

ที่ระเหยได้ง่ายเมื่อสัมผัสอากาศ นอกจากนี้ในดินยังมีกระบวนการย่อยสลายทางธรรมชาติของจุลินทรีย์ ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายสารปนเปื้อนที่ปนเปื้อนในดิน ทำให้ส่งผลต่อคุณภาพของดิน

การกำหนดมาตรการในการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

การป้องกันการปนเปื้อนดินและน้ำใต้ดินจากกระบวนการจัดเก็บและบรรจุสารเคมีของโรงงานหลอมอะลูมิเนียม ดังนี้

1. การใช้กฎหมายและข้อกำหนดในการควบคุมการปนเปื้อน มาตรการด้านการควบคุมการปนเปื้อน เป็นมาตรการที่มุ่งเน้นในแง่ของการควบคุมป้องกัน โดยการใช้ ระเบียบข้อบังคับ กฎหมาย หรือข้อกำหนดในการควบคุมที่แหล่งกำเนิดที่มีโอกาสที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนที่ต้นทาง (Point source)

2. มาตรการด้านการควบคุมการปนเปื้อน เป็นมาตรการที่มุ่งเน้นในแง่ของการควบคุมป้องกัน โดยการใช้ ระเบียบข้อบังคับ กฎหมาย หรือข้อกำหนดในการควบคุมที่แหล่งกำเนิดที่มีโอกาสที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนที่ต้นทาง (Point source)

2.1 ทบทวนข้อกำหนดสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้อง

2.2 จัดทำข้อกำหนดในการดำเนินการเกี่ยวกับการผลิตที่ปลอดภัย

2.2.1 จัดทำทะเบียนสารเคมีที่เกี่ยวข้อง และเอกสารระบุความเป็นอันตราย (SDS) ของสารเคมีแต่ละชนิด

2.2.2 ระบุความเป็นอันตรายของสารเคมีโดยติดฉลากไว้ที่ภาชนะบรรจุ

2.2.3 จำแนกและจัดเก็บของเสียตามชนิดและคุณสมบัติโดยมีสายรัดภาชนะเพื่อป้องกันการล้มของถัง บรรจุ

2.3 จัดตั้งทีมงาน HAZOP เพื่อทำการจำแนกและวิเคราะห์สารเคมีและกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

2.3.1 จัดฝึกอบรมเจ้าหน้าที่เกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติงานตามมาตรฐานสากลที่ถูกต้อง

2.4 ดำเนินการควบคุมการบำบัดน้ำเสียและระบายน้ำทิ้ง การจัดการกากอุตสาหกรรมและมลพิษอากาศ อย่างเข้มงวด

3. เทพื้นคอนกรีตหรือปูพื้นด้วยพลาสติกแผ่นพลาสติกตลอดแนวท่อน้ำเสีย (HDPE)

4. ขุดลอกตะกอนดินในรางระบายน้ำฝนบริเวณรอบโรงงาน

5. ปลูกต้นไม้และมีกำแพงกันลม (Wind Fence) ที่มีระยะห่างจากพื้นที่โดยรอบโรงงานประมาณ 3.0 เมตร

6. การจัดการการหกรั่วไหล พยายามป้องกันการหกรั่วไหลเมื่อมีการถ่ายเทจากรถขนส่งหากพบว่ามี การหกนํ้ามันไปใ้ในถังที่มีสารดูดซับบรรจุอยู่หรือหว่าตัวดูดซับบนนํ้ามัน



บทที่ 5

บทสรุป

จากผลการทดสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินบริเวณ โรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม พบว่าจากการวิเคราะห์น้ำใต้ดิน ไม่พบการปนเปื้อนของ Total petroleum hydrocarbon แต่จากการวิเคราะห์ดินพบการปนเปื้อนของ Total petroleum hydrocarbon ในตัวอย่างดินบน (30 cm จากระดับผิวดิน) และดินล่าง (30 cm ก่อนพบระดับน้ำใต้ดิน) ของบ่ออ้างอิงและบ่อทดสอบทั้ง 2 ตำแหน่ง โดยพบ การปนเปื้อนของ Total petroleum hydrocarbon($C_{>8}-C_{16}$) ซึ่งจัดเป็นส่วนประกอบของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรและการขนส่งในบริเวณโรงงาน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการปนเปื้อนที่พบยังคงมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายได้ระบุเกณฑ์การปนเปื้อนของ Total petroleum hydrocarbon ($C_{>8}-C_{16}$) ในดินไม่เกิน 25 mg/kg และ ในน้ำใต้ดินไม่เกิน 1.7 mg/L ตามลำดับ แต่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินโดยพบการปนเปื้อนของโคบอลต์ (Co) โครเมียม (Cr) สังกะสี (Zn) แคดเมียม (Cd) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สารหนู (As) และปรอท (Hg) โดยพบการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดที่เป็นแร่ธาตุที่อยู่ในดินตามธรรมชาติ ในน้ำดินซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน จึงทำให้มีโลหะหนักตามธรรมชาติละลายออกมา แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการปนเปื้อนที่พบยังคงมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายได้กำหนดไว้

จากการประเมินศักยภาพของสารเคมีที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน โดยใช้ แบบประเมิน 4 มิติ ในโรงรีไซเคิลอะลูมิเนียม สามารถใช้ในการจัดกลุ่มสารเคมีอันตรายและการพิจารณาจัดลำดับสารที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ทำให้ง่ายต่อประเมินจัดกลุ่มสารเคมีและสามารถประเมินสารเคมีที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Total petroleum hydrocarbon เป็นสารในกลุ่ม DNAPLs พบว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบในวงกว้างของประเทศไทย สารในกลุ่ม DNAPLs จัดเป็นสารก่อมะเร็งที่มีผลกระทบโดยตรงต่อมนุษย์ ในประเทศไทยผลกระทบของสารในกลุ่ม DNAPLs ต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อม ควรจะมีการเฝ้าระวังและติดตามผลกระทบที่จะเกิดอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันสารปนเปื้อนปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม สำหรับการบำบัดพื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อนสาร

ในกลุ่ม DNAPLs การใช้วิธีการดูดซับด้วยพีชร่วมกับวิธีการใช้จุลินทรีย์บำบัดเป็นวิธีที่เหมาะสม เพราะวิธีนี้มีราคาต่ำบำบัดต่อหน่วยต่ำแต่มีประสิทธิภาพสูง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการติดตามประเมินผลการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน บริเวณโรงงานรีไซเคิล อะลูมิเนียมอย่างต่อเนื่อง จัดทำแผนสำหรับการป้องกันสารปนเปื้อนที่จะรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม และมีการศึกษาความเสี่ยงที่ส่งผลต่อสุขภาพ อนามัยต่อไป



บรรณานุกรม

- เกรียงศักดิ์ อุทุมสินโรจน์. (2546). **ของเสียอันตราย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยรังสิต.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2559). **องค์ประกอบของดิน**. สืบค้นเมื่อ 31 ตุลาคม 2562, จาก http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/main.php?filename=soil
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2546). **เทคโนโลยีการกลั่นใช้ใหม่ การรวบรวมและการจัดการน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว**. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2551). **คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมหลอมหล่อเศษตระกรันอะลูมิเนียม**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ดี เอ็ม พรินต์ติ้ง จำกัด.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). **คู่มือแนวทางปฏิบัติที่ดีด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อป้องกันการปนเปื้อนดินและน้ำใต้ดินสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่**. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2561, จาก <http://oalp.diw.go.th/env/download/inoffice-file/publication-file/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD/EOB8A1EOB8A5EOB89EEOB8B4EOB8A9EOB894EOB8B4EOB899/2Slippery-oil.pdf>
- จิราวรรณ ชำรงศรีสกุล. (2557). **ปัจจัยของธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบาดาล ในพื้นที่อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตรและอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์**. วิทยานิพนธ์. วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- โหมสุตา โสสมสกุล และพงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์. (2553). ผลกระทบของสาร Dense Nonaqueous Phase Liquids (DNAPLs) ต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 15(1), 114–120.
- ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์. (2546). **น้ำบาดาล**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (2559). เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินและรายงานเสนอมาตรการควบคุมและ

- มาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ.2559. (29 พฤศจิกายน 2559).
ราชกิจจานุเบกษา. 33 (275 ง). หน้า 4-7.
- ปราโมทย์ ไชยเวช. (2552). **ปิโตรเลียมเทคโนโลยี**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่ง
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพชรสวัสดิ์ กันคำ. (2553). **การวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินใน
 ลุ่มน้ำแม่กวัง**. การศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง. วท.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
 เชียงใหม่.
- พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ.2520. (23 กรกฎาคม 2520). **ราชกิจจานุเบกษา**. 94(69).
 หน้า 8.
- พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535. (29 มีนาคม 2535). **ราชกิจจานุเบกษา**. 109(39).
 หน้า 21.
- วรรณัฐ ศรีพงษ์พิจิตร และจีมา ชมสุรินทร์. (2549). การศึกษาพฤติกรรมการปนเปื้อนของ
 น้ำมันเชื้อเพลิงในดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพดิจิทัล. **วิศวกรรมสาร
 มก**, 58, 71-9.
- สัญญา สิริวิทยากรณ์. (2550). **แนวทางปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน**.
 กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สัญญา สิริวิทยากรณ์. (2553). **การจัดการสารพิษและของเสียอันตราย**. กรุงเทพฯ:
 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. (2557). **ไอโซโทปรังสีทางการแพทย์**. สืบค้นเมื่อ 18
 ตุลาคม 2561. จาก <http://www.nst.or.th/article/article493/article49311.html>.
- สิริอร ศรัทธาสมบูรณ์. (2554). **แนวทางการฟื้นฟูดินและน้ำใต้ดินจากการปนเปื้อนสาร
 ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนของสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศไทย**. การ
 ค้นคว้าอิสระ วท.ม., สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Ananna Islam, Arif Ahmed, Manhoi Hur, Kevin Thorn and Sunghwan Kim. (2016).
 Molecular-level evidence provided by ultrahigh resolution mass spectrometry for
 oil-derived doc in groundwater at Bemidji, Minnesota. **Journal of Hazardous**, 320,
 123-132.
- Atekwana, E. A. and E. A. Atekwana, (2010). Geophysical Signatures of Microbial Activity

atHydrocarbon Contaminated Sites: A Review. **Surveyes in Geophysics**, 31, 247–283.

Federal Remediation. (2004). **Technologies Roundtable, In-Situ Biological Treatment.**

Remediation technologies screening matrix and reference guide. Retrieved November 23, 2562, from www.frtr.gov/matrix2/section4/4_1.html.2004/04/07

Hardisty, paul E and Ece Ozdemiroglu. (2005). **The Economic of Groundwater Remediation and Protection.** Florida: CRC Press Inc.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2012). **MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS. Volume 100F.**

Retrieved November 18, 2562, from <http://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Chemical-Agents-And-Related-Occupations-2012>

LaGrega, M.D, Buckingham, P.L. and Evans, J.C. (2001). **Hazardous Waste Management, 2nd edition.** Illinois, USA: Waveland Press.

Mohamad Abbas. (2017). **Development of a geophysical and geochemical methodology for the characterization of hydrocarbon contamination of soil and groundwater.** Doctoral dissertation, Ph.D., University of Rouen, France

Pinder, Gorge F. and Celia, Miceael A. (2006). **Subsurface Hydrology.** New Jersey: JohnWiley&Sons Inc, Hoboken.

Steen, Jesper and Elton, Jason. (1996). **Soil and Groundwater pollution from BTEX. Civil Engineering Department. Virginia Technology.** Retrieved June 20, 2562, from <http://www.ce.vt.edu/enviro2/gwprimer/btex.html>

USACE (United States Army Corps of Engineers). (2002). **“Engineering and Design: Soil Vapor Extraction and Bioventing.”**, EM 1110–1–4001, Washington, DC: Department of the Army, US Army Corps of Engineers,

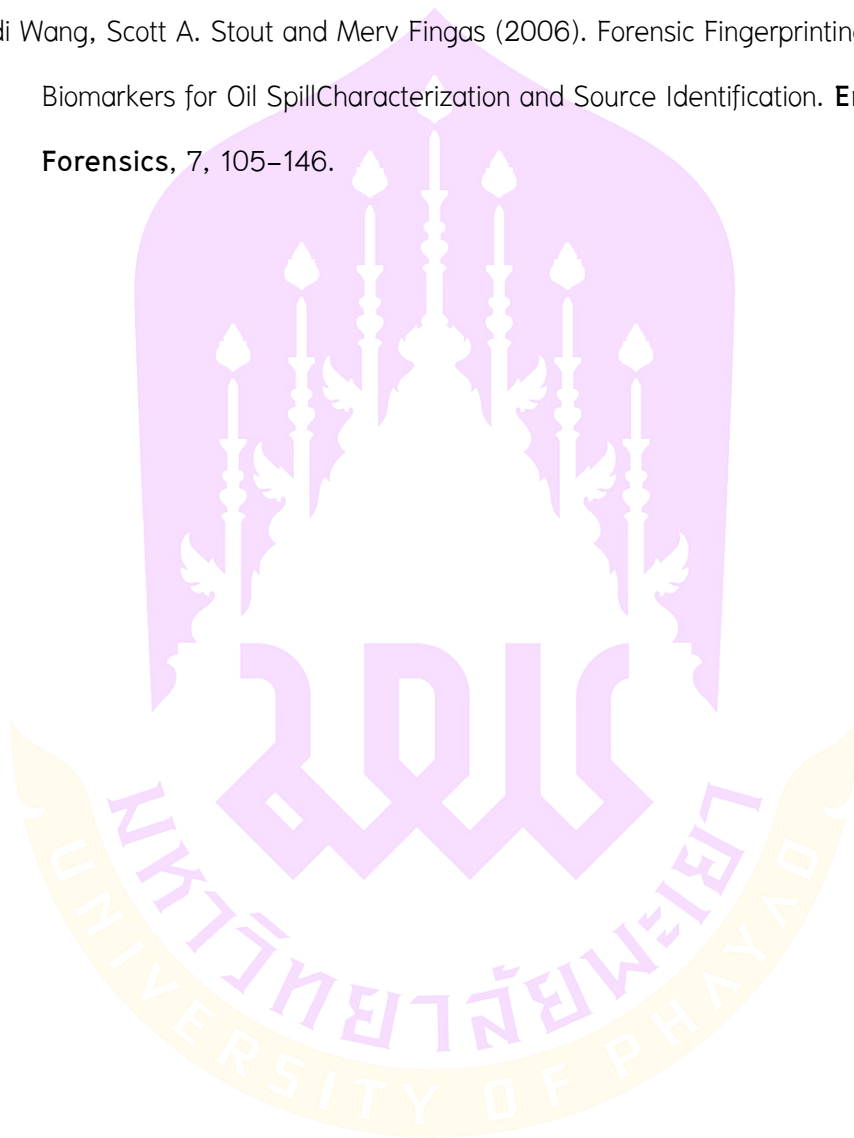
USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). (1997). **Recent Developments for In Situ Treatment of Metal Contaminated Soils.** Retrieved June 15, 2562,

from www.clu-in.org/download/remed/metals2.pdf.

USGS (United States Geological Survey). (2556). **Water sources: groundwater.**

Retrieved November 15, 2562, from <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/water-overview/sources/groundwater.html>

Zhendi Wang, Scott A. Stout and Merv Fingas (2006). Forensic Fingerprinting of Biomarkers for Oil Spill Characterization and Source Identification. **Environmental Forensics**, 7, 105–146.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การดำเนินงานเพื่อเก็บตัวอย่างดิน และน้ำใต้ดิน

1. การเจาะสำรวจดินในสนาม

การเจาะสำรวจชั้นดินของโครงการนี้ มีทั้งสิ้น 2 จุด ความลึกประมาณ 5 เมตรจากระดับผิวดิน โดยทำการเจาะสำรวจ เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2560

การเจาะสำรวจดินทำโดยใช้อุปกรณ์ Hand auger และ Solid stem auger ขนาด 4 นิ้ว ทำการเจาะแบบแห้ง ในการเจาะผ่านชั้นดินอ่อนหรือทรายหลวม มีการใช้ท่อเคลสซึ่งเพื่อป้องกันการพังทลายของผนังหลุมเจาะ

การเก็บตัวอย่างดิน ได้เก็บจากใบสว่าน Hand auger เพื่อนำดินเข้าทดสอบในห้องปฏิบัติการต่อไป โดยเก็บตัวอย่างที่ 2 ความลึก ได้แก่ 1 ตัวอย่างที่บริเวณผิวดิน -0.5 และอีก 1 ตัวอย่างที่บริเวณเหนือระดับน้ำใต้ดิน รายละเอียดการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ แสดงในภาพ ก1 และ ก2

2. การติดตั้งบ่อเก็บน้ำใต้ดิน

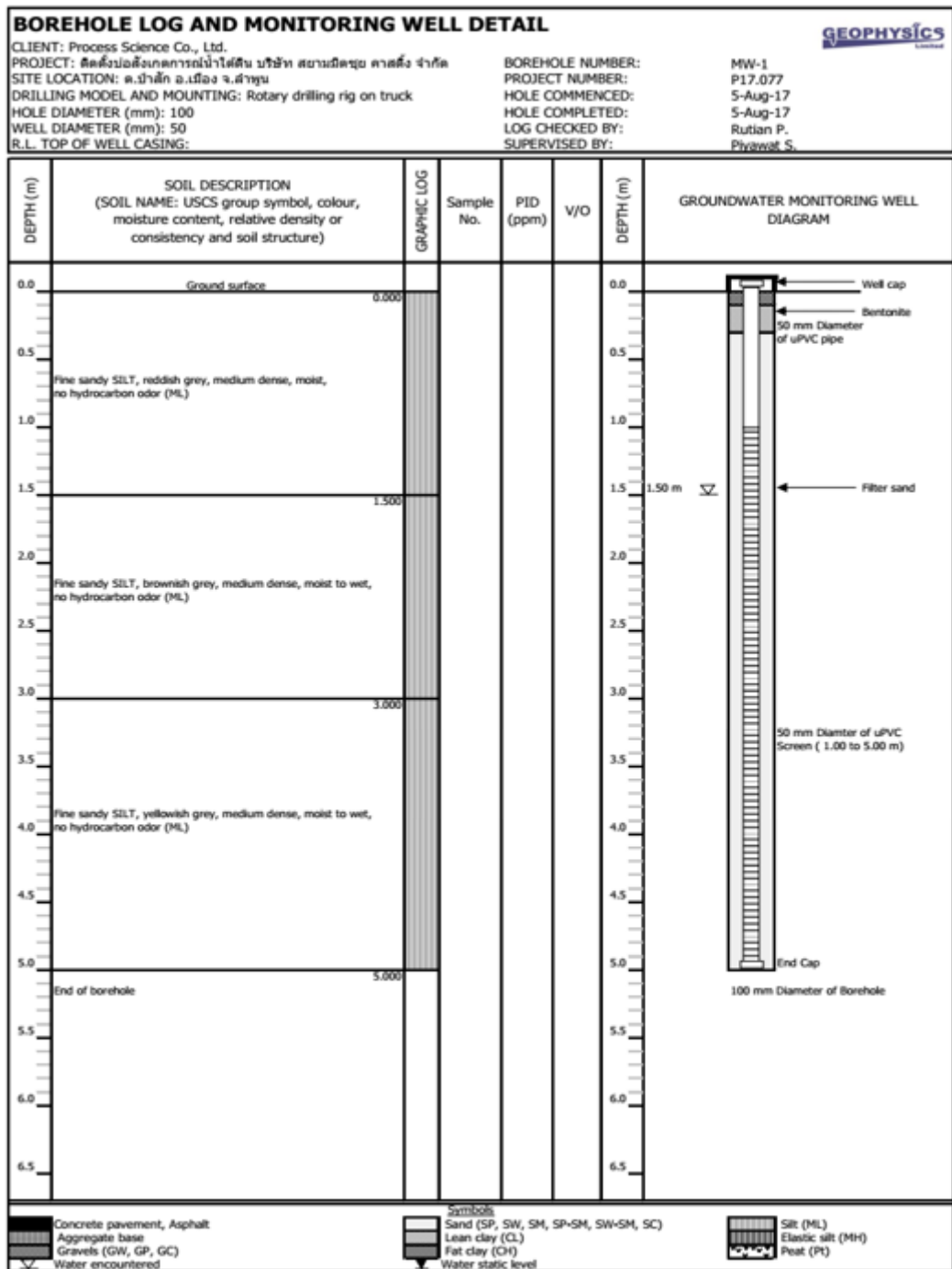
หลังจากเจาะดินจนได้ระดับความลึกที่ต้องการ ติดตั้งบ่อเก็บน้ำใต้ดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว เซาะร่องขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อให้ น้ำใต้ดินไหลเข้ามาในบ่อได้ เททรายกรองกรูช่องว่างระหว่างหลุมเจาะ และบ่อเก็บน้ำใต้ดิน เพื่อเป็นชั้นกรองน้ำ และป้องกันไม่ให้น้ำใต้ดินไหลเข้ามาในบ่อเก็บน้ำ หลังจากติดตั้งบ่อเสร็จ ได้พัฒนาบ่อโดยใช้ bailer เพื่อกำจัดดินโคลนภายในบ่อ และทำให้ชั้นทรายกรูตัวได้แน่นขึ้น ระดับน้ำใต้ดินที่พบระหว่างเจาะสำรวจ มีระดับประมาณ 1 เมตร ต่ำกว่าปากหลุมเจาะ ระดับน้ำนี้อาจใช้เป็นตัวแทนระดับน้ำใต้ดินได้ในบางกรณี อย่างไรก็ตามระดับน้ำใต้ดินอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนตลอดจนน้ำจากแหล่งอื่น ๆ แสดงในภาพ ก3

3. การติดตั้งฝาป้องกันบ่อน้ำใต้ดิน

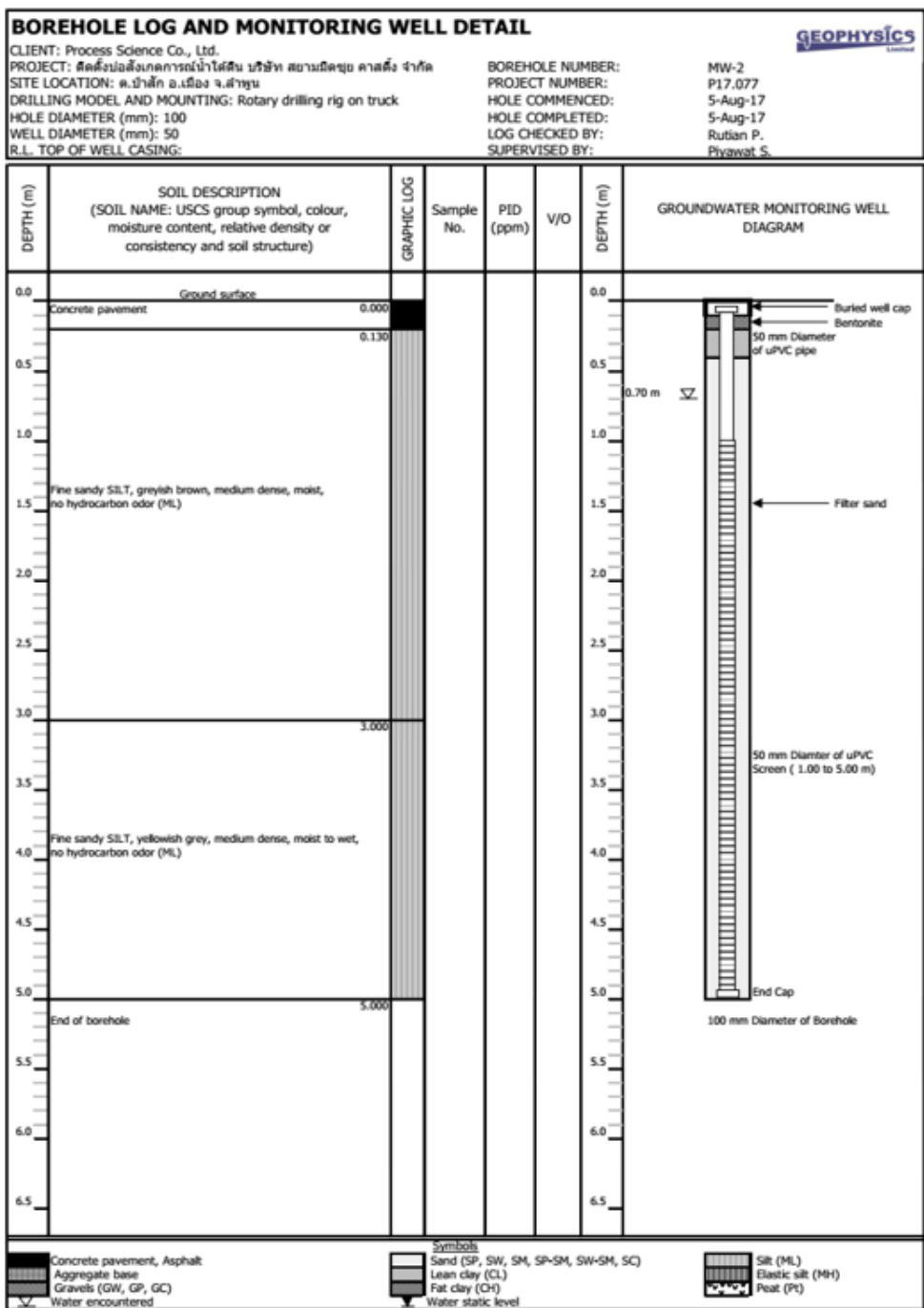
หลังจากติดตั้งบ่อเก็บน้ำใต้ดินเสร็จ ได้ทำการติดตั้งฝาป้องกันบ่อน้ำใต้ดิน ซึ่งทำจากท่อ PVC พร้อมฝาเปิดปิดได้ ตั้งอยู่บนฐานคอนกรีต

4. การสำรวจค่าระดับปากบ่อเก็บน้ำใต้ดินและระดับพื้นดินข้างบ่อ

การสำรวจค่าระดับปากบ่อเก็บน้ำใต้ดิน และระดับพื้นดินข้างบ่อ โดยใช้กล้องระดับ ใช้จุดอ้างอิง (BM) ที่ฐานของแท่นซึ่งน้ำหน้าหน้าโรงงาน และกำหนดให้มีค่าระดับสมมติ 10 เมตร



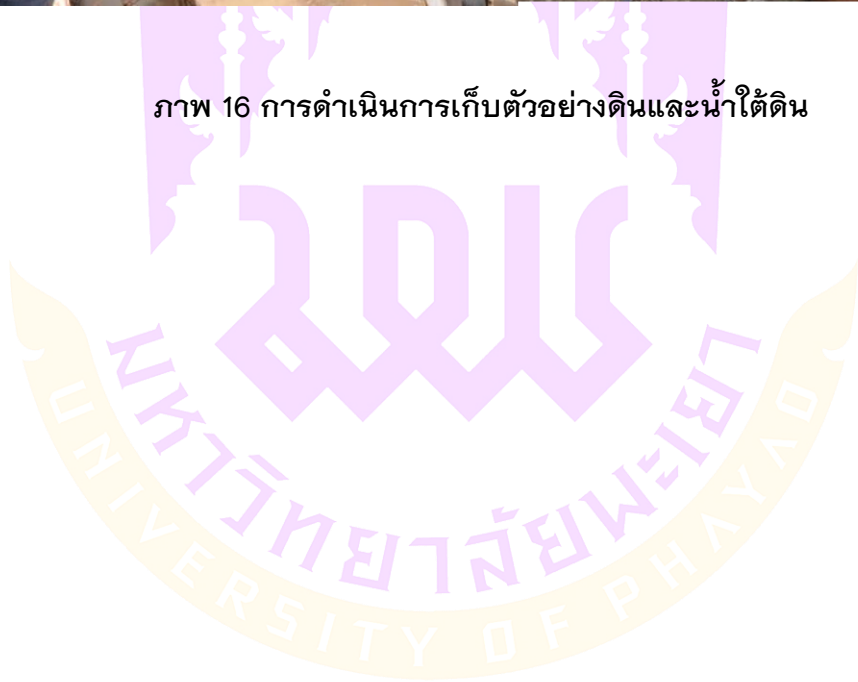
ภาพ 14 รายละเอียดการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ (SMC_MW01)



ภาพ 15 รายละเอียดการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ (SMC_MW01)



ภาพ 16 การดำเนินการเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดิน



ภาคผนวก ข การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตรวจสอบการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

การดำเนินโครงการการติดตั้งและตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน โรงงานรีไซเคิลอะลูมิเนียม ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. ออกแบบและติดตั้งจุดเก็บวิเคราะห์ตัวอย่างและตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน

การออกแบบและติดตั้งจุดเก็บวิเคราะห์ตัวอย่างและตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินนั้นต้องรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นที่ตำแหน่งตั้งของบริษัทฯ ตำแหน่งที่อาจเกิดสารปนเปื้อน แนวการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน รวมถึงพื้นที่สภาพแวดล้อมโดยรอบบริษัทฯ ที่อาจมีแนวโน้มได้รับผลกระทบของคุณภาพน้ำใต้ดิน

2. เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตรวจสอบการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำใต้ดิน

ออกแบบกำหนดจุดเก็บวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.1 เจาะบ่อเพื่อติดตั้งบ่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดิน บริเวณพื้นที่ของบริษัทฯ ที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน

2.2 เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตรวจสอบการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำใต้ดิน

การเก็บวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำใต้ดิน ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพและเคมีเบื้องต้น อุณหภูมิ (Temperature, °C), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity, Ec) ก่อนเพื่อส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3. ติดตามคุณภาพน้ำใต้ดินและให้คำปรึกษาเพิ่มเติม

4. สรุปและส่งรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินให้กับผู้ประกอบการ

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

1. เขียนรายละเอียดขอจุดเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1 หมายเลขบ่อ และพิกัด

1.2 สถานที่ตั้ง

1.3 ความลึกของบ่อ

1.4 ชื่อผู้เก็บตัวอย่างน้ำ

1.5 วันที่เก็บตัวอย่างน้ำ

1.6 สารเคมีที่เติม

2. การถ่ายน้ำซังออกจากบ่อ (Well Purging)

เนื่องจากการกักขังของน้ำในบ่อติดตามตรวจสอบเป็นเวลานานทำให้มีคุณลักษณะสมบัติแตกต่างจากน้ำที่อยู่ในชั้นดินอุ้มน้ำโดยรอบ โดยเฉพาะในน้ำที่มีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหย สารอินทรีย์ระเหยที่ละลายในน้ำอาจจะระเหยออกจากน้ำที่ขังนิ่งในบ่อได้

อย่างมีนัยสำคัญในระยะเวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมง (Nielsen,2006) ดังนั้นก่อนทำการเก็บตัวอย่าง ต้องมีการถ่ายน้ำซังออก จากบ่อสำรวจ เพื่อให้น้ำที่อยู่ในชั้นดินอุ้มน้ำเข้ามาแทนที่ส่วนที่ซังแช่ในบ่อ วิธีการถ่ายน้ำออกที่อัตราการไหลต่ำ อัตราการสูบเริ่มต้นที่แนะนำสำหรับบึง นี้คือ 100 – 500 มิลลิลิตรต่อนาที (Puls and Powell ,1997) ซึ่งอาจปรับเพิ่มหรือลดได้ การถ่ายน้ำจะทำให้ความลึกในช่วงระดับช่อกรองของบ่อ เพื่อลดผลกระทบจากน้ำนิ่งที่ไม่อยู่ในช่วงช่อกรองของบ่อที่จะไหลเข้ามาผสมกับน้ำที่ไหลเข้ามาใหม่ ทั้งนี้ไม่มีการกำหนดอัตราการสูบน้ำและปริมาณน้ำเก่าที่จะต้องถ่ายออกตายตัว แต่จะใช้การวัดระดับน้ำที่ลดลง เป็นระยะ เพื่อให้มั่นใจว่าระดับน้ำลดลงจากเดิมไม่เกิน 10 เซนติเมตร คุณภาพน้ำที่สูบออกจะถูกวัดอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งค่าพารามิเตอร์อยู่ในช่วงที่กำหนด ดังแสดงในตาราง 15 จากนั้นตัวอย่างน้ำถูกเก็บขึ้นมาที่อัตราสูบเดียวกันหรือน้อยกว่าได้ น้ำตัวอย่างที่เก็บได้นั้นจะเป็นตัวแทนลักษณะทางเคมีของน้ำใต้ดินได้ดีกว่าตัวอย่างน้ำที่เก็บใช้เบลเลอร์ หรือกระบวน การถ่ายน้ำซังแบบปกติซึ่งจะทำให้มีการรบกวนน้ำในบ่อมากกว่า

ตาราง 15 ค่าพารามิเตอร์และช่วงการเปลี่ยนแปลงที่ใช้ในกระบวนการถ่ายน้ำออกจากบ่อ

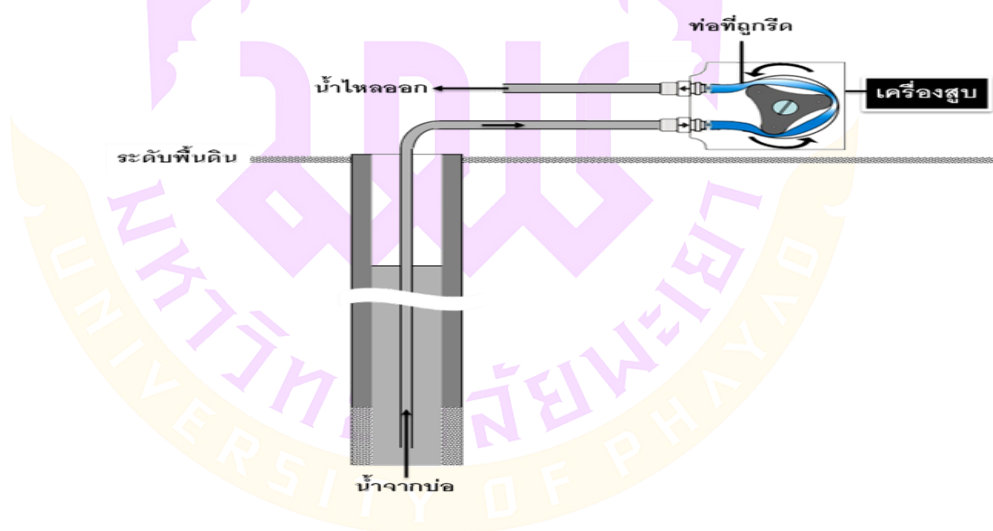
ค่าพารามิเตอร์	ช่วงค่าที่ใช้
อุณหภูมิ	± 0.1–0.5 C
ค่าความเป็น กรด –ด่าง	± 0.05–0.1
สถานะสภาพการนำไฟฟ้า	± 10.0 uS/cm
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	± 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร
ศักย์รีดอกซ์ (ORP)	± 10 มิลลิโวลต์
ความขุ่น	± 0.1NTU ในกรณีที่มีความขุ่น < 10 NTU ± 10% ในกรณีที่ความขุ่น ≥ 10 NTU

ที่มา: Nielsen,2006

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำหลายชนิดสามารถวัดได้ในพื้นที่ ณ จุดเก็บตัวอย่างไปพร้อมกับ การถ่ายน้ำได้ ในกรณีที่มีการถ่ายน้ำซังออกจากบ่อ ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกวัดไปพร้อม ๆ กัน โดยวัดจากน้ำที่ถูกสูบออกมา ถ้าเป็นไปได้ให้วัดในกล่องปิดที่มีน้ำไหลผ่าน (Flow-through Cell) เพื่อให้ค่าที่อ่านได้มีความต่อเนื่องและลดการสัมผัสของน้ำตัวอย่างกับอากาศ เทคนิคนี้จะไม่ใช้ในระหว่างทำการเก็บตัวอย่าง

3. การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบ่อตื้นตามตรวจสอบคุณภาพ

การเก็บตัวอย่างจะต้องทำต่อเนื่องทันทีที่กระบวนการถ่ายน้ำข้างออกจากบ่อเสร็จ โดยจะต้องเก็บจากระดับช่องกรองเท่านั้น น้ำตัวอย่างจะต้องถูกเก็บลึกจากระดับบนของช่องกรองจากด้านบนลงมาอย่างน้อย 30 เซนติเมตร จากนั้นน้ำตัวอย่างจะต้องถูกถ่ายโดยตรงจากอุปกรณ์ที่ใช้เก็บมาสู่ภาชนะที่ทำความสะอาดมาจากห้องปฏิบัติการ ทำการปิดฉลากทันที พร้อมทั้งทำการบันทึกรายละเอียดของตัวอย่าง เพื่อลดโอกาสตัวอย่างสัมผัสกับอากาศและสารปนเปื้อนอื่น ในการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในครั้งนี้ เลือกใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำชนิดเครื่องสูบลมแบบรีด (Peristaltic Pump) เนื่องจากเครื่องสูบลมชนิดนี้เหมาะกับตัวอย่างน้ำที่มีสารอินทรีย์ระเหย สามารถพกพาได้สะดวกและผู้เก็บตัวอย่างไม่ต้องรับการฝึกหัดมาก สามารถปรับอัตราการไหลได้ง่าย มีความน่าเชื่อถือ ไม่มีการสัมผัสของน้ำตัวอย่างกับชิ้นส่วนของเครื่องสูบลม (ภาทิตยา และจีมา ,2550) ข้อจำกัดของ เครื่องสูบลมแบบรีด (Peristaltic Pump) คือ ส่วนมากต้องใช้ไฟฟ้า การเก็บตัวอย่างน้ำจะจำกัดอยู่ที่ความลึกน้อยกว่า 9 เมตร ทั้งนี้ตัวผู้เก็บตัวอย่างน้ำต้องใส่ถุงมือสะอาดชนิดไม่มีแป้งก่อนเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนอันเนื่องมาจากผู้เก็บตัวอย่าง ดังภาพ 17



ภาพ 17 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

ที่มา: ัญญา,2550

4. การเก็บตัวอย่างดิน (Soil Sampling)

การเก็บตัวอย่างดินแบบคงสภาพ (Undisturbed Sample) เมื่อเจาะสำรวจดินถึงระดับที่ต้องการแล้วในชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงแข็งปานกลาง (Very Soft to Medium) จะใช้กระบอกบาง (Thin Wall Tube Sampler) ดังภาพ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาวท่อนละ 29.5 นิ้ว ต่อเข้ากับปลายก้านเจาะ จากนั้นกดลงไปบนดินที่กั้นหลุมจนถึงระดับที่ต้องการ ซึ่งตัวอย่างดินที่เก็บได้นี้สามารถนำไปทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพได้ ดังภาพ 18



ภาพ 18 การเก็บตัวอย่างดิน

ภาคผนวก ค รายงานผลการวิเคราะห์



ห้องปฏิบัติการกลาง ศูนย์บริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อยู่: ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000 โทรศัพท์ 054-466666 ต่อ 3401
Central of Laboratory, Environmental Technology Service Centre, School of Energy and Environment,
University of Phayao Address: Mae-ka, Muang, Phayao 56000 Telephone: 054-466666 # 3401

รายงานผลการวิเคราะห์ (ANALYSIS REPORT)

Customer Name : บริษัท สยามมิตซูย คาสติง จำกัด

Project Location : อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน

Sampling Source : บริษัท สยามมิตซูย จำกัด

Sampling Point :

GPS. Coordinate :

Report No. : CLSEEN 058/2560

Parameter : TPH

Sampling Date : Aug 5, 2017

Received Date : Aug 7, 2017

Sampling Time : 13.30

Analytical Date : Aug 9-10, 2017

Sampling By : Theeraphat W.

Report Date : Aug 15, 2017

ประเภท ตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	TPH, ppm (C5 – C8)	TPH, ppm (C >8 – C16)	TPH, ppm (C >16 – C 35)
ดิน	ดินหน้าโรงงาน 0.3 เมตร เวลา 10.20 น.	ND	0.020	ND
ดิน	ดินหน้าโรงงาน 2.0 เมตร เวลา 10.35 น.	ND	0.027	ND
ดิน	ดินหลังโรงงาน 0.3 เมตร เวลา 12.15 น.	ND	0.021	ND
ดิน	ดินหลังโรงงาน 2.0 เมตร เวลา 12.30 น.	ND	0.019	ND
น้ำ	สยามมิตซูย MW-1 (บ่อ Reference) ด้านหลัง	ND	ND	ND
น้ำ	สยามมิตซูย MW-2 (บ่อ Monitoring) ด้านหน้า	ND	ND	ND

Remark ND มีค่าน้อยกว่า 0.001 ppm

(ดร.คัทธิตีธิ อิมแมน)
ผู้วิเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ส่องศักดิ์ กิระชาติ)
หัวหน้าศูนย์บริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางสิ่งแวดล้อม

ภาพ 19 รายงานผลการวิเคราะห์



ห้องปฏิบัติการกลาง ศูนย์บริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อยู่: ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000 โทรศัพท์ 054-466666 ต่อ 3401
Central of Laboratory, Environmental Technology Service Centre, School of Energy and Environment, University of Phayao Address: Mae-ka, Muang, Phayao 56000 Telephone: 054-466666 # 3401

รายงานผลการวิเคราะห์ (ANALYSIS REPORT)

Customer Name : บริษัท สยามมิตรชวย คาสติง จำกัด

Project Location : อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน

Sampling Source : บริษัท สยามมิตรชวย จำกัด

Sampling Point :

GPS. Coordinate :

Report No. : CLSEEN 058/2560

Parameter : Heavy metal

Sampling Date : Aug 5, 2017

Received Date : Aug 7, 2017

Sampling Time : 13.30

Analytical Date : Aug 9-10, 2017

Sampling By : Theeraphat W.

Report Date : Aug 15, 2017

ประเภท ตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	pH	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)
ดิน	ดินหน้าโรงงาน 0.3 เมตร เวลา 10.20 น.	7.2	2.710	0.019	0.001	ND
ดิน	ดินหน้าโรงงาน 2.0 เมตร เวลา 10.35 น.	6.8	8.400	0.006	0.001	ND
ดิน	ดินหลังโรงงาน 0.3 เมตร เวลา 12.15 น.	6.9	12.910	0.010	0.001	ND
ดิน	ดินหลังโรงงาน 2.0 เมตร เวลา 12.30 น.	6.5	3.900	0.001	ND	ND
น้ำ	สยามมิตรชวย MW-1 (บ่อ Reference) ด้านหลัง	6.4	ND	ND	ND	ND
น้ำ	สยามมิตรชวย MW-2 (บ่อ Monitoring) ด้านหน้า	5.8	ND	ND	ND	ND

Remark ND มีค่าน้อยกว่า 0.001 ppm

(ดร.ศักดิ์สิทธิ์ อิ่มแมน)

ผู้วิเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ต๋องเกียรติ กิธาชาติ)

หัวหน้าศูนย์บริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางสิ่งแวดล้อม

ภาพ 20 รายงานผลการวิเคราะห์



SEEN
School of Energy and Environment
University of Phayao

ห้องปฏิบัติการกลาง ศูนย์บริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อยู่: ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000 โทรศัพท์ 054-466666 ต่อ 3401
Central of Laboratory, Environmental Technology Service Centre, School of Energy and Environment, University of Phayao Address: Mae-ka, Muang, Phayao 56000 Telephone: 054-466666 # 3401

รายงานผลการวิเคราะห์ (ANALYSIS REPORT)

Customer Name : บริษัท สยามมิตรชวย คาสติง จำกัด

Project Location : อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน

Sampling Source : บริษัท สยามมิตรชวย จำกัด

Sampling Point :

GPS. Coordinate :

Report No. : CLSEEN 058/2560

Parameter : Heavy metal

Sampling Date : Aug 5, 2017

Received Date : Aug 7, 2017

Sampling Time : 13.30

Analytical Date : Aug 9-10, 2017

Sampling By : Theeraphat W.

Report Date : Aug 15, 2017

ประเภท ตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	Ni (ppm)	Cu (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
ดิน	ดินหน้าโรงงาน 0.3 เมตร เวลา 10.20 น.	0.003	1.660	ND	0.104
ดิน	ดินหน้าโรงงาน 2.0 เมตร เวลา 10.35 น.	0.001	0.900	0.168	0.111
ดิน	ดินหลังโรงงาน 0.3 เมตร เวลา 12.15 น.	0.004	2.860	0.254	0.079
ดิน	ดินหลังโรงงาน 2.0 เมตร เวลา 12.30 น.	0.001	0.590	0.112	0.047
น้ำ	สยามมิตรชวย MW-1 (บ่อ Reference) ด้านหลัง	ND	ND	ND	ND
น้ำ	สยามมิตรชวย MW-2 (บ่อ Monitoring) ด้านหน้า	ND	ND	ND	ND

Remark ND มีค่าน้อยกว่า 0.001 ppm

(ดร.ศักดิ์สิทธิ์ อิมแมน)

ผู้วิเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงษ์ ภิระชาติ)

หัวหน้าศูนย์บริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางสิ่งแวดล้อม

ภาพ 21 รายงานผลการวิเคราะห์

ภาคผนวก ง ควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559

เล่ม ๑๓๓ ตอนที่ ๓๘ ก หน้า ๘๙
ราชกิจจานุเบกษา ๒๙ เมษายน ๒๕๕๙



กฎกระทรวง

ควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน

พ.ศ. ๒๕๕๙

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๖ วรรคหนึ่ง และมาตรา ๘ (๔) (๕) (๖) (๗) และ (๘) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๒ ในกฎกระทรวงนี้

“การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน” หมายความว่า การที่ดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน มีสารปนเปื้อนสะสมในปริมาณที่ไม่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิต หรือมีความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และสิ่งแวดล้อม

“การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน” หมายความว่า การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน และการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่ได้จากการเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินกับเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

“เกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน” หมายความว่า ระดับความเข้มข้นอ้างอิงของสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงานที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้มาจากการคำนวณตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

“สารปนเปื้อน” หมายความว่า สารเคมีหรือสิ่งอื่นใดที่ใช้หรือเก็บรักษาภายในบริเวณโรงงาน หรือเป็นของเสียภายในบริเวณโรงงาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

- (๑) สารอินทรีย์ระเหยง่าย
- (๒) โลหะหนัก

(๓) สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์
 (๔) สารที่มีลักษณะและคุณสมบัติตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมว่าด้วยการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

(๕) สารอื่นตามที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

“ผู้ประกอบการกิจการโรงงาน” หมายความว่า ผู้ประกอบการกิจการโรงงานตามประเภทหรือชนิดของโรงงานตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้

ข้อ ๓ เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของบุคคลและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการกิจการโรงงานต้องจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และจัดการให้การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินต้องไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

ข้อ ๔ ผู้ประกอบการกิจการโรงงานต้องจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และต้องจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินเก็บไว้เพื่อให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมสามารถเรียกตรวจสอบได้ก่อนวันเริ่มประกอบกิจการโรงงาน

ผู้ประกอบการกิจการโรงงานต้องจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินครั้งที่สองเมื่อครบกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันเริ่มประกอบกิจการโรงงาน และต้องจัดทำและส่งรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันครบกำหนดการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินครั้งที่สอง ทั้งนี้ ให้แนบรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามวรรคหนึ่งไปด้วย

ข้อ ๕ ผู้ประกอบการกิจการโรงงานซึ่งประกอบกิจการโรงงานอยู่ก่อนวันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ ต้องจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินครั้งแรกภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันที่กฎกระทรวงนี้ใช้บังคับ และต้องจัดทำและส่งรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันครบกำหนดการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินครั้งแรก

ผู้ประกอบการกิจการโรงงานตามวรรคหนึ่งต้องจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินครั้งที่สองเมื่อครบกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันที่ได้ตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามวรรคหนึ่ง และต้องจัดทำและส่งรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันครบกำหนดการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินครั้งที่สอง

ข้อ ๖ เมื่อครบกำหนดระยะเวลาที่ต้องจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามข้อ ๔ วรรคสอง หรือข้อ ๕ วรรคสอง แล้วแต่กรณีแล้ว ผู้ประกอบการกิจการโรงงานต้องจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินต่อไปทุกสามปี และตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินต่อไปทุกหนึ่งปี และต้องจัดทำ

และส่งรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันครบกำหนดการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินในแต่ละกรณี

ในกรณีที่มีเหตุอันสมควรเพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของบุคคลหรือรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือในกรณีที่ปรากฏว่าการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงานใดสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พนักงานเจ้าหน้าที่อาจสั่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานนั้นจัดให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินเพิ่มเติมก่อนครบกำหนดระยะเวลาตามวรรคหนึ่งก็ได้

ข้อ ๗ การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน ต้องดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชนที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ

ข้อ ๘ การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และการกำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๙ เพื่อประโยชน์ในการกำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินและการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน รัฐมนตรีอาจกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลของสารเคมีที่ใช้หรือเก็บรักษาภายในบริเวณโรงงาน แผนผังแสดงจุดเก็บตัวอย่างและป้อนสังเกตการณ์สำหรับการตรวจวิเคราะห์ดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน และข้อมูลอื่นที่จำเป็นเพื่อประโยชน์ในการดำเนินการตามกฎหมายกระทรวงนี้ก็ได้

ข้อ ๑๐ ในกรณีที่ปรากฏตามรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินว่าการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินโรงงานใดสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ผู้ประกอบกิจการโรงงานนั้นต้องจัดให้มีการทำรายงานเสนอมาตรการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินให้ไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน และส่งรายงานดังกล่าวให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันที่ได้รับพบว่าภายในบริเวณโรงงานมีการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ทั้งนี้ ให้กำหนดระยะเวลาที่คาดว่าจะสามารถดำเนินการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินให้ไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินไว้ในรายงานดังกล่าวด้วย

ข้อ ๑๑ การจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ให้เป็นไปตามแบบที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๑๒ ในกรณีที่เห็นสมควร พนักงานเจ้าหน้าที่อาจสั่งให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานซึ่งไม่เสนอรายงานเสนอมาตรการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินหรือมาตรการลดการปนเปื้อน

บัญชีท้ายกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙

รายการที่	ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน	ขนาดของโรงงาน
๑	๒๒	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้ (๑) การหมัก คาร์บอนไนซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ ควบ บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย (๒) การทอหรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ (๓) การฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ (๔) การพิมพ์สิ่งทอ	โรงงานจำพวกที่ ๓
๒	๓๘	โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้ (๑) การทำเยื่อจากไม้หรือวัสดุอื่น (๒) การทำกระดาษ กระดาษแข็ง หรือกระดาษที่ใช้ในการก่อสร้างชนิดที่ทำจากเส้นใย (Fibre) หรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์ (Fibreboard)	โรงงานจำพวกที่ ๓
๓	๔๒	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี ซึ่งมีใช้ป้อนอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้ (๑) การทำเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี (๒) การเก็บรักษา สำเลียง แยก คัดเลือก หรือแบ่งบรรจุเฉพาะเคมีภัณฑ์อันตราย	โรงงานจำพวกที่ ๓
๔	๔๕	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสี (Paints) น้ำมัน ชักเงา เซลแล็ก แล็กเกอร์ หรือผลิตภัณฑ์ สำหรับใช้ทาหรืออุดอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้ (๑) การทำสีสำหรับใช้ทา ฟัน หรือเคลือบ (๒) การทำน้ำมันชักเงา น้ำมันผสมสี หรือน้ำยาล้างสี (๓) การทำเซลแล็ก แล็กเกอร์ หรือผลิตภัณฑ์ สำหรับใช้ทาหรืออุด	โรงงานจำพวกที่ ๓
๕	๔๘	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เคมีอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้	โรงงานจำพวกที่ ๓

รายการที่	ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน	ขนาดของโรงงาน
		<p>(๑) การทำยาขัดเครื่องเรือน หรือโลหะ ชีมีงหรือวัสดุสำหรับตกแต่งอาคาร</p> <p>(๒) การทำยาฆ่าเชื้อโรคหรือยาดับกลิ่น</p> <p>(๓) การทำผลิตภัณฑ์สำหรับกันน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวทำให้เปียกน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวทำให้ดีเข้าด้วยกันได้ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวทำให้ซึมเข้าไป (Wetting Agents, Emulsifiers or Penetrants) ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ฉนีกหรือกวา ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้เป็นตัวผสม (Sizes) ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้เป็นตัวเชื่อมหรืออุด (Cements) ที่ทำจากพืช สัตว์ หรือพลาสติกที่ได้มาจากแหล่งผลิตอื่น ซึ่งมีใช้ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้อุดฟัน (Dental Cements)</p> <p>(๔) การทำไม้ขัดไฟ วัสดุระเบิด หรือดอกไม้เพลิง</p> <p>(๖) การทำหมึกหรือคาร์บอนดำ</p> <p>(๑๒) การทำผลิตภัณฑ์สำหรับใช้กับโลหะ น้ำมัน หรือน้ำ (Metal, Oil or Water Treating Compounds) ผลิตภัณฑ์สำเร็จเคมีไวแสงฟิล์มหรือกระดาษหรือผ้าที่ทำด้วยตัวไวแสง (Prepared Photo-Chemical Materials or Sensitized Film, Paper or Cloth)</p>	
๖	๔๙	โรงงานกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	โรงงานจำพวกที่ ๓
๗	๖๐	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับถลุง ผสม ทำให้บริสุทธิ์ หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตโลหะในขั้นต้น ซึ่งมีใช้เหล็กหรือเหล็กกล้า (Non-ferrous Metal Basic Industries)	โรงงานจำพวกที่ ๓
๘	๗๔	<p>โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้</p> <p>(๑) การทำหลอดไฟฟ้าหรือดวงโคมไฟฟ้า</p> <p>(๔) การทำฉนวนหรือวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า ซึ่งมีใช้กระเบื้องเคลือบหรือแก้ว</p> <p>(๕) การทำหม้อเก็บพลังงานไฟฟ้า หรือหม้อกำเนิดพลังงานไฟฟ้าชนิดน้ำหรือชนิดแห้ง และรวมถึงชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว</p>	โรงงานจำพวกที่ ๓

รายการที่	ลำดับที่	ประเภทหรือชนิดของโรงงาน	ขนาดของโรงงาน
๙	๑๐๐	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการตกแต่งหรือเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือ ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์โดยไม่มีการผลิต อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้ (๑) การทา ฟัน หรือเคลือบสี (๒) การทา ฟัน หรือเคลือบเซลแล็ก แล็กเกอร์ หรือน้ำมันเคลือบเงาอื่น (๕) การชุบเคลือบผิว (Plating, Anodizing)	โรงงานจำพวกที่ ๓
๑๐	๑๐๑	โรงงานปรับคุณภาพของเสียรวม (Central Waste Treatment Plant)	โรงงานจำพวกที่ ๓
๑๑	๑๐๕	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการตัดแยกหรือ ผึ่งกลบสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีลักษณะ และคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕) ออกตามความใน พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕	โรงงานจำพวกที่ ๓
๑๒	๑๐๖	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียจากโรงงาน มาผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่โดยผ่าน กรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรม	โรงงานจำพวกที่ ๓

หมายเหตุ ลำดับที่ หมายถึง ลำดับที่ของโรงงานจำพวกที่ ๓ ตามที่กำหนดไว้ในบัญชีท้าย กฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕



หมายเหตุ :- เหตุผลในการประกาศใช้กฎกระทรวงฉบับนี้ คือ เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีหลักเกณฑ์ในการควบคุม การปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน สมควรกำหนดให้มีหลักเกณฑ์ในเรื่องดังกล่าว เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของบุคคลและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นต้องออกกฎกระทรวงนี้

ภาคผนวก จ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดิน
และน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูลรวมทั้งการจัดทำ
รายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุม
และมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559

หน้า ๔

เล่ม ๑๓๓ ตอนพิเศษ ๒๗๕ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๙ พฤศจิกายน ๒๕๕๙

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูล
รวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอ
มาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

พ.ศ. ๒๕๕๙

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดิน
และน้ำใต้ดิน การแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการกำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดิน
และน้ำใต้ดิน และการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน เช่น สารเคมีที่ใช้หรือเก็บรักษาภายใน
บริเวณโรงงาน แผนผังแสดงจุดเก็บตัวอย่างและบ่อส่งเหตุการณ์และข้อมูลอื่นที่จำเป็น การจัดทำรายงาน
ผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน
และมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๒ ข้อ ๘ ข้อ ๙ และข้อ ๑๑ แห่งกฎกระทรวงควบคุม
การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม
ออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

“สารก่อมะเร็ง” หมายถึง สารปนเปื้อนตามที่ระบุในกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดิน
และน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็งในคน ตามที่กำหนดไว้ ดังนี้

(๑) องค์การวิจัยระหว่างประเทศเกี่ยวกับโรคมะเร็ง (International Agency for Research
on Cancer - IARC) ซึ่งได้แก่สารในกลุ่ม ๑ (Group 1) กลุ่ม ๒เอ (Group 2A) และกลุ่ม ๒บี
(Group 2B) หรือ

(๒) องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental
Protection Agency - U.S. EPA) ซึ่งได้แก่สารในกลุ่ม เอ (Group A) กลุ่ม บี (Group B) และกลุ่ม ซี
(Group C)

“สารไม่ก่อมะเร็ง” หมายถึง สารปนเปื้อนตามที่ระบุในกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดิน
และน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ ที่มีการระบุค่าพิชวิทยาพื้นฐาน ได้แก่ Reference Dose

“ค่าความเสี่ยง” หมายถึง ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ยอมรับได้จากการรับสารไม่ก่อมะเร็ง
และระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ต่อการเกิดมะเร็งในคนจากการรับสารก่อมะเร็ง เพื่อใช้อ้างอิง
ในการคำนวณเกณฑ์การปนเปื้อน

ข้อ ๒ การคำนวณเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินให้ใช้ค่าความเสี่ยงอ้างอิง ดังนี้

(๑) ค่า 10^{-6} สำหรับสารก่อมะเร็งในกลุ่ม ๑ ตาม IARC กำหนดหรือ กลุ่ม เอ (Group A)
ตาม U.S. EPA กำหนด

(๒) ค่า 10^{-5} สำหรับสารก่อมะเร็งในกลุ่ม ๒เอ (Group 2A) และกลุ่ม ๒บี (Group 2B) ตาม IARC กำหนด หรือกลุ่ม บี (Group B) และกลุ่ม ซี (Group C) ตาม U.S. EPA กำหนด

(๓) ค่า ๑.๐ สำหรับสารไม่ก่อมะเร็ง

ข้อ ๓ สารปนเปื้อนภายในบริเวณโรงงานตามภาคผนวก ๑ ท้ายประกาศนี้ต้องไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินที่คำนวณจากค่าความเสี่ยงที่ใช้อ้างอิงในข้อ ๒ ตามรายละเอียดในภาคผนวกที่ ๑ ท้ายประกาศนี้

สารปนเปื้อนใดที่ไม่ปรากฏในเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินตามภาคผนวกที่ ๑ ท้ายประกาศนี้ ให้ทำการคำนวณเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินตามภาคผนวกที่ ๒ ท้ายประกาศนี้

ข้อ ๔ ให้ผู้ประกอบการกิจการโรงงานตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ แจ้งข้อมูลของสารเคมีที่ใช้หรือเก็บรักษาภายในบริเวณโรงงาน แผนผังแสดงจุดเก็บตัวอย่างและบ่อสังเคราะห์ และข้อมูลอื่นที่จำเป็นตามภาคผนวกที่ ๓ ท้ายประกาศนี้ ต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันเริ่มประกอบกิจการโรงงาน กรณีที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานมาก่อนวันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ ให้ยื่นข้อมูลและแผนผังดังกล่าวข้างต้นภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับและให้ผู้ประกอบกิจการโรงงานทั้งสองกรณีข้างต้น แจ้งข้อมูลและแผนผังครั้งต่อไปพร้อมกับการขอต่ออายุใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานทุกครั้ง

ผู้ประกอบการกิจการโรงงานตามวรรคหนึ่งต้องจัดทำรายงานเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อมูลและแผนผังตามวรรคหนึ่ง ยื่นต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมการใช้สารปนเปื้อนภายในบริเวณโรงงาน เพื่อให้พนักงานเจ้าหน้าที่พิจารณาให้ความเห็นชอบ

ข้อ ๕ การจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินที่ผู้ประกอบการโรงงานตามข้อ ๔ และข้อ ๕ ของกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ จะต้องยื่นต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ให้เป็นไปตามแบบในภาคผนวกที่ ๔ ท้ายประกาศนี้

ข้อ ๖ การจัดทำรายงานเสนอมาตรการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินให้ไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ในกรณีที่ปรากฏตามรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินว่า การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินโรงงานใดสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินตามข้อ ๑๐ แห่งกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ ให้เป็นไปตามแบบที่กำหนดในภาคผนวกที่ ๕ ท้ายประกาศนี้

ข้อ ๗ วิธีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงานให้ดำเนินการ ดังนี้

(๑) การตรวจสอบคุณภาพดินให้ใช้วิธี Test Methods of Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) หรือวิธีอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ

การปนเปื้อนในดิน ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องดำเนินการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน โดยละเอียดต่อไปทันที

ข้อ ๑๒ การติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ตามข้อ ๑๐ จะต้องให้มีระดับความลึกของบ่อจากระดับน้ำใต้ดินลงไปมากพอเพื่อให้มีปริมาณน้ำใต้ดินอยู่ในบ่อดังกล่าวเพียงพอเพื่อดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินได้

ข้อ ๑๓ เพื่อเป็นประโยชน์ในการดำเนินการตามข้อ ๑๐

(๑) ในกรณีที่ผู้ประกอบกิจการโรงงาน มีการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ก่อนประกาศนี้ใช้บังคับ ถ้าตำแหน่งและความลึกของบ่อสังเกตการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของประกาศนี้ ผู้ประกอบกิจการโรงงานอาจใช้บ่อสังเกตการณ์นั้นเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินก็ได้

(๒) ผู้ประกอบกิจการโรงงานอาจใช้บ่อสังเกตการณ์ที่อยู่นอกพื้นที่โรงงานของตนเป็นบ่อสังเกตการณ์ที่ใช้เป็นบ่ออ้างอิง (Up-gradient) โดยไม่ต้องติดตั้งบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมก็ได้ หากบ่อดังกล่าวมีตำแหน่ง ความลึกและมีแนวของทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินที่เหมาะสมและผู้ประกอบกิจการโรงงานสามารถเข้าไปเก็บตัวอย่างหรือแสดงผลวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของประกาศนี้ได้

ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๓๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

อรรชกา สีบุญเรือง

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม



(๒) การตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินให้ใช้วิธี Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่งสมาคมสุขภาพของประชาชนอเมริกัน (American Public Health Association – APHA) สมาคมการประปาแห่งสหรัฐอเมริกา (American Water Works Association) และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด หรือวิธีอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ

หลักเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงานให้เป็นไปตามภาคผนวกที่ ๖ ท้ายประกาศนี้

ข้อ ๘ การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินต้องมีการเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินตามคู่มือที่อธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๙ กรณีที่ผู้ประกอบการโรงงานตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ เห็นว่าโรงงานของตนไม่มีกิจกรรมหรือไม่มีการใช้หรือเก็บรักษาสารเคมี ของเสีย หรือสิ่งอื่นใดภายในบริเวณโรงงาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และสิ่งแวดล้อมและอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ผู้ประกอบการโรงงานอาจแสดงผลโดยแจ้งเป็นหนังสือต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ เพื่อขอไม่ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดิน และให้ถือว่าการแจ้งดังกล่าวเป็นการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ ทั้งนี้ กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดแล้วแต่กรณี อาจตรวจสอบความถูกต้องของการแจ้งดังกล่าวภายหลังได้

ในกรณีที่การแจ้งในวรรคหนึ่งไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง ให้ถือว่าผู้ประกอบการโรงงานนั้นไม่ได้จัดทำให้มีการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และไม่ได้จัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙

ข้อ ๑๐ เพื่อประโยชน์ในการดำเนินการตามกฎกระทรวงควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๙ ผู้ประกอบการโรงงานตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงดังกล่าวต้องแสดงข้อมูลได้ว่าตนเองได้ดำเนินการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์สำหรับการตรวจวิเคราะห์ดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน ซึ่งประกอบด้วยบ่อสองประเภท คือ บ่อที่อยู่ในตำแหน่งเหนือน้ำเพื่อใช้เป็นบ่ออ้างอิง (Up-gradient) และบ่อที่ขุดน้ำเพื่อใช้ในการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนจากกระบวนการ (Down-gradient) โดยให้ครอบคลุมพื้นที่โรงงานที่มีศักยภาพก่อให้เกิดการปนเปื้อนแล้ว

ข้อ ๑๑ การดำเนินการตามข้อ ๑๐ หากระดับน้ำใต้ดินเฉลี่ยในพื้นที่สถานประกอบการโรงงานอยู่ลึกจากผิวดินเกินกว่าสิบห้าเมตร และพิสูจน์โดยวิธีการที่ยอมรับได้ว่ามีชั้นหินแข็งอยู่ใต้พื้นที่โรงงานจนไม่สามารถเจาะดินและทำการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินได้ด้วยวิธีการปกติให้ผู้ประกอบการโรงงานเก็บตัวอย่างดินชั้นบนก่อน ถ้าพบว่าดินชั้นบนดังกล่าวมีสารปนเปื้อนเกินกว่าเกณฑ์

ลำดับที่	ชื่อสาร	เลขทะเบียน ซีเอส (CAS No.)	เกณฑ์การปนเปื้อน	
			ดิน (มก./กก.)	น้ำใต้ดิน (มก./ล.)
๓๕	อัลฟา-เฮกซ์ไคเอ (α-HCH) หรืออัลฟา-บีเอซี (α-BHC)	๓๒๑-๘๔-๖	๐.๓	๐.๐๑
๓๖	เบตา-เฮกซ์ไคเอ (β-HCH) หรือเบตา- บีเอซี (β-BHC)	๓๒๑-๘๕-๗	๐.๗	๐.๐๓
๓๗	แกมมา-เฮกซ์ไคเอ (γ-HCH) หรือ ลินเดน (Lindane)	๕๘-๘๑-๙	๒๙	๐.๐๔
๓๘	เฮกซาคอโรไซโคลเพนทาไดเอิน (Hexachlorocyclopentadiene)	๓๗-๔๗-๕	๑.๖	๘.๐
๓๙	เฮกซาคอโรอีเทน (Hexachloroethane)	๖๗-๗๒-๑	๑๑๗	๒.๐
๔๐	อินดีน (๑,๒,๓-ซีดี)ไพเริน (Indeno(1,2,3-cd) pyrene)	๑๖๒-๓๑-๕	๒.๒	๐.๑
๔๑	ไอโซฟอรอน (Isophorone)	๓๘-๕๗-๑	๑,๐๐๐	๕๑
๔๒	เลด หรือ ตะกั่ว (Lead)	๗๔๓๑-๗๖-๑	๓๕๐	๕.๐
๔๓	แมงกานีส (Manganese)	๗๔๓๑-๗๖-๕	๓๒,๐๐๐	๓๓
๔๔	เมอร์คิวรี หรือ ปรอท (Mercury)	๗๔๓๑-๗๗-๖	๒๑๐	๐.๗
๔๕	เมทานอล (Methanol)	๖๗-๕๖-๑	๑,๐๐๐	๒๐
๔๖	เมทอกซีคลอร์ (Methoxychlor)	๓๖๒-๘๓-๕	๔๑๖	๑๒
๔๗	เมทิลโบรมไนด์ (Methyl bromide)	๓๙-๘๒-๙	๑๑๖	๓.๐
๔๘	เมทิลีนคลอไรด์ (Methylene chloride) หรือ ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	๓๕-๐๙-๒	๒๑๐	๖.๐
๔๙	๒-เมทิลฟีนอล (2-methylphenol) หรือ ออร์โท-ครีซอล (o-cresol)	๗๕-๔๘-๗	๑,๐๐๐	๗.๕
๕๐	๒-เมทิลแนฟทาลีน (2-Methylnaphthalene)	๗๑-๕๗-๖	๑,๐๐๐	๒๐
๕๑	เมทิล เทร์ท-บิวทิล อีเทอร์ (Methyl tert-butyl ether)	๑๖๓๕-๐๔-๔	๑,๐๐๐	๒๙
๕๒	แนฟทาลีน (Naphthalene)	๗๑-๒๐-๓	๑,๐๐๐	๕๘
๕๓	นิกเกิล (Nickel)	๗๔๔๐-๐๒-๐	๔๑,๐๐๐	๕.๐
๕๔	ไนโตรเบนซีน (Nitrobenzene)	๗๘-๗๕-๓	๔๖	๑.๒
๕๕	เฮน-ไนโตรโซไดฟีนิลามีน (N-Nitrosodiphenylamine)	๘๖-๓๐-๖	๓๓๕	๑๐
๕๖	เฮน-ไนโตรโซโพรพิลลามีน (N-Nitrosodi-n-propylamine)	๖๒๑-๖๔-๗	๐.๒	๐.๐๑

ลำดับที่	ชื่อสาร	เลขทะเบียน ซีเอส (CAS No.)	เกณฑ์การปนเปื้อน	
			ดิน (มก./กก.)	น้ำใต้ดิน (มก./ล.)
๙๗	โพลีคลอริเนตเต็ดไบฟีนีลส์ (Polychlorinated Biphenyls) หรือ พีซีบี (PCB)	๑๓๓๖-๓๖-๓	๑๐	๐.๑
๙๘	เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	๘๗๗-๘๖-๕	๑๑๐	๐.๒
๙๙	ฟีนแอนทรีน (Phenanthrene)	๘๕-๐๑-๘	๑,๐๐๐	๗๒
๑๐๐	ฟีนอล (Phenol)	๑๐๘-๙๕-๒	๑,๐๐๐	๗๒
๑๐๑	ไพเร็น (Pyrene)	๑๒๙-๐๐-๐	๑,๐๐๐	๗๒
๑๐๒	ซีลีเนียม (Selenium)	๗๗๘๒-๔๙-๒	๑๐,๐๐๐	๑๒
๑๐๓	ซิลเวอร์ (Silver)	๗๔๔๐-๒๒-๔	๑,๐๐๐	๑๒
๑๐๔	สไตรีน (Styrene)	๑๐๐-๔๒-๕	๑,๗๐๐	๒๔
๑๐๕	๑,๑,๒,๒-เตตระคลอโรอีเทน (1,1,2,2-Tetrachloroethane)	๗๙-๓๔-๕	๘.๐	๐.๒
๑๐๖	เตตระคลอโรเอทิลีน (Tetrachloroethylene) หรือ เปอร์คลอโร เอทิลีน (Perchloroethylene)	๑๒๗-๑๘-๔	๑๙๐	๐.๙
๑๐๗	โทลูอีน (Toluene)	๑๐๘-๘๘-๓	๕๒๐	๕.๐
๑๐๘	ท็อกซาเฟน (Toxaphene)	๘๐๐๑-๓๕-๒	๑.๕	๐.๐๔
๑๐๙	ทีพีเอช (คาร์บอน _๕ -คาร์บอน _{๑๐}) (TPH (C ₅ - C _{๑๐})) หรือโททอลปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (คาร์บอน _๕ -คาร์บอน _{๑๐}) (Total Petroleum Hydrocarbon (C ₅ - C _{๑๐}))	-	๒๕	๑.๔
๑๑๐	ทีพีเอช (คาร์บอน _๕ -คาร์บอน _{๑๖}) (TPH (C ₅ - C ₁₆)) หรือ โททอลปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (คาร์บอน _๕ -คาร์บอน _{๑๖}) (Total Petroleum Hydrocarbon (C ₅ - C ₁₆))	-	๒๕	๑.๗
๑๑๑	ทีพีเอช (คาร์บอน _{๑๖} -คาร์บอน _{๓๕}) (TPH (C ₁₆ -C ₃₅)) หรือโททอลปิโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอน (คาร์บอน _{๑๖} -คาร์บอน _{๓๕}) (Total Petroleum Hydrocarbon (C ₁₆ - C ₃₅))	-	๘.๐	๐.๑
๑๑๒	๑,๒,๔-ไตรคลอโรเบนซีน (1,2,4-Trichlorobenzene)	๑๒๐-๘๒-๑	๑,๐๐๐	๒๔
๑๑๓	๑,๑,๑-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane)	๗๑-๕๕-๖	๑,๔๐๐	๐.๒

ลำดับที่	ชื่อสาร	เลขทะเบียน ซีเอส (CAS No.)	เกณฑ์การปนเปื้อน	
			ดิน (มก./กก.)	น้ำใต้ดิน (มก./ล.)
๑๑๔	๑,๑,๒-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane)	๗๙-๐๐-๕	๑๙	๐.๔
๑๑๕	ไตรคลอโรเอทิลีน (Trichloroethylene)	๗๙-๐๑-๖	๖๑	๔.๔
๑๑๖	๒,๔,๕-ไตรคลอโรฟีนอล (2,4,5-trichlorophenol)	๗๕-๗๕-๔	๑,๐๐๐	๒๔
๑๑๗	๒,๔,๖-ไตรคลอโรฟีนอล (2,4,6-Trichlorophenol)	๘๘-๐๖-๒	๑๕๑	๔.๔
๑๑๘	๑,๓,๕ ไตรเมทิลเบนซีน (1,3,5-Trimethylbenzene)	๑๐๘-๖๗-๘	๑๓๙	๑๒
๑๑๙	วานาเดียม (Vanadium)	๗๔๔๐-๖๒-๒	๑,๐๐๐	๑๗
๑๒๐	ไวนิลอะซิเตต (Vinyl acetate)	๑๐๘-๐๕-๔	๑,๐๐๐	๑๑๙
๑๒๑	ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride) หรือ คลอโรเอทีน (chloroethene)	๗๕-๐๑-๔	๘.๓	๐.๐๓
๑๒๒	เมตา-ไซลีน (m-Xylene)	๑๐๘-๓๘-๓	๒๑๐	๒๔
๑๒๓	ออโร-ไซลีน (o-Xylene)	๗๕-๔๗-๖	๒๑๐	๒๔
๑๒๔	พารา-ไซลีน (p-Xylene)	๑๐๖-๔๒-๓	๒๑๐	๒๔
๑๒๕	ไซลีน (ทั้งหมด) (Xylene (Total))	๑๓๓๐-๒๐-๗	๒๑๐	๒๔
๑๒๖	ซิงค์ หรือสังกะสี (Zinc)	๗๔๔๐-๖๖-๖	๑,๐๐๐	๑๐

* หน่วยเกณฑ์การปนเปื้อน คือ จำนวนเส้นใยต่อลิตร

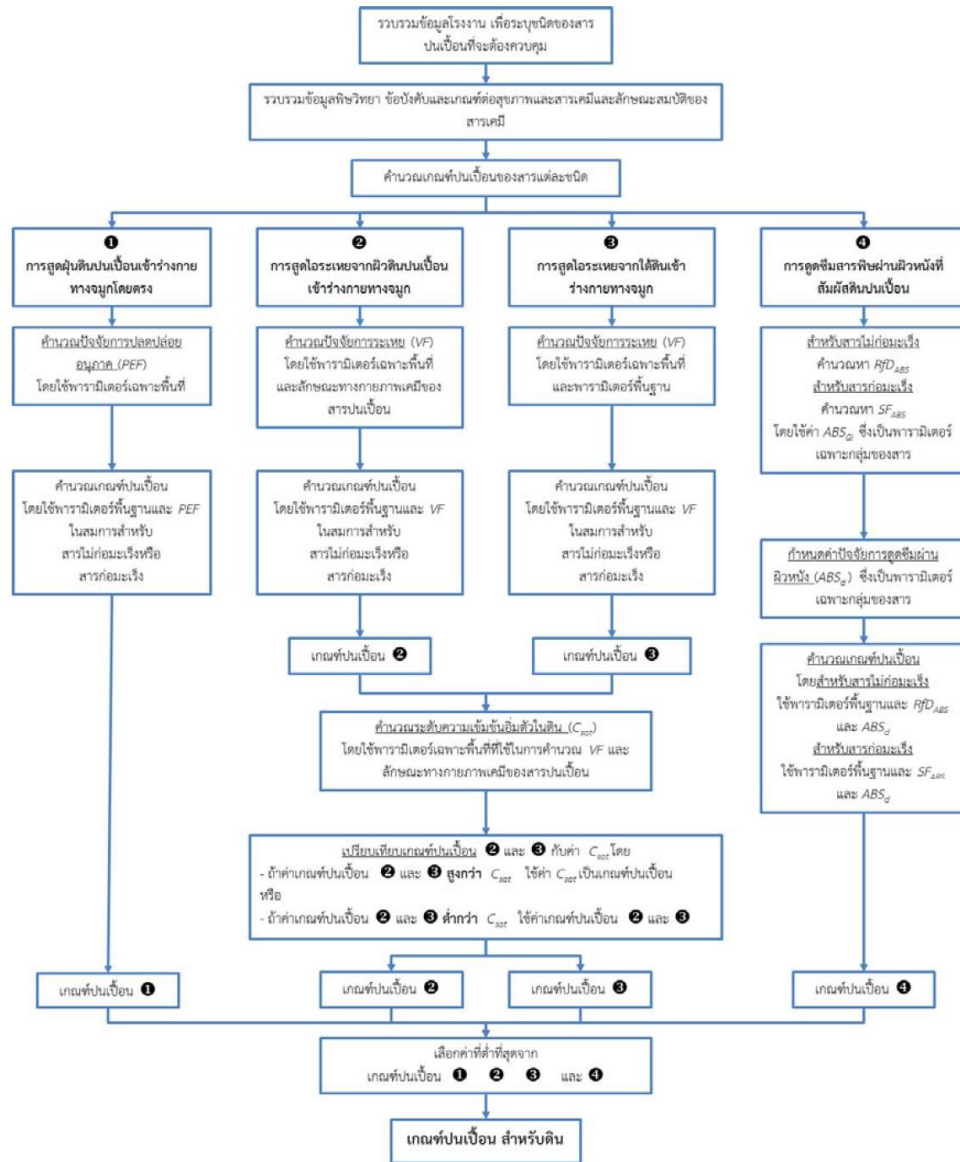
หมายเหตุ

ในกรณีที่มีการปนเปื้อนของกรดหรือด่างให้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชจากจุดเก็บตัวอย่างบ่อน้ำที่ใช้ในการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนกับผลการวิเคราะห์จากจุดเก็บตัวอย่างบ่อน้ำที่ใช้เป็นบ่ออ้างอิงบนทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ โดยค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงจะต้องไม่เกินหนึ่งระดับ และไม่อยู่นอกช่วงค่าเกณฑ์อนุโมหะสูงสุดของมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค คือ ๖.๕ - ๗.๖



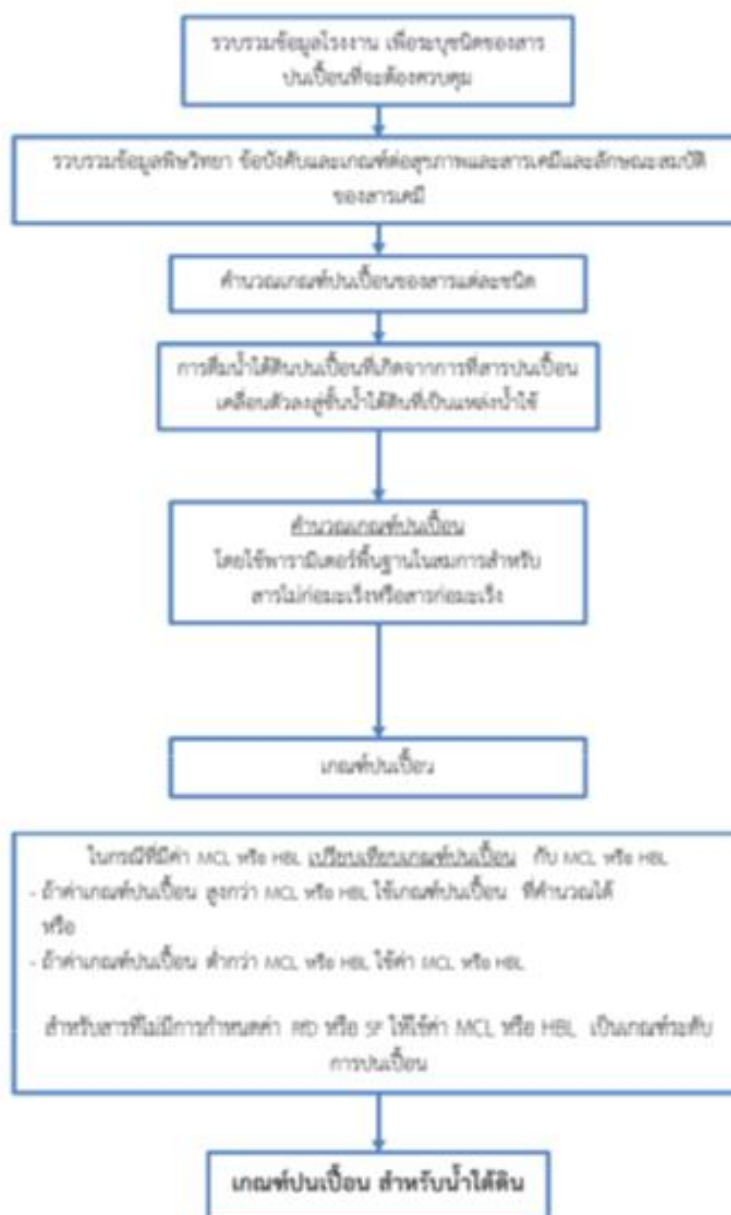
ภาคผนวกที่ ๒

๒.๑ วิธีคำนวณเกณฑ์การปนเปื้อนดินภายในบริเวณโรงงาน



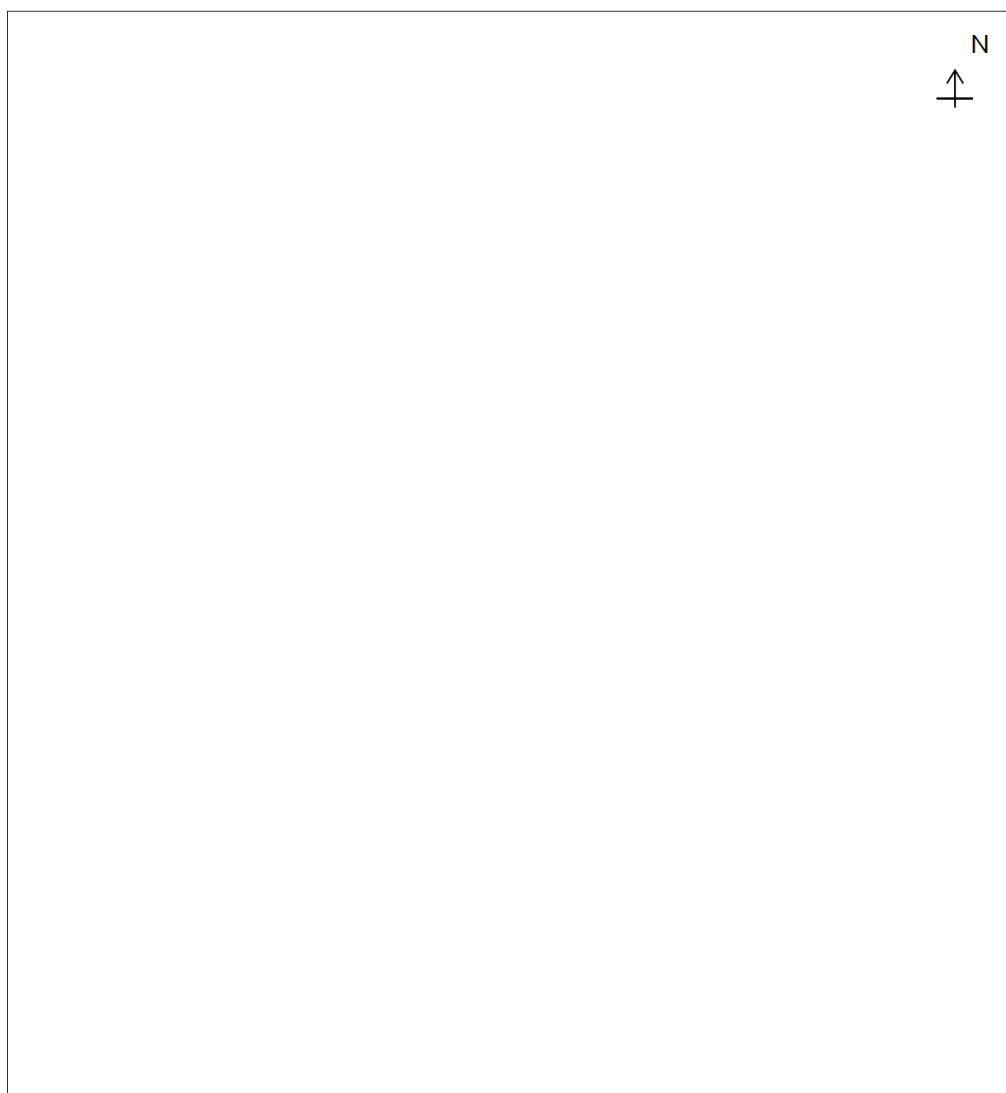
หมายเหตุ: RfD_{ABS} หรือ Dermal-Adjusted Reference Dose
 SF_{ABS} หรือ Dermal-Adjusted Cancer Slope Factor
 ABS_{GI} หรือ Gastro-Intestinal Absorption Factor

๒.๒ วิธีคำนวณเกณฑ์การปนเปื้อนน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน



๓.๔ แผนผังแสดงจุดเก็บตัวอย่างและติดตั้งบ่อสังเกตการณ์

ของโรงงาน.....



หมายเหตุ: โปตรระบุมตราส่วน ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน และพิกัดตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์

ลงชื่อผู้แจ้งข้อมูล.....
()
ตำแหน่ง.....

ภาคผนวกที่ ๔

แบบรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน

ของโรงงาน/บริษัท.....ทะเบียนโรงงานเลขที่.....

ลักษณะการประกอบกิจการ.....

เก็บตัวอย่างวันที่.....เดือน.....พ.ศ. ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ชื่อผู้เก็บตัวอย่าง.....ชื่อห้องปฏิบัติการ.....

ส่งรายงานวันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ลำดับที่	ชื่อสารปนเปื้อน/ เลขทะเบียนซีไอเอส (CAS No.)	กิจกรรมที่ เกี่ยวข้องกับ สารปนเปื้อน	ดิน		น้ำใต้ดิน		วิธีการวิเคราะห์	วันที่วิเคราะห์	สรุปผลการ ตรวจสอบ
			เกณฑ์ (มก./กก.)	ผลวิเคราะห์ (มก./กก.)	เกณฑ์ (มก./ล.)	ผลวิเคราะห์ (มก./ล.)			

ลงชื่อผู้แจ้งข้อมูล.....
(.....)

ตำแหน่ง.....

วิธีการวิเคราะห์ อ้างอิงตาม :

หมายเหตุ : หากมีสารปนเปื้อนมากกว่าที่แสดงได้ในตาราง ให้จัดทำเป็นใบแนบเพิ่มเติม พร้อมแนบรายงานผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ



ภาคผนวกที่ ๒

หลักเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน

ข้อ ๑ รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงงานได้แก่ ที่ตั้งและประวัติของโรงงาน สภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่ ผังโรงงาน วัตถุประสงค์ กระบวนการผลิต ปริมาณการใช้สารเคมี ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบท่อรวบรวมสารเคมีและน้ำเสีย การจัดการมลพิษอากาศ การจัดการกากอุตสาหกรรม ข้อมูลความปลอดภัย และอื่นๆ

ข้อ ๒ ระบุชนิดของสารปนเปื้อนที่ต้องกำหนดเกณฑ์หรือทำการคำนวณเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน จัดทำบัญชีรายชื่อสารปนเปื้อนของโรงงานที่ได้ผ่านกระบวนการคัดกรองในเบื้องต้นแล้วว่าเป็นสารอันตรายที่มีศักยภาพก่อให้เกิดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน

ข้อ ๓ กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน จากภาคผนวกที่ ๑ หรือในกรณีที่ไม่ปรากฏชื่อสารที่ต้องกำหนดเกณฑ์ในภาคผนวกที่ ๑ ให้ทำการคำนวณเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินตามภาคผนวกที่ ๒

ข้อ ๔ จัดทำบัญชีรายชื่อสารปนเปื้อนและการจำแนกความเป็นอันตรายของสารปนเปื้อน แสดงปริมาณการกักเก็บ การใช้ ปริมาณคงเหลือและการจัดการสารปนเปื้อน เกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน และแผนผังแสดงจุดเก็บตัวอย่างและติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ตามแบบในภาคผนวกที่ ๑ อื่นต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดที่โรงงานตั้งอยู่ภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวัน นับแต่วันเริ่มประกอบกิจการโรงงาน กรณีได้ประกอบกิจการโรงงานมาก่อนวันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ ให้ยื่นเอกสารข้างต้นภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ และให้แจ้งครั้งต่อไปพร้อมกับการขอต่ออายุใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

ข้อ ๕ ติดตั้งบ่อสังเกตการณ์และเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดิน เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน ในการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกสามารถดำเนินการพร้อมกับการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ โดยให้เก็บตัวอย่างดินจากความลึก ๒ ระดับ ได้แก่

(๑) ตัวอย่างดินระดับบน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับตั้งแต่ผิวดิน (ไม่นับความหนาของวัสดุปูลาด) ถึงความลึกประมาณ ๓๐ เซนติเมตร

(๒) ตัวอย่างดินระดับล่าง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกระดับเดียวกับน้ำใต้ดิน การเก็บตัวอย่างดินเพื่อรายงานครั้งถัดไปในกรณีที่ไม่พบการปนเปื้อนสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนให้เก็บตัวอย่างดินระดับบนในจุดที่กำหนด ส่วนในกรณีที่พบการปนเปื้อนสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนอาจจำเป็นต้องเพิ่มความถี่จุดเก็บตัวอย่าง และเพิ่มการเก็บดินจากระดับความลึกอื่น ตามความเหมาะสมแล้วแต่กรณี

การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินให้เก็บจากบ่อสังเกตการณ์ ในกรณีที่พบการปนเปื้อนสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อน อาจจำเป็นต้องเพิ่ม ความถี่ จุดเก็บตัวอย่าง และเพิ่มการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากระดับความลึกอื่น ตามความเหมาะสมแล้วแต่กรณี

ข้อ ๖ เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินกับเกณฑ์การปนเปื้อนที่ได้จากการคำนวณ

ข้อ ๗ ในกรณีที่ค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน ให้ดำเนินการตามมาตรการควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินที่โรงงานเสนอทันที เพื่อให้ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนมีค่าไม่สูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนดังกล่าว

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	กนกศักดิ์ อินทร์รังษี
วัน เดือน ปี เกิด	4 กรกฎาคม 2531
สถานที่เกิด	น่าน
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2559 วท.บ.(อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, นนทบุรี พ.ศ.2555 วท.บ.(สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	90 หมู่ 5 ต.งอบ อ.ทุ่งช้าง จ.น่าน
ผลงานตีพิมพ์	กนกศักดิ์ อินทร์รังษี (ผู้บรรยาย), โกวิท สุวรรณหงษ์, ศักดิ์สิทธิ์ อิ่ม แมน, เนติยา กริธาชาติ และต่อพงศ์ กริธาชาติ. การประเมินความเสี่ยง ต่อการปนเปื้อนสารเคมีในดินและน้ำใต้ดินกรณีศึกษาโรงงานรีไซเคิล อะลูมิเนียม. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 17 (หน้า 65). โรงแรมเซ็นทาราและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัด อุดรธานี: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

