แนวทางปฏิบัติงาน เกี่ยวกับการฟื้นฟูดิน และน้ำใต้ดิน

กรณีเกิดการรั่วไหลของน้ำมัน

นพลักษณ์ ศุภธนสินเขษม

พ.ศ. ๒๐๒๑

KM

๑. หัวข้อ ด้านงานเผยแพร่ความรู้

๒. ชื่อเรื่อง การเผยแพร่ความรู้แนวทางปฏิบัติงานเกี่ยวกับการฟื้นฟูดินและน้ำใต้ดิน: กรณีเกิดการรั่วไหลของน้ำมัน

๓. ผู้จัดทำ นพลักษณ์ ศุภธนสินเขษม กองส่งเสริมเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

๔. หลักการและเหตุผล

ด้วยดินจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วไม่หมดสิ้น (Inexhaustible natural resources) ประเภทที่มีการเปลี่ยนแปลง (Mutuable) เกิดขึ้นได้จากการใช้ประโยชน์อย่างไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และด้านคุณภาพ จนอาจไม่สามารถใช้ประโยขน์ได้ดังเดิม ซึ่งกระบวนการสร้างดินขึ้นมาใหม่ต้องใช้ระยะเวลายาวนานมากและเป็นเรื่องยาก เพราะมีองค์ประกอบหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยดินในเขตภูมิอากาศชุ่มชื้นและพื้นที่เป็นทรายกว่าจะพัฒนาถึงขั้นสมบูรณ์แบบ ต้องใช้เวลาราว ๑๐๐ – ๒๐๐ ปี ในขณะเดียวกันดินในเขตสูงสุดบางชนิดต้องใช้เวลาในการพัฒนาถึง ๑ - ๖ ล้านปี เป็นต้น (ปรียานุช สิงขรบรรจง.มกราคม ๔, ๒๐๑๑. ปัจจัยในการก่อเกิดดิน.)

ทั้งนี้ การใช้ประโยชน์จากดินในปัจจุบันมี ๒ รูปแบบ คือ เป็นแหล่งรองรับการปนเปื้อนทางธรรมชาติ (Natural Sink for Contaminants) จากการทิ้งวัสดุเหลือใช้ การใช้สารเคมีในการเกษตร การรั่วไหลของน้ำมันและสารเคมี รวมถึงมลพิษต่างๆ และเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ (Source of Pollution) เองด้วย เช่น บริเวณที่มีเกลือในดินมาก หรือบริเวณที่ดินมีความหนาแน่นน้อย เป็นต้น จะทำให้ดินบริเวณนั้นไม่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสาเหตุการปนเปื้อนในดินที่มักส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังน้ำใต้ดินที่พบมากจะเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมปัญหาการปนเปื้อนที่เกิดจากการรั่วไหลของน้ำมันเกิดขึ้นบ่อยครั้งในสถานประกอบการที่มีการบริหารจัดการที่ไม่ดี ทั้งจากการผลิต การกักเก็บ และการขนส่ง

ดังนั้น แนวทางหรือมาตรการรองรับในการควบคุมและแก้ไขปัญหาการรั่วไหลของน้ำมันจึงมีความจำเป็นสำหรับทั้งผู้ประกอบกิจการโรงงาน เจ้าหน้าที่กำกับดูแล และผู้ที่เกี่ยวข้อง ที่ต้องศึกษาเรียนรู้เพื่อช่วยกันอนุรักษ์และดูแลทรัพยากรดินและน้ำใต้ดินให้มีความยั่งยืนต่อไป

๕. รายละเอียดเนื้อหา

๕.๑ การจำแนกพื้นที่ปนเปื้อน

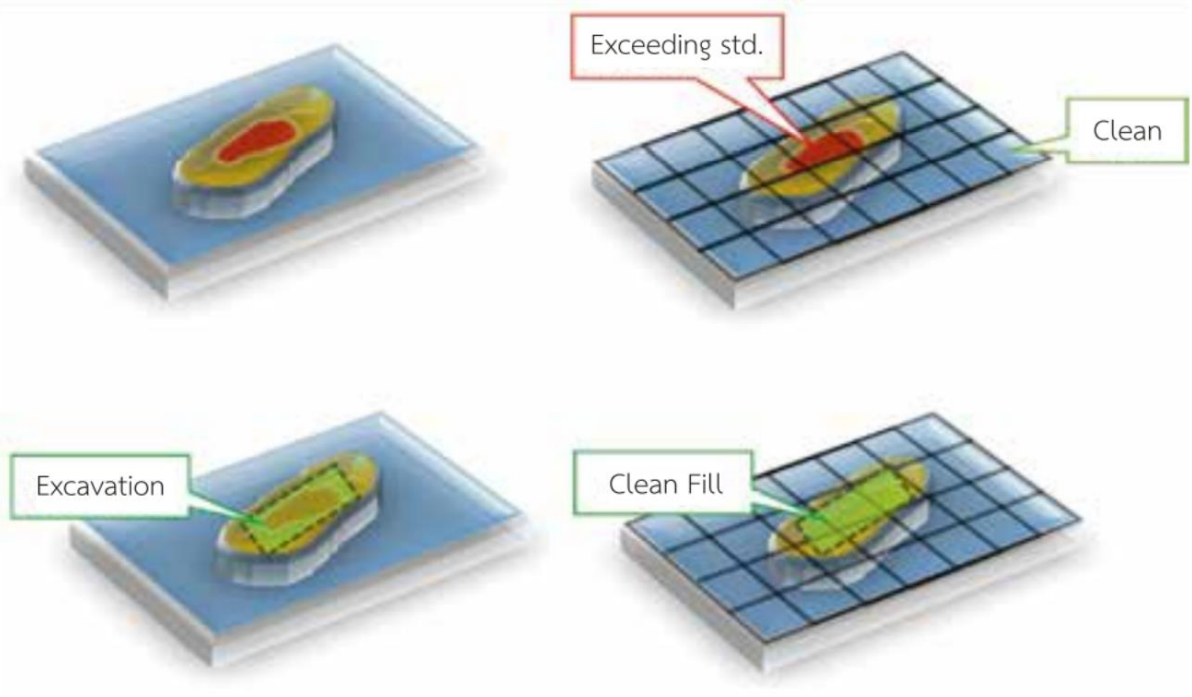
การแบ่งพื้นที่ปนเปื้อน เริ่มจากการตรวจสอบประวัติการใช้พื้นที่และลักษณะสิ่งแวดล้อมโดยรอบ (รวมทั้งการประเมินเบื้องต้นของโอกาสที่อาจเกิดการปนเปื้อนจากสารเคมีและการขนส่งสารเคมี การจำแนกเส้นทางรับสารในพื้นที่และนอกพื้นที่) การแบ่งประเภทของพื้นที่จะใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ในรูปแบบของความจำเป็นเร่งด่วนในการดำเนินการกรณีพื้นที่ดังกล่าวก่อให้เกิดอันตราย ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นไม่ได้เพิ่มสูงขึ้นในระหว่างกระบวนการจัดการความเสี่ยงและขบวนการประเมินความเสี่ยง โดยแบ่งการปนเปื้อนออกเป็น ๔ ระดับ (ดัดแปลงจาก คู่มือแนวทางการจัดการพื้นที่ปนเปื้อนสามรอันตราย. กรมควบคุมมลพิษ. ๒๕๓๕.)

ตารางที่ ๑ การจำแนกพื้นที่ปนเปื้อน ๔ ระดับ

<table>
<tr><th colspan="4">กรณีการปนเปื้อนจากการรั่วไหลของน้ำมัน (ใช้สารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (TPHs) เป็นดัชนีชี้วัด)</th></tr>
<tr><th>ระดับการปนเปื้อน</th><th>เหตุการณ์</th><th colspan="2">คำแนะนำในการดำเนินการ</th></tr>
<tr><td>๔</td><td>พื้นที่ไม่ปรากฏอันตรายใดๆ ต่อสุขภาพในระยะยาว และความปลอดภัยของมนุษย์ หรือความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม</td><td colspan="2">ด้วยมีค่า TPHs ต่ำกว่าเกณฑ์การปนเปื้อนที่กฎหมายกำหนด ดังตารางที่ ๒ จึงไม่ต้องดำเนินการใด ๆ แต่ยังคงต้องติดตามตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน เพื่อเฝ้าระวังการปนเปื้อนตามที่กฎหมายกำหนดอย่างต่อเนื่อง</td></tr>
<tr><td>๓</td><td>พื้นที่มีความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ มีอันตรายในระยะยาว (มากกว่า ๒ ปี)</td><td rowspan="3"><u>พื้นที่มีปริมาตรปนเปื้อนต่ำ</u>
๑) สืบหาสาเหตุการปนเปื้อน
๒) กำหนดขอบเขตการปนเปื้อน
๓) กำหนดกริดให้ครอบคลุมพื้นที่ปนเปื้อน โดยขนาดของกริดตามค่าแนะนำของกรมควบคุมมลพิษ คือ ๑๕ x ๑๕ เมตร
๔) ทำการตักดิน (Excavation) บริเวณปนเปื้อนระดับสูง (Hot Spot) ไปบำบัดนอกพื้นที่ (EX Situ Remediation) หรือทำการคลุมดิน (Capping)
๕) นำดินสะอาดเข้ามาเติมในบริเวณที่ถูกตักออกไป
โดยมีคำแนะนำขั้นตอนการทำความสะอาดพื้นที่ รูปที่ ๑</td><td rowspan="3"><u>พื้นที่ปริมาตรปนเปื้อนสูง</u>
ขั้นต้น: หลังจากทราบสาเหตุ ขอบเขต และคาดการณ์ปริมาณการปนเปื้อนแล้ว ให้ทำการวางแผน เปรียบเทียบ และคัดเลือกเทคโนโลยีฟื้นฟูที่เหมาะสม
๑) เปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน เช่น เทคโนโลยี ระยะเวลาฟื้นฟู และประสิทธิภาพที่ต้องการ เป็นต้น
๒) ประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการฟื้นฟู เช่น ชนิดและประเภทสารปนเปื้อน ปริมาณและความเข้มข้นของสารปนเปื้อน การกระจายตัวของสารปนเปื้อน และลักษณะพื้นที่ เป็นต้น
๓) ประเมินค่าใช้จ่าย
๔) เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย
๕) ประเมินความพร้อมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการฟื้นฟูพื้นที่
๖) ประเมินความยากง่ายในการเดินระบบการตรวจสอบ และบำรุงรักษา
๗) ประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อแสดงความคุ้มทุน
ขั้นต่อไป: ทำการฟื้นฟูตามการจำแนกระดับการปนเปื้อน รูปที่ ๒ และข้อ ๕.๒</td></tr>
<tr><td>๒</td><td>พื้นที่มีความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ มีอันตรายในระยะสั้น (มากกว่า ๐ - ๒ ปี)</td></tr>
<tr><td>๑</td><td>พื้นที่มีความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ มีอันตรายเกิดขึ้นทันทีต่อสุขภาพ และความปลอดภัยของมนุษย์ หรือความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม</td></tr>
</table>

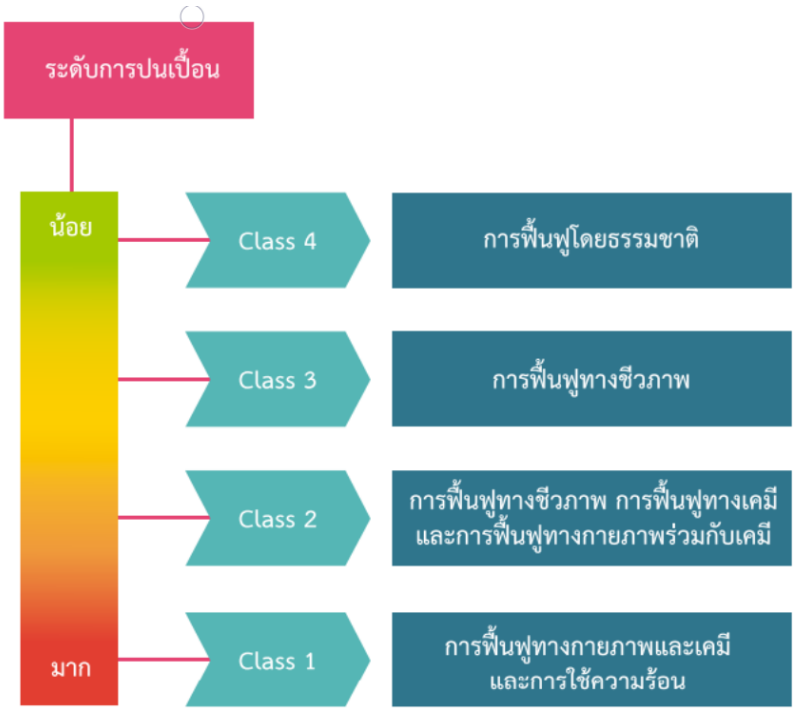
หมายเหตุ: การปนเปื้อนระดับ ๓ - ๑ กำหนดให้มีความเสี่ยงต่อสุขภาพเพิ่มขึ้นระดับ ๑๐ เท่า

ที่มา: ดัดแปลงจาก แนวทางการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. บริษัทในกลุ่ม ปตท. (๒๕๖๓)



รูปที่ ๑ ขั้นตอนการทำความสะอาดพื้นที่ปนเปื้อน

ที่มา: ดัดแปลงจาก USEPA (2004)



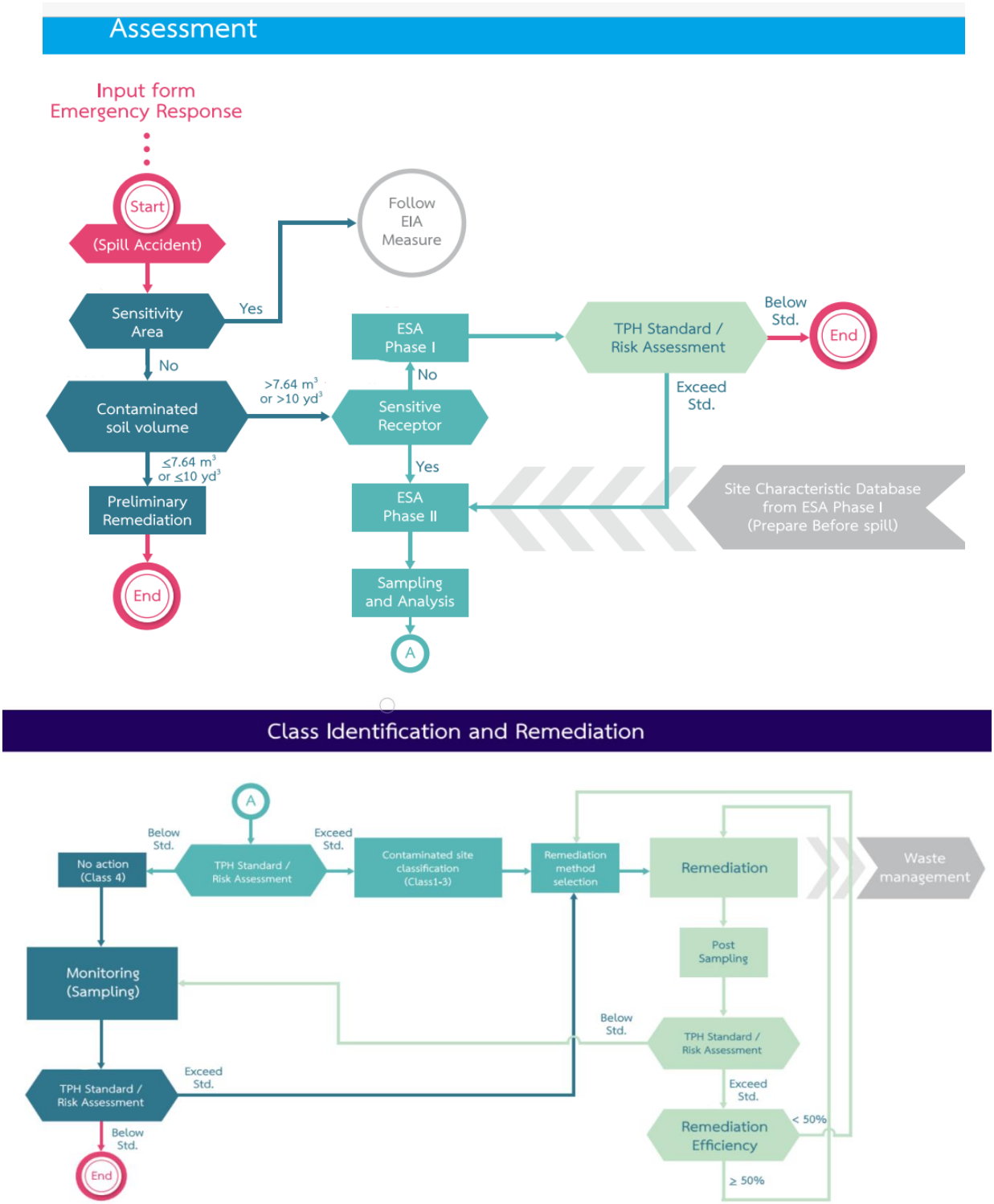
รูปที่ ๒ วิธีการฟื้นฟูตามการจำแนกระดับการปนเปื้อน

ที่มา: บริษัทในกลุ่ม ปตท. (๒๕๖๓). แนวทางการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

KM

๕.๒ แนวทางการฟื้นฟูดินและน้ำใต้ดิน

เมื่อพบการปนเปื้อนของน้ำมัน พิจารณาดำเนินการตาม ๒ ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การประเมินพื้นที่และการฟื้นฟู ดังต่อไปนี้



รูปที่ ๓ แนวทางการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน

ที่มา: บริษัทในกลุ่ม ปตท. (๒๕๖๓). แนวทางการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

ตารางที่ ๒ เกณฑ์การปนเปื้อนสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (TPHs) ในดินและน้ำใต้ดิน

ชื่อสาร	เกณฑ์การปนเปื้อน	
	ดิน (mg/kg)	น้ำใต้ดิน (mg/L)
Total Petroleum Hydrocarbon ($C_5 - C_8$)	25	1.4
Total Petroleum Hydrocarbon ($C_8 - C_{16}$)	25	1.7
Total Petroleum Hydrocarbon ($C_{16} - C_{35}$)	8	0.1

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม 2559 เรื่อง กำหนดเกณฑ์การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน การแจ้งข้อมูล รวมทั้งการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และรายงานเสนอมาตรการควบคุมและมาตรการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน พ.ศ. 2559

๕.๒.๑ การประเมินพื้นที่

๑) ขั้นตอนที่ ๑ พิจารณาความเป็นพื้นที่อ่อนไหว (Sensitive Area)

(๑) หากพื้นที่ปนเปื้อนเป็นพื้นที่อ่อนไหว (พื้นที่อ่อนไหว หมายถึง พื้นที่เปราะบางด้านสิ่งแวดล้อม พื้นที่ที่มีระบบนิเวศตามธรรมชาติที่แตกต่างจากพื้นที่อื่นโดยทั่วไป ซึ่งอาจถูกทำลายหรือได้รับผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ได้ง่าย เช่น สถาบันการศึกษา โรงพยาบาล สถานที่ราชการ และแหล่งโบราณสถาน เป็นต้น) ต้องดำเนินการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามมาตรการ เงื่อนไข และข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

(๒) ถ้าไม่ใช่พื้นที่อ่อนไหว ให้ดำเนินตามขั้นตอนที่ ๒

๒) ขั้นตอนที่ ๒ พิจารณาปริมาตรดินปนเปื้อน

(๑) การปนเปื้อนของน้ำมันปริมาณต่ำคือ มีปริมาตรดินปนเปื้อนน้อยกว่าหรือเท่ากับ ๗.๖๔ ลบ.ม. ให้ทำความสะอาดพื้นที่โดยการฟื้นฟูเบื้องต้น เช่น การคลุมดิน (Capping) และการตักออกไปกำจัด (Excavation)

(๒) การปนเปื้อนของน้ำมันที่มีปริมาตรดินปนเปื้อนมากกว่า ๗.๖๔ ลบ.ม. ให้ดำเนินตามขั้นตอนที่ ๓

๓) ขั้นตอนที่ ๓ พิจารณาตัวรับอ่อนไหว (Sensitive Receptor)

(๑) หากพื้นที่ปนเปื้อนไม่อยู่ติดกับตัวรับอ่อนไหว เช่น แหล่งน้ำผิวดิน บ่อน้ำบาดาล พื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น ให้ดำเนินตามขั้นตอนที่ ๔

(๒) หากพื้นที่ปนเปื้อนไม่อยู่ติดกับตัวรับอ่อนไหว ให้ดำเนินตามขั้นตอนที่ ๕

KM

๔) ขั้นตอนที่ ๔ ประเมินพื้นที่เบื้องต้น (ESAI)

การประเมินพื้นที่เบื้องต้นประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน (ตัวอย่างเช่น ข้อมูลพื้นที่ กิจกรรมและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ สารเคมีที่ใช้และจัดเก็บ ผลวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำใต้ดินล่าสุด และอาจเก็บตัวอย่างเบื้องต้นเพิ่มเติม เป็นต้น) วิเคราะห์ผลการตรวจคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน และลงพื้นที่สำรวจข้อมูล (ตัวอย่างเช่น ถ่ายภาพพื้นที่และกิจกรรมที่มีการปนเปื้อน สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง และสอบถามประชาชนโดยรอบ) โดยสิ่งบ่งชี้ว่า มีการปนเปื้อนน้ำมันคือ สภาพการรั่วไหล กลิ่น และคราบน้ำมันที่พบ เป็นต้น

ทั้งนี้ ข้อมูลที่ได้สามารถระบุได้ว่าต้องดำเนินการอย่างไรต่อไป

(๑) หากไม่พบกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน และพบตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนน้อยกว่าเกณฑ์การปนเปื้อน ให้ติดตามตรวจสอบต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า ๓ ปี ถ้าไม่พบการปนเปื้อนให้ยุติการติดตามตรวจสอบ แต่หากเข้าข่ายตามกฎหมายที่ต้องตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน ยังคงต้องตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามรอบที่กฎหมายกำหนด

(๒) หากพบกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน และพบตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนมากกว่าเกณฑ์การปนเปื้อน ให้ดำเนินการประเมินพื้นที่อย่างละเอียดต่อไป ตามขั้นตอนที่ ๕

๕) ขั้นตอนที่ ๕ ประเมินพื้นที่อย่างละเอียด (ESAII)

ทำการสำรวจข้อมูลเพิ่มเติม ตามแบบตรวจสอบข้อมูลการปนเปื้อน ดังตารางที่ ๓ กำหนดขอบเขตการปนเปื้อน เก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดินมาวิเคราะห์สาร TPHs เทียบกับเกณฑ์การปนเปื้อนที่กฎหมายกำหนด และประเมินพื้นที่ว่ามีอันตรายต่อสุขภาพและระบบนิเวศ รวมถึงเส้นทางรับสัมผัส ซึ่งข้อมูลที่ได้คือ ขนาดพื้นที่ ความเข้มข้น และการกระจายตัวใน ๓ มิติของสารปนเปื้อน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ตลอดจนความเป็นอันตรายของพื้นที่ จะถูกใช้ในการตัดสินใจว่าพื้นที่มีความปลอดภัยเพียงพอในการใช้ประโยชน์หรือเป็นพื้นที่อันตรายที่ต้องทำการฟื้นฟู

(๑) ค่าการปนเปื้อนน้อยกว่าเกณฑ์การปนเปื้อน ให้ติดตามตรวจสอบต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า ๓ ปี ถ้าไม่พบการปนเปื้อนให้ยุติการติดตามตรวจสอบ แต่หากเข้าข่ายตามกฎหมายที่ต้องตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน ยังคงต้องตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามรอบที่กฎหมายกำหนด

(๒) หากพบกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน และพบตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนมากกว่าเกณฑ์การปนเปื้อน ให้ดำเนินการฟื้นฟูหลังจากจำแนกพื้นที่ปนเปื้อนตามขั้นตอนที่ ๖

๖) ขั้นตอนที่ ๖ จำแนกพื้นที่ปนเปื้อน

(๑) ระดับการปนเปื้อนที่ ๑ - ๓ ทำการฟื้นฟูดินและน้ำใต้ดิน ตามขั้นตอนที่ ๗

(๒) ระดับการปนเปื้อนที่ ๔ เข้าสู่การฟื้นฟูตามธรรมชาติ (Natural Attenuation) ตามขั้นตอนที่ ๗

KM

๗) ขั้นตอนที่ ๗ ดำเนินการฟื้นฟู

ประกอบด้วย การวางแผนฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน (กำหนดขอบเขตการปนเปื้อน วัตถุประสงค์และเป้าหมาย วิธีดำเนินงาน ระยะเวลาดำเนินการ แต่งตั้งทีมงาน และกำหนดกรอบงบประมาณ) การคัดเลือกเทคโนโลยี (ตามตารางที่ ๑) การดำเนินการฟื้นฟูด้วยวิธีที่เหมาะสม (ตามตารางที่ ๔ และรูปที่ ๔) การเก็บตัวอย่างหลังการฟื้นฟู (ตามตารางที่ ๕) การประเมินประสิทธิภาพการฟื้นฟู การติดตามตรวจสอบ การจัดการของเสียระหว่างการฟื้นฟู และการสิ้นสุดการฟื้นฟู

(๑) ประสิทธิภาพการฟื้นฟู ≥ ๕๐ % เมื่อฟื้นฟูจนถึงระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ให้ไปขั้นตอนที่ ๘

(๒) ประสิทธิภาพการฟื้นฟู < ๕๐ % เปลี่ยนวิธีการฟื้นฟู และกลับไปเริ่มขั้นตอนที่ ๗

๘) ขั้นตอนที่ ๘ ติดตามตรวจสอบ

(๑) ค่าการปนเปื้อนน้อยกว่าเกณฑ์การปนเปื้อน ให้ติดตามตรวจสอบต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า ๓ ปี ถ้าไม่พบการปนเปื้อนให้ยุติการติดตามตรวจสอบและไปขั้นตอนที่ ๙ แต่หากเข้าข่ายตามกฎหมายที่ต้องตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน ยังคงต้องตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินตามรอบที่กฎหมายกำหนด

(๒) ค่าการปนเปื้อนสูงกว่าเกณฑ์การปนเปื้อน ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ ๗ ใหม่

๙) ขั้นตอนที่ ๙ ยุติการฟื้นฟู

การฟื้นฟูจะสิ้นสุดเมื่อปริมาณสาร TPHs ที่หลงเหลือในดินและน้ำใต้ดินมีค่าอยู่ในเกณฑ์การปนเปื้อน โดยต้องจัดทำรายงานสรุปผลการดำเนินการเสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบ และยังคงตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดินอย่างต่อเนื่องตามรอบที่กฎหมายกำหนด

ตารางที่ ๓ แบบตรวจสอบข้อมูลการปนเปื้อน

ชนิดของข้อมูล	ESA I		ESA II		ข้อมูลที่ได้จากการจัดเตรียมเอกสาร	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี		
1. การจำแนกพื้นที่ (Site Identification)						
1.1 ตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ (เลขที่ ถนน เขต)					√	
1.2 คำอธิบายลักษณะของสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่					√	
1.3 แผนที่แสดงที่ตั้งของพื้นที่					√	
1.4 แผนผังของพื้นที่ปัจจุบันซึ่งระบุลักษณะสาธารณูปโภค ลูกศรแสดงทิศเหนือ ลักษณะเด่นด้านสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น					√	
1.5 ข้อมูลหน่วยงานรัฐในท้องถิ่น					√	

KM

ชนิดของข้อมูล	ESA I		ESA II		ข้อมูลที่ได้จากการจัดเตรียมเอกสาร	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี		
2. ประวัติของพื้นที่ (Site History)						
2.1 ข้อมูลเจ้าของที่ดิน (อดีตและปัจจุบัน)					√	
2.2 ข้อมูลการใช้ประโยชน์พื้นที่ (อดีต ปัจจุบัน และอนาคต)					√	
2.3 ข้อมูลความสำคัญของพื้นที่ในทางศาสนาและมรดกทางศิลปะวัฒนธรรม					√	
2.4 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ของพื้นที่โดยรอบ					√	
2.5 ภาพถ่ายทางอากาศ						
2.5.1 ภาพถ่ายทางอากาศ (อดีต)					√	
2.5.1 ภาพถ่ายทางอากาศ (ปัจจุบัน)						√
2.6 ภาพถ่ายของพื้นที่						√
2.7 ข้อมูลแหล่งที่มาและบริเวณที่อาจเกิดการปนเปื้อน รวมทั้งผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น					√	
2.8 ข้อมูลกระบวนการผลิต รายชื่อสารเคมี ของเสีย ผลพลอยได้ และวัสดุเหลือใช้ที่มีในพื้นที่					√	
2.9 รายละเอียดและที่ตั้งของถังบรรจุสารเคมีทั้งบนดินและใต้ดิน (อดีตและปัจจุบัน)					√	
2.10 ข้อมูลสารเคมีที่เคยรั่วไหลและความเสียหายที่เกิดขึ้น					√	
2.11 ข้อมูลการปล่อยของเสียลงสู่ดิน น้ำ และอากาศ					√	

ชนิดของข้อมูล	ESA I		ESA II		ข้อมูลที่ได้จากการจัดเตรียมเอกสาร	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี		
2.12 ข้อมูลสถานที่กำจัดของเสีย เช่น สถานที่ฝังกลบ					√	
2.13 ประวัติการร้องเรียนจากประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง					√	
2.14 ข้อมูลเกี่ยวกับท้องถิ่น เจ้าหน้าที่และหน่วยงานราชการในท้องถิ่น					√	
2.15 รายละเอียดเกี่ยวกับใบอนุญาต การอนุญาตและข้อตกลงที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดของเสีย					√	
2.16 ข้อมูลการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินภายในท้องถิ่น					√	
3. คุณลักษณะและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ (Site Conditions and Surrounding Environment)						
3.1 ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ					√	
3.2 ข้อมูลสิ่งที่แสดงว่ามีการปนเปื้อนในพื้นที่ เช่น กลิ่น คราบการปนเปื้อนบนผิวดิน หรือพืชพันธุ์บริเวณใกล้เคียงตาย/ไม่เจริญเติบโต เป็นต้น						√
3.3 ข้อมูลการเก็บถังบรรจุสารเคมี ของเสียและเศษวัสดุในพื้นที่					√	
3.4 ข้อมูลที่ตั้งและลักษณะเส้นทางการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน เช่น ท่อระบายน้ำ ท่อน้ำทิ้ง เป็นต้น					√	

ชนิดของข้อมูล	ESA I		ESA II		ข้อมูลที่ได้จากการจัดเตรียมเอกสาร	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี		
3.5 คุณภาพดิน น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน						√
3.6 ข้อมูลการเกิดน้ำท่วม (อดีตและปัจจุบัน)					√	
3.7 ข้อมูลของประชาชนที่พักอาศัยอยู่ใกล้พื้นที่					√	
3.8 ข้อมูลรายละเอียดของสภาพแวดล้อม เช่น พื้นที่อยู่อาศัยและแหล่งน้ำ					√	
4. ข้อมูลทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา (Geology and Hydrogeology)						
4.1 ข้อมูลชนิดของดินและชั้นดิน					√	√
4.2 ค่าความสามารถในการซึมผ่านของดิน						√
4.3 ข้อมูลรายละเอียดของดินที่ใช้กลบทับพื้นที่					√	
4.4 ข้อมูลเกี่ยวกับสารปนเปื้อน เช่น ค่าการละลาย ความหนาแน่น ความคงตัว เป็นต้น					√	
4.5 ข้อมูลเบื้องต้นของบ่อติดตามตรวจสอบ					√	
4.6 ข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับที่ตั้งและการก่อสร้างบ่อติดตามตรวจสอบ					√	
4.7 ข้อมูลความลึกของระดับน้ำใต้ดิน					√	√
4.8 ข้อมูลทิศทางและอัตราการไหลของน้ำใต้ดิน					√	√
4.9 ข้อมูลทิศทางการไหลบ่าของน้ำผิวดิน					√	
4.10 ข้อมูลของแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อขุดเจาะในรัศมี 1 กิโลเมตร					√	
4.11 ข้อมูลสมบัติการกระจายตัวของสารปนเปื้อนผ่านดินลงสู่น้ำใต้ดิน						√

ชนิดของข้อมูล	ESA I		ESA II		ข้อมูลที่ได้จากการจัดเตรียมเอกสาร	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี		
4.12 ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีพื้นฐานของน้ำใต้ดิน เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ เป็นต้น						√
4.13 ลักษณะของชั้นน้ำใต้ดิน เช่น ชั้นหินอุ้มน้ำ เป็นต้น						√
4.14 ข้อมูลการใช้ประโยชน์จากน้ำใต้ดิน เช่น การบริโภค การชลประทาน เป็นต้น					√	
4.15 ข้อมูลที่พักอาศัยของประชาชนที่อาจมีความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจากสารปนเปื้อน					√	

ที่มา: บริษัทในกลุ่ม ปตท. (๒๕๖๓). แนวทางการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

ตารางที่ ๔ วิธีการฟื้นฟูดินและน้ำใต้ดินที่เหมาะสม

	เทคโนโลยีในการฟื้นฟู	รูปแบบของการบำบัด			ความเข้มข้นของมลสารที่สามารถฟื้นฟูได้	ประสิทธิภาพการฟื้นฟู	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา*	ระดับการปนเปื้อนที่แนะนำ	ข้อดี	ข้อจำกัด
		In-situ	On-site	Ex-situ							
การฟื้นฟูทางชีวภาพ	Bioremediation √ ดิน √ น้ำใต้ดิน	√	√	√	2-10% (20,000-100,000 mg/kg)	~ 50-90%	น้อย	มากกว่า 1 ปี	Class 3 Class 2 Class 1	- ต้นทุนต่ำ - ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ - ไม่มีของเสีย	- ใช้เวลานาน - ใช้ได้กับสารที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเท่านั้น
	การฟื้นฟูโดยใช้พืช √ ดิน √ น้ำใต้ดิน	√	√	√	1-8% (10,000-80,000 mg/kg)	~ 50-90%		มากกว่า 1 ปี	Class 3 Class 2 Class 1	- มีความสวยงามจากพืชที่ปลูก - ต้นทุนการดำเนินงานต่ำ - รากของพืชช่วยให้ดินมีเสถียรภาพซึ่งสามารถป้องกันการกัดเซาะ - สามารถแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้	- ใช้เวลานาน - ยากที่จะเลือกชนิดของพืชที่เฉพาะเจาะจง - ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายด้าน - สามารถทนต่อสารพิษในระดับความเข้มข้นต่ำเท่านั้น
การใช้ความร้อน	Incineration, Thermal desorption, Microwave Heating √ ดิน	√	√	√	2-10% (20,000-100,000 mg/kg)	>95%	ปานกลาง	< 2 ชั่วโมง	Class 1	- ประสิทธิภาพสูงรวดเร็วเชื่อถือได้และสามารถรักษาได้ดินปนเปื้อนจำนวนมาก	- ค่าใช้จ่ายสูง - อาจก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก - ไม่เหมาะกับดินความชื้นสูง

KM

	เทคโนโลยีในการฟื้นฟู	รูปแบบของการบำบัด			ความเข้มข้นของมลสารที่สามารถฟื้นฟูได้	ประสิทธิภาพการฟื้นฟู	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ระยะเวลา*	ระดับการปนเปื้อนที่แนะนำ	ข้อดี	ข้อจำกัด
		In-situ	On-site	Ex-situ							
การฟื้นฟูทางกายภาพและเคมี	การล้างดิน (Soil Washing) √ ดิน	√	√	√	0.5-30% (5,000-300,000 mg/kg)	60-98%	ปานกลาง	1 - 10 เดือน	Class 2 Class 1	- ใช้งานได้ง่ายมีประสิทธิภาพสูงและรวดเร็ว	- ค่าใช้จ่ายที่สูง - ใช้ตัวทำละลายจำนวนมาก - ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
	Soil vapor extraction (SVE) √ ดิน	√			3-15% (30,000-150,000 mg/kg)	65-95%		มากกว่า 1 ปี	Class 2 Class 1	- ประสิทธิภาพสูงสำหรับสารระเหย - รวดเร็วและราคาถูก - ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	- ใช้ไม่ได้กับสารปนเปื้อนที่มีความผันผวนต่ำและดินที่มีการซึมผ่านของอากาศต่ำ
	Flotation Technology √ ดิน √ น้ำใต้ดิน	√			7.5-35% (75,000-350,000 mg/kg)	65-97%		มากกว่า 1 ปี	Class 2 Class 1	- ดำเนินการง่าย	- ต้องใช้น้ำปริมาณมาก - บำบัดสารปนเปื้อนที่ไม่ลอยตัวไม่ได้
การฟื้นฟูทางเคมี	Chemical Oxidation √ ดิน √ น้ำใต้ดิน		√	√	5-15% (50,000-150,000 mg/kg)	>80%	มาก	1 - 3 วัน	Class 2 Class 1	- ประสิทธิภาพสูง - ต้นทุนการดำเนินงานต่ำ - สะดวกในการใช้งาน	- ขึ้นอยู่กับการซึมผ่านของดินและ pH - ทำลายจุลินทรีย์ - อาจเกิดสารที่เป็นพิษ
	Electrokinetic Remediation √ ดิน	√			10-20% (100,000-200,000 mg/kg)	~ 40-70%		14 - 45 วัน	Class 2 Class 1	- กระจายการไหลสม่ำเสมอ - มีการควบคุมการเคลื่อนไหวที่แม่นยำ - ต้นทุนการดำเนินงานต่ำ - ใช้พลังงานต่ำ	- อาจมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์เนื่องจากการเคลื่อนย้ายของธาตุอาหารในดิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Lim et al., 2016

หมายเหตุ* ระยะเวลาของการฟื้นฟูอาจแปรผันไปตามปัจจัยต่างๆ เนื่องจากกระบวนการฟื้นฟูขึ้นอยู่กับรูปแบบการนำมาบำบัด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 1) การบำบัด ณ พื้นที่โดยไม่ ต้องขุดดินหรือดูดน้ำออกจากพื้นที่ (In-situ) 2) การบำบัดบนพื้นที่โดยมีการขุดดินหรือดูดน้ำขึ้นมา (On-Site) และ 3) การบำบัดโดยการขุดดินหรือดูดน้ำออกจากพื้นที่ (Ex-Situ) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยของชนิดและปริมาณสารปนเปื้อน(น้ำมัน)ร่วมด้วย

ที่มา: บริษัทในกลุ่ม ปตท. (๒๕๖๓). แนวทางการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

ตารางที่ ๕ การเก็บตัวอย่างหลังการฟื้นฟู

	เทคโนโลยีในการบำบัด	ดิน	น้ำใต้ดิน	ระยะเวลาที่ควรเก็บตัวอย่าง
การฟื้นฟูทางชีวภาพ	Bioremediation, Phytoremediation	√	√	4 ครั้ง ต่อปี
การฟื้นฟูทางเคมี	Chemical Oxidation	√	√	1 ครั้ง ต่อวัน
	Electrokinetic Remediation	√		1 ครั้ง ต่อเดือน
การฟื้นฟูทางกายภาพและเคมี	Soil washing	√		ทุกรอบของการล้าง
	Soil vapor extraction (SVE)	√		4 ครั้ง ต่อปี
	Flotation Technology	√	√	4 ครั้ง ต่อปี
การใช้ความร้อน	Incineration, Thermal desorption, Microwave Heating	√		1 ครั้ง ต่อวัน

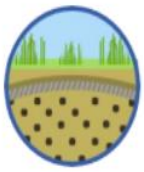
ที่มา: บริษัทในกลุ่ม ปตท. (๒๕๖๓). แนวทางการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

KM

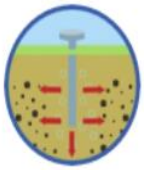
รูปที่ ๔ เทคนิคพื้นฐานในการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน

Excavation. Contaminants and contaminated soil on the surface or subsurface are dug up from the site and transported offsite for treatment or disposal in a landfill. Clean soil or other material can be used to fill the excavated area and create a level surface for reuse.

Tank removal. Soil contaminated with gasoline or other fuels is dug up from the site to expose and remove the underground storage tanks and piping system. Then the soils under the tank can be examined for contamination and removed as needed.



Capping. Creating or adding a barrier between the surface and contaminants by using a geotextile, a layer of clean soil or both. Capping protects areas of cleanup, reduces exposures and prevents the spread of contamination.



On site or 'In-situ' treatment. Chemicals are injected into the soil to break down contaminants or convert them into less harmful or toxic substances. Solidification or stabilization adds binding or chemical agents to prevent contaminant movement.

Bioremediation. Naturally-occuring or adapted microbes consume organic contaminants. Active management at bioremediation sites includes adding nutrients, oxygen or chemicals that release oxygen to increase microbial growth, allowing them to degrade the contaminants over time to water, gas or less harmful or toxic substances.

Phytoremediation. Plant root systems release substances which help plants neutralize, stabilize or increase microbial degradation of contaminants in contaminated soil or water near roots. Select plants can also take up contaminants through their roots, reducing soil and water contamination over time.

Lead and asbestos abatement. Lead and asbestos are inspected and removed by specially-trained licensed contractors. The training, inspection and abatement may be regulated by environmental or public agencies separate from brownfield programs. Lead and asbestos removal involve removal of contaminated material in contained areas using specialized equipment.

ที่มา: Cleaning Up Brownfield Sites (epa.gov).

https://www.epa.gov/ sites/production/files/2019-10/ documents/cleaning_up_brownfield_sites.pdf

KM

ตารางที่ ๖ การจัดการของเสียที่เกิดจากการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนน้ำมัน

เทคโนโลยีในการบำบัด		ของเสียที่อาจเกิดขึ้น	วิธีการจัดการของเสีย		
			การจัดส่งบริษัทรับกำจัดของเสีย	การบำบัด/ลดความเป็นพิษ	การนำกลับมาใช้ใหม่
การฟื้นฟูทางชีวภาพ	Bioremediation	ไม่มีของเสีย	-	-	-
	Phytoremediation	เศษซากพืช	√	-	-
การฟื้นฟูทางเคมี	Chemical Oxidation	สารเคมี (สารออกซิแดนท์)	√	-	-
	Electrokinetic Remediation	ขั้วไฟฟ้าที่ผ่านการใช้งานแล้ว	-	-	√
การฟื้นฟูทางกายภาพและเคมี	Soil washing	สารเคมี (ตัวทำละลาย)	√		
	Soil Vapor Extraction (SVE)	VOCs	-	√	-
	Flotation Technology	น้ำปนเปื้อนน้ำมัน	√	√	-
การใช้ความร้อน	Incineration, Thermal desorption, Microwave Heating	CO, CO_2, SOx, NOx, VOCs	-	√	-

ที่มา: บริษัทในกลุ่ม ปตท. (๒๕๖๓). แนวทางการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

๖. เอกสารอ้างอิง

๑) กรมควบคุมมลพิษ. ๒๕๓๕. คู่มือการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนของมลพิษในดินหรือน้ำใต้ดิน.

๒) กรมควบคุมมลพิษ. ๒๕๓๕. คู่มือแนวทางการจัดการพื้นที่ปนเปื้อนสามรอันตราย.

๓) กรมควบคุมมลพิษ. ๒๕๓๕. คู่มือการฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่ได้รับความเสียหายจากการปนเปื้อนของมลพิษในดินหรือน้ำใต้ดิน.

๔) บริษัทในกลุ่ม ปตท. (๒๕๖๓). แนวทางการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

๕) The Ministry of Environment, Japan. Introduction of Guideline for Countermeasure against Oil Contamination

๖) The U.S. Environmental Protection Agency. 1999. Understanding Oil Spills And Oil Spill Response .https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/ospguide99.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๗ มิถุนายน ๒๕๖๔.

๗) Cleaning Up Brownfield Sites (epa.gov). https://www.epa.gov/ sites/production/files/2019-10/documents/cleaning_up_brownfield_sites.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๗ มิถุนายน ๒๕๖๔.