

## เปิดมุมมองวิศวกรรมเพื่อการจัดการน้ำมันรั่วในทะเล

ดร.ทักษิณา โพธิ์ใหญ่

ภาวิณี พงศ์พันธ์พฤทธิ์

รัชันัน ชำนาญหอม

ดร.ณัฐวิญญ์ ชาวเลิศพรศิยา

ศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์ เพ็ชรมนกุล

หน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีการจัดการน้ำมันรั่วและการปนเปื้อนของน้ำมัน

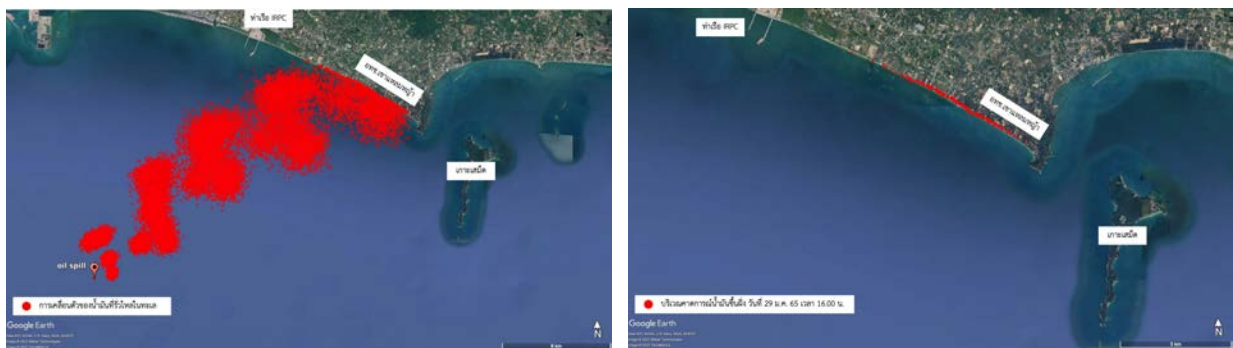
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำมันรั่ว (Oil spill) เป็นเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้เสมอ トラบิตที่ความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมยังคงมีอยู่ สำหรับประเทศไทยนั้น อุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลออกสู่แหล่งน้ำเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นค่อนข้างบ่อยซึ่งแต่ละเหตุการณ์จะมีความแตกต่างกันในเรื่องชนิดและปริมาณน้ำมันที่รั่วไหล รูปแบบการจัดการ และความรุนแรงของผลกระทบ หนึ่งในเหตุการณ์ครั้งประวัติศาสตร์ได้เกิดขึ้นเมื่อปลายเดือนกรกฎาคม 2556 โดยน้ำมันดิบกว่า 50,000 ลิตร ได้รั่วไหลจากท่อขนส่งน้ำมันดิบกลางทะเลออกสู่อ่าวไทย จ.ระยอง และมีน้ำมันบางส่วนได้ถูกกระแสลมพัดพาไปยังบริเวณอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด สร้างความเสียหายและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ วิถีชีวิต การประกอบอาชีพ และการท่องเที่ยว ซึ่งต้องได้รับการฟื้นฟูเยียวยาเป็นระยะเวลายาวนาน จนกระทั่งเมื่อวันที่ 25 มกราคม 2565 ที่ผ่านมา เหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันก็ได้เกิดขึ้นอีกครั้ง เมื่อมีปริมาณน้ำมันดิบรั่วไหลจากจุดขนถ่ายน้ำมันในทะเล (Single point mooring, SPM) บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง เกิดคราบน้ำมันปนเปื้อนในทะเลเป็นวงกว้างและคราบน้ำมันบางส่วนได้ถูกพัดเข้าสู่ชายหาดแม่รำพึงในที่สุด ทำให้น้ำทะเลและหาดทรายในบางจุดเปลี่ยนเป็นสีดำและส่งกลิ่นเหม็นฟุ้งกระจายไปทั่วบริเวณ จะเห็นได้ว่า อุบัติเหตุน้ำมันรั่วเป็นเหตุการณ์ฉุกเฉินที่หน่วยงานผู้รับผิดชอบจะต้องมีแผนปฏิบัติการเพื่อเตรียมพร้อมรับมือกับสถานการณ์อยู่ตลอดเวลา

ในเบื้องต้นรายงานปริมาณน้ำมันที่รั่วจากเหตุการณ์ครั้งนี้อยู่ในช่วงค่อนข้างกว้างตั้งแต่ 20,000 จนถึง 400,000 ลิตร [1, 2, 3] ซึ่งคงต้องรอการสรุปในเชิงปริมาณจากหลากหลายภาคส่วน อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะปริมาณน้ำมันรั่วจะมากหรือน้อย แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมนั้น ขึ้นกับแนวทางการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและครบวงจร รวมถึงมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมอย่างเหมาะสมและทัน่วงที่ร่วมกับการบูรณาการความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในบทความนี้ ผู้เขียนได้หยิบยก 9 ตัวอย่าง เทคโนโลยี การวิจัยพัฒนา รวมไปถึงนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำมันรั่วในทะเล เพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วนได้เห็นถึงแนวทางการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ อย่างเหมาะสมเพื่อตอบโต้กับสถานการณ์น้ำมันรั่วได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ ดังนี้

1. **แบบจำลองการรั่วไหลของน้ำมัน (Oil spill modeling)** เป็นการใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เช่น OILMAP GNOME OSCAR MOTHY [4] เพื่อคาดการณ์การเคลื่อนที่และกระจายตัวของน้ำมันทันทีที่พบการรั่วไหลเกิดขึ้น มีข้อมูลนำเข้า (Input data) ที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เช่น ทิศทางและความเร็วลม (Wind direction and velocity) ลักษณะสมบัติของน้ำมันที่รั่วไหล (Oil properties) กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง (Current) ลักษณะคลื่น (Wave) รวมถึงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเล ทั้งนี้ อาจมีการใช้ผลจากแบบจำลองควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางดาวเทียม (Satellite images) เพื่อช่วยให้ผลการทำนายมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวช่วยให้ทราบถึงเส้นทางการเคลื่อนตัวของน้ำมันที่รั่วไหล พื้นที่หรือบริเวณที่มีแนวโน้มจะเกิดการปนเปื้อนหรือแม้กระทั่งระยะเวลาที่คราบน้ำมันจะเคลื่อนที่จากจุดรั่วไหลไปยังบริเวณที่สนใจ เช่น แหล่งท่องเที่ยว แหล่งประมง เขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ เป็นต้น ทำให้ผู้ปฏิบัติการสามารถประเมินความรุนแรงของสถานการณ์และวางแผนเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับภาวะฉุกเฉินได้อย่างเหมาะสมและทันที่ อีกทั้งยังเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการประเมินความเสี่ยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (Risk and impact assessment) จากการจำลองเหตุการณ์น้ำมันรั่วในสภาวะต่าง ๆ ได้อีกด้วย



การคาดการณ์การเคลื่อนที่ของน้ำมันที่รั่วไหลในทะเลด้วยการใช้แบบจำลอง GNOME ในสภาวะที่มีความเร็วลมเฉลี่ย 3 เมตรต่อวินาที ทิศทางไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ (ข้อมูลจาก <https://www.windy.com>)

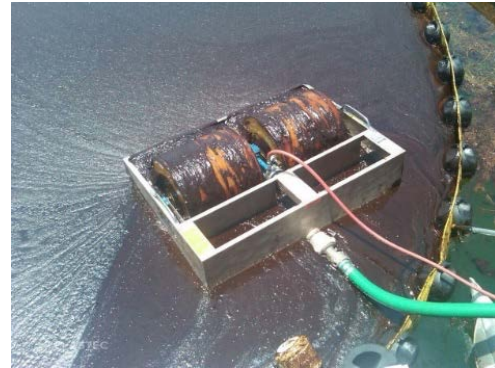
นอกจากนี้ ข้อมูลนำเข้าที่มาจาก การตรวจวัดจริงสำหรับการทำแบบจำลองการรั่วไหลของน้ำมัน เป็นส่วนจำเป็นอย่างมากสำหรับการประเมินแนวโน้มการปนเปื้อนของน้ำมัน โดยการได้มาของข้อมูล นำเข้า เช่น ความดันในท่อลำเลียงน้ำมันและอัตราการไหลของน้ำมันในระหว่างการปฏิบัติงาน รวมไปถึง ปริมาณน้ำมันที่ออกสู่สิ่งแวดล้อมหากเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้เกิดการรั่วไหล ข้อมูลเหล่านี้สามารถตรวจ ติดตามอย่างต่อเนื่องด้วยเทคโนโลยีเซนเซอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และหากมีการติดตั้งระบบตรวจวัดดังกล่าว นี้ในทุกกิจกรรมการขนส่งน้ำมันหรือสารปิโตรเลียมเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่น่ามาประกอบกับระบบ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) น่าจะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำมันรั่วไหลที่มีความแม่นยำ และเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับทำแบบจำลองที่จะช่วยในการตัดสินใจเพื่อเตรียมการรับมือเหตุการณ์ได้อย่าง เหมาะสม

2. **ทุ่นกักน้ำมัน (Oil containment boom) และสกิมเมอร์ (Skimmer)** เป็นอุปกรณ์สำหรับการจัดการ น้ำมันรั่วเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันให้อยู่ในบริเวณจำกัด ลดโอกาสการแพร่กระจายของ น้ำมันไปยังพื้นที่อื่น ๆ โดยเฉพาะการปนเปื้อนชายฝั่ง (Shoreline contamination) เป็นการจัดการ ขั้นต้นเพื่อช่วยในการแยกน้ำมันออกจากน้ำทะเลให้ได้มากที่สุด โดยทุ่นกักน้ำมันจะช่วยให้น้ำมันที่ กระจายตัวอยู่บนผิวน้ำเกิดการรวมตัวเป็นชั้นหนา ทำให้สามารถแยกและนำกลับชั้นน้ำมันดังกล่าว (Oil separation and recovery) ได้อย่างรวดเร็วด้วยอุปกรณ์สกิมเมอร์ (Skimmer) ที่มีหลายรูปแบบ เช่น สกิมเมอร์แบบฝาย (Weir skimmer) สกิมเมอร์แบบลูกกลิ้ง (Drum skimmer) หรือสกิมเมอร์แบบดิสก์ (Disc skimmer) โดยการเลือกชนิดทุ่นกักน้ำมันที่เหมาะสมจะต้องคำนึงถึง 3 องค์ประกอบ [5] ได้แก่ (1) ปริมาตรและแรงลอยตัวของทุ่น (Volume and buoyancy) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดว่าระยะ เหนือหน้าของทุ่น (Freeboard) เพียงพอต่อการกักน้ำมันหรือไม่ (2) การโยกหรือการหมุนตัวของทุ่น (Roll response) อันเนื่องมาจากแรงคลื่น ลม และกระแสน้ำ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการกักน้ำมัน ของทุ่นทั้งด้วยระยะพ้นน้ำ (Effective freeboard) และระยะที่จมน้ำ (Skirt) และ (3) การตอบสนองของ ทุ่นต่อคลื่นหรือการขึ้นลงของน้ำทะเล (Heave response) โดยทุ่นที่เหมาะสมต้องสามารถรับแรง กระแทกจากคลื่นหรือไม่สูญเสียการทรงตัวจากการขึ้นลงของกระแสน้ำมากจนเกินไป



ทุ่นกักน้ำมัน

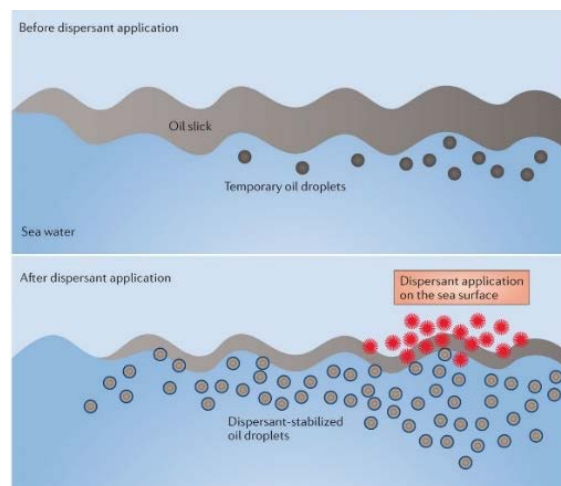
<https://www.tech-faq.com/how-do-oil-booms-work.html>



สทิมเมอร์แบบลูกกลิ้ง

<https://www.elastec.com/solutions/industrial-equipment/>

3. สารกระจายน้ำมันแบบชีวภาพ (Bio dispersant) เป็นสารที่มีองค์ประกอบเป็นสารลดแรงตึงผิวที่ผลิตโดยจุลินทรีย์จากธรรมชาติ (Bio surfactants) ที่ผสมอยู่ในตัวทำละลาย (Solvent) สารดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นมาทดแทนสารกระจายน้ำมันแบบเคมี (Chemical dispersant) ซึ่งถูกค้นพบว่ามีอันตรายมากกว่าทั้งในแง่การปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและบางชนิดสามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของน้ำมันให้มีความเป็นพิษมากยิ่งขึ้น [6] บทบาทหลักของสารกระจายน้ำมันคือการช่วยให้คราบน้ำมันที่ปกคลุมบริเวณผิวน้ำเกิดการแตกตัวเป็นอนุภาคน้ำมันขนาดเล็ก (Tiny oil droplets) ที่มีโอกาสถูกย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายน้ำมัน (Oil-degrading microorganisms) ตามธรรมชาติ



ภาพแสดงกลไกการทำงานของสารกระจายน้ำมัน  
(ดัดแปลงรูปจาก Kleindienst และคณะ (2015) [7])

การใช้สารกระจายน้ำมันเหมาะสำหรับการจัดการน้ำมันรั่วไหลที่หลงเหลือจากการใช้ทุ่นกักน้ำมันและสกินเมอร์ ซึ่งคราบน้ำมันดังกล่าวจะต้องมีความเข้มข้นที่ค่อนข้างต่ำและกระจายตัวอยู่ในบริเวณกว้าง นอกจากนี้ ควรใช้สารกระจายน้ำมันแบบชีวภาพในบริเวณพื้นที่อ่อนไหวทางธรรมชาติ (Sensitive habitats) เพื่อลดความเป็นพิษต่อสุขอนามัยและระบบนิเวศโดยรอบ ปัจจุบันมีงานวิจัยพัฒนาเพื่อผลิตสารลดแรงตึงผิวชีวภาพกลุ่ม Lipopeptides จากแบคทีเรียหลากหลายชนิด เช่น *Bacillus subtilis* GY19 [8] *Serratia marcescens* UCP 1549 [9] *Bacillus subtilis* N3-1P [10] และยังมีงานวิจัยที่ใช้สารลดแรงตึงผิว Lipopeptides ร่วมกับสารอื่น เช่น Rhamnolipid Emulsan และ Sodium Dihexyl Sulfosuccinate ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกระจายน้ำมันถึง 80-90% [11] นับเป็นสัญญาณที่ดีในการพัฒนาสารกระจายน้ำมันชีวภาพให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายและมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลงในอนาคต

4. ระบบหุ่นยนต์เก็บทรายปนเปื้อนน้ำมัน (Oil-coated sand collecting robot) เป็นนวัตกรรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในกรณีที่น้ำมันมีการรั่วไหลเข้าสู่พื้นที่ชายฝั่งและเกิดการปนเปื้อนกับพื้นทราย โดยหุ่นยนต์จะทำหน้าที่ตักผิวหน้าทรายที่มีน้ำมันปนเปื้อนเพื่อส่งไปยังระบบบำบัดต่อไป ซึ่งหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นมาควรมีคุณสมบัติหลัก ๆ คือ (1) สามารถขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อหลีกเลี่ยงการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม (2) สามารถทนต่อการกัดกร่อนจากน้ำทะเลและไม่เป็นสนิมได้ง่าย และ (3) สามารถควบคุมได้จากระยะไกลเพื่อลดความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงานในการสัมผัสน้ำมันและลดการรบกวนต่อระบบนิเวศชายฝั่ง



ภาพตัวอย่างระบบหุ่นยนต์สำหรับเก็บทรายปนเปื้อนน้ำมันบนชายฝั่ง

(รูปจาก <https://www.popularmechanics.com/science/energy/a5974/wild-technologies-clean-bp-oil-spill>)

อย่างไรก็ตาม หากมีน้ำมันปริมาณมากที่ปนเปื้อนบนชายฝั่งจนมีลักษณะเป็นชั้น อาจต้องมีการนำแผ่นดูดซับน้ำมัน (Oil absorbent pads) มาใช้กำจัดน้ำมันที่อยู่บนผิวหน้าของทรายให้เหลือน้อยลง ร่วมกับการใช้หุ่นยนต์เก็บทรายที่มีน้ำมันปนเปื้อนออกไปกำจัดตามรูปแบบการปนเปื้อนและความเหมาะสมของพื้นที่ปนเปื้อน จนปริมาณน้ำมันที่คงเหลืออยู่บนชายฝั่งหรือหาดทรายเหลือน้อยจนไม่ก่อให้เกิดผลกระทบร้ายแรงหรือสามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติได้



แผ่นดูดซับน้ำมัน (ก่อนใช้)

<https://thebuyingnetwork.com/responder-oil-absorbent-meltblown/>



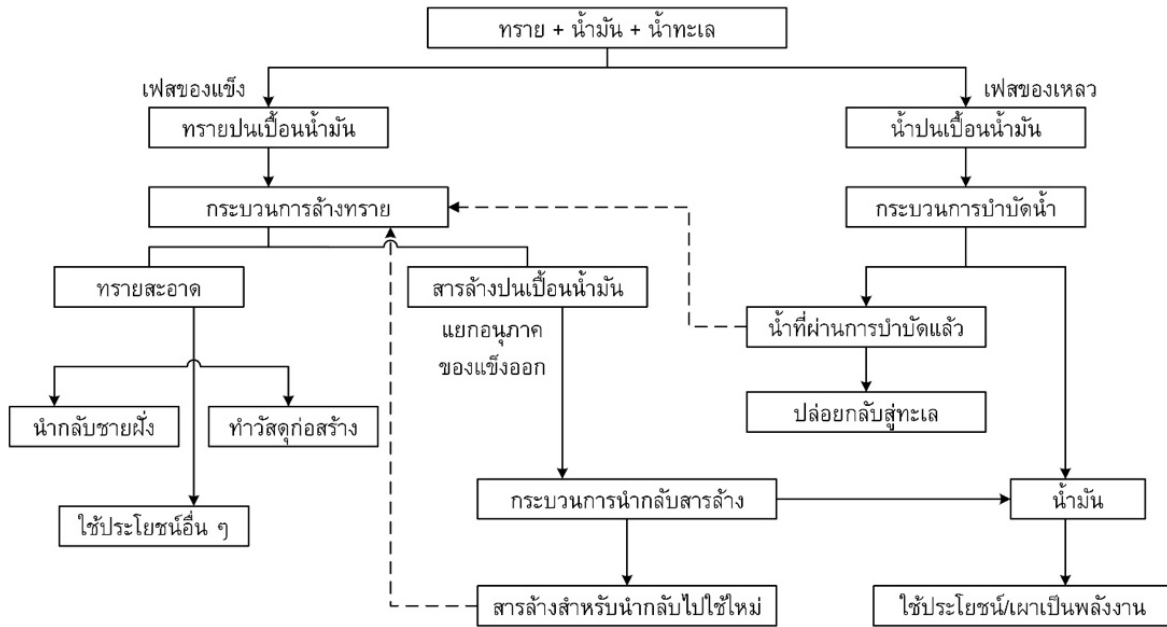
แผ่นดูดซับน้ำมัน (หลังใช้)

<https://www.newpig.com/expertadvice/how-to-dispose-of-used-absorbents/>

5. การบำบัดและแยกทรายปนเปื้อนน้ำมัน (Oil-contaminated sand treatment and separation process) เป็นการทำความสะอาดทรายที่ปนเปื้อนด้วยน้ำมันปริมาณสูงให้มีความสะอาดอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดพิษหรืออันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ในกรณีที่ทรายปนเปื้อนน้ำมันมีองค์ประกอบของน้ำทะเลอยู่ด้วย ควรแยกของแข็ง (ทรายปนเปื้อนน้ำมัน) และของเหลว (น้ำปนเปื้อนน้ำมัน) ออกจากกัน ก่อนด้วยกระบวนการแยกโดยแรงโน้มถ่วง (Gravity separation) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแนะนำกระบวนการบำบัดที่สามารถดำเนินการได้ง่ายและรวดเร็ว ดังนี้

- ทรายปนเปื้อนน้ำมัน : ล้างน้ำมันออกจากทรายปนเปื้อนโดยใช้สารเพิ่มประสิทธิภาพการล้างที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดและไม่ก่อให้เกิดสารพิษหลงเหลือในทรายที่ผ่านการบำบัดแล้ว เช่น สารลดแรงตึงผิวแบบชีวภาพ (Bio surfactant) ตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green solvents) เช่น เอทิลแลคเตท (Ethyl lactate) [12] นอกจากนี้ อาจมีการใช้กระบวนการลอยด้วยอากาศละลาย (Dissolved air flotation: DAF) ร่วมด้วย เพื่อให้ฟองอากาศขนาดเล็ก

- (Microbubbles) ที่มีประจุลบช่วยจับกับอนุภาคน้ำมันผ่านกลไก Hydrophobic-hydrophobic interaction และเพิ่มประสิทธิภาพการแยกน้ำมันออกจากตะกอนทรายเมื่อเทียบกับการใช้สารล้าง กวนผสมเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ ยังมีผลการวิจัยพบว่าการปล่อยฟองอากาศโดยใช้น้ำทะเลเป็นตัวกลางสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการล้างน้ำมันออกจากทรายได้เมื่อเทียบกับน้ำประปา [13] นับเป็นข้อดีหากมีการประยุกต์ใช้ระบบดังกล่าวในบริเวณใกล้ชายฝั่ง และสามารถนำทรายที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับเข้าสู่ชายหาดหรือนำไปใช้ประโยชน์ในการทำวัสดุก่อสร้างได้ [14]
- น้ำทะเลปนเปื้อนน้ำมัน : แยกน้ำมันออกจากน้ำทะเลด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การแยกด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity separation) กระบวนการเมมเบรน (Membrane filtration) การดูดซับ (Adsorption) การลอยตัวอากาศ (Air flotation) หรือกระบวนการรวมตัวด้วยไฟฟ้าเคมี (Electrocoagulation) [15] เพื่อให้ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนรวม (Total petroleum hydrocarbon: TPH) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย (ไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตรสำหรับเขตนิคมอุตสาหกรรม และไม่เกิน 1 ไมโครกรัมต่อลิตรเพื่อการสันทนาการ)
6. ระบบจัดการสารล้างหลังการใช้งาน (Solvent recovery) เป็นการแยกน้ำมันออกจากสารล้างเพื่อนำสารล้างกลับมาใช้ใหม่ และนำน้ำมันที่แยกได้ไปใช้ประโยชน์หรือกำจัดอย่างถูกวิธี ในปัจจุบันการนำกลับสารล้างหลังใช้ทำความสะอาดทรายหรือดินปนเปื้อนน้ำมันสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำมันที่ต้องการแยก รวมถึงไปถึงความบริสุทธิ์ของสารล้างที่ต้องการ เช่น กระบวนการกลั่น (Distillation) การไล่ด้วยอากาศ (Air stripping) การสกัดของเหลวออกจากของเหลว (Liquid-liquid extraction) การดูดซับแบบจำเพาะเจาะจง (Selective adsorption) กระบวนการเมมเบรน (Membrane process) รวมไปถึงกระบวนการแยกโดยการแพร่กระจาย (Pervaporation) [16] กระบวนการนำกลับสารล้างนับเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญสำหรับการบำบัดดินหรือทรายปนเปื้อนด้วยกระบวนการล้าง ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณการใช้สารเคมีและค่าใช้จ่ายโดยรวมแล้ว ยังเป็นการประหยัดการใช้ทรัพยากรและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการกระบวนการกำจัดสารเคมีในปริมาณมากอีกด้วย



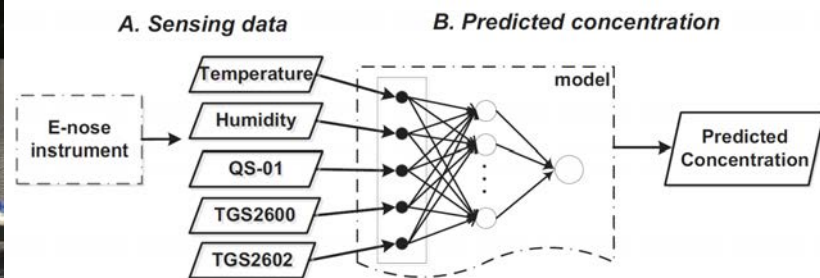
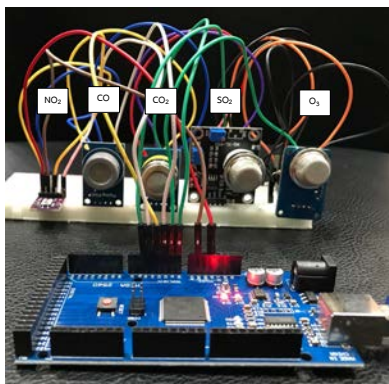
ภาพแสดงขั้นตอนการบำบัดทรายปนเปื้อนน้ำมันและการนำกลับสารล้างสำหรับเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหลในทะเล

7. การกำจัดวัสดุปนเปื้อนน้ำมัน (Oily waste disposal process) เป็นการจัดการวัสดุปนเปื้อนน้ำมันจากการจัดการน้ำมันรั่ว (Oil spill wastes) ไม่ว่าจะเป็นแผ่นดูดซับน้ำมันที่ใช้แล้ว (Oil-soaked adsorbent pads) อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) สารเคมีหรือสารล้างน้ำมันที่เสื่อมสภาพการใช้งาน รวมไปถึงเศษขยะต่าง ๆ ในบริเวณที่มีการปนเปื้อน ของเสียเหล่านี้มักถูกจัดเป็นของเสียอันตราย (Hazardous waste) [17] ซึ่งวิธีการจัดการที่ง่ายและรวดเร็วคือการรวบรวมของเสียเหล่านี้เพื่อส่งไปกำจัดโดยการเผาเป็นพลังงาน หรืออาจมีการติดตั้งเตาเผาเคลื่อนที่ในบริเวณที่เกิดเหตุ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของของเสียดังกล่าวระหว่างการขนส่งไปยังสถานที่กำจัด นอกจากวัสดุปนเปื้อนน้ำมันที่เป็นของแข็งแล้ว การกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำความสะอาดน้ำมันบนชายฝั่งยังครอบคลุมถึงการบำบัดน้ำปนเปื้อนน้ำมันที่เกิดขึ้นจากกระบวนการจัดการ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีการฉีดล้างน้ำมันที่ปนเปื้อนบนวัสดุแล้วรวบรวมในรูปของน้ำปนเปื้อนน้ำมันที่ต้องได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง

8. การพัฒนาจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (E-nose) จมูกอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการตรวจวัดกลิ่นและสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds: VOCs) โดยประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI) ในการประมวลผลความเข้มข้นของแก๊สแต่ละ



ชนิดที่อยู่ในอากาศ เนื่องจากน้ำมันดิบที่รั่วไหลลงสู่ทะเลมีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้ การพัฒนาระบบ E-nose ให้สามารถตรวจวัดไอระเหยของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและนำไปติดตั้งในบริเวณชายฝั่งที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำมันรั่ว จะช่วยให้เราสามารถติดตามตรวจสอบ (Site monitoring) ในเบื้องต้นได้ว่ายังมีคราบน้ำมันหลงเหลืออยู่ในบริเวณนั้น ๆ หรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันในกลุ่มโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenic substance) และถูกจัดเป็นสารกึ่งระเหย (Semi-volatile organic compound; SVOC) ทำให้ PAHs มีการระเหยอย่างช้า ๆ และคงอยู่ในสภาพแวดล้อมได้นานกว่าสารไฮโดรคาร์บอนกลุ่มอื่น ๆ การตรวจวัดความเข้มข้นของสารระเหยในกลุ่มนี้อย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันผลกระทบที่ต่อเนื่องมาจากการรั่วไหลของน้ำมันในสิ่งแวดล้อม



ภาพการพัฒนาจุกอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการตรวจวัดแก๊สและสารอินทรีย์ระเหยง่าย

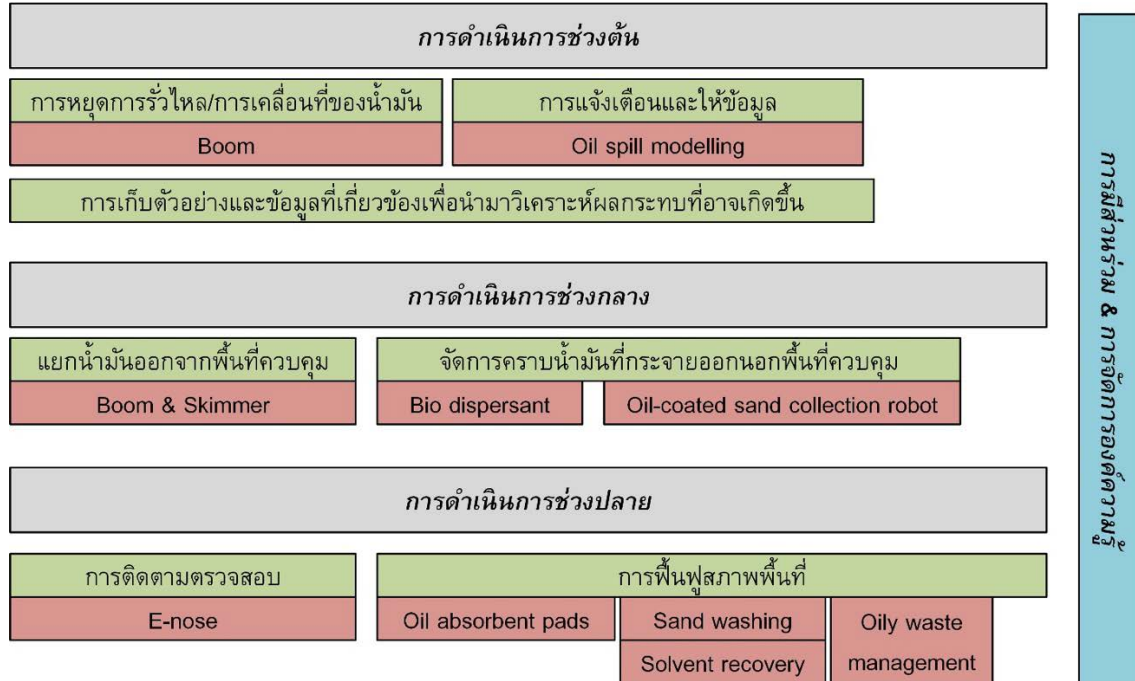
### 9. การสร้างการมีส่วนร่วมและการจัดการองค์ความรู้ (Engagement & Knowledge management)

เป็นการวางแผนการสื่อสารเพื่อสร้างการรับรู้และการมีส่วนร่วมของภาคส่วนต่าง ๆ เมื่อเกิดภาวะวิกฤตหรือสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยมีปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลที่เที่ยงตรงถูกต้องและรวดเร็ว และช่องทางการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ สามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างทั่วถึง ทั้งนี้ เพื่อให้ข้อมูลแก่ส่วนรวมในเรื่องที่มาของสถานการณ์และผลกระทบที่เกิดขึ้น แนวทางปฏิบัติสำหรับเจ้าหน้าที่และประชาชนเพื่อเตรียมรับมือและแก้ไขปัญหาตั้งแต่ระยะเร่งด่วนไปจนถึงระยะยาว รวมไปถึงข้อเสนอแนะหรือคำแนะนำที่เหมาะสมในการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ปนเปื้อน (Site remediation) และระบบนิเวศโดยรอบ



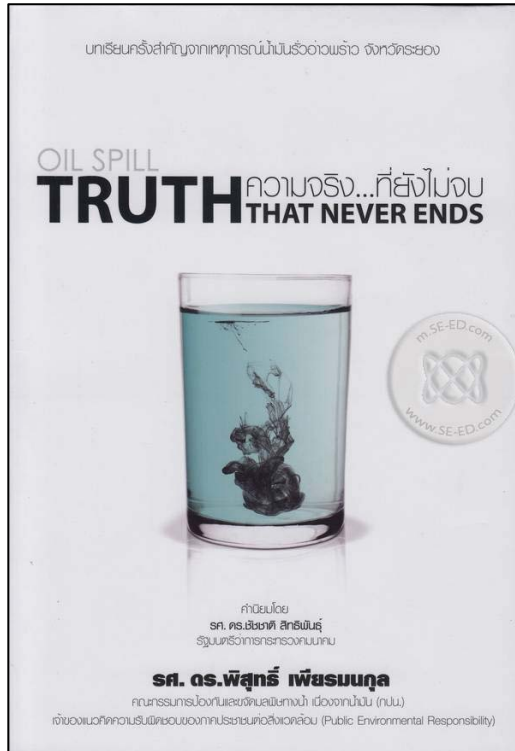
เวิร์ดคลาวด์ (Word cloud) จาก Twitter ในช่วงวันที่ 21–28 มกราคม 2565

ตัวอย่างความตื่นตัวของภาคประชาชนที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์น้ำมันรั่วในครั้งนี้สามารถประมวลได้จากผลการศึกษาของหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบสารสนเทศการจัดการภัยพิบัติและความเสี่ยง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ลองสร้างเวิร์ดคลาวด์ (Word cloud) ที่ถูกรีทวีตและทวีตรวมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์น้ำมันรั่วในช่วงวันที่ 21–28 มกราคม 2565 จะพบข้อความที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์น้ำมันรั่วและข้อกังวลถึงผลกระทบหรือความเสียหายที่เป็นผลตามมา การวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในสื่อสังคมออนไลน์นี้ทำให้เห็นถึงความสนใจและการรับรู้ของผู้คนในสังคมบนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีความรวดเร็วในการสื่อสาร ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ในการวางแผนการสื่อสารในภาวะวิกฤตหรือสถานการณ์ฉุกเฉินที่ควรคำนึงถึงในอนาคต



ภาพรวมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการจัดการน้ำมันรั่วไหลในทะเล  
(ดัดแปลงรูปจาก พิสุทธิ เพ็ชรมนกุล (2556) [18])

ทั้งหมดที่กล่าวถึงในบทความนี้เป็นภาพรวมแนวคิดด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมในมุมมองด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำมันรั่ว ซึ่งจำเป็นต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อนำองค์ความรู้จากการวิจัยและพัฒนามาใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระงับเหตุและสนับสนุนการดำเนินการจัดการน้ำมันรั่วตามวิธีการมาตรฐานที่มีอยู่ด้วยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน อันเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการรับมือกับอุบัติเหตุน้ำมันรั่วในทะเลและบริเวณชายฝั่งที่อาจจะเกิดขึ้นอีกได้ในอนาคต ทั้งนี้ หากต้องการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสถานการณ์ ผลกระทบ และแนวทางการจัดการน้ำมันรั่ว สามารถติดตามและค้นคว้าได้จากหนังสือ “Oil spill truth that never ends ความจริง...ที่ยังไม่จบ” และ “น้ำมันกับวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม”



หนังสือ “Oil spill truth that never ends ความจริง...ที่ยังไม่จบ” และ “น้ำมันกับวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม”

## เอกสารอ้างอิง

- [1] พลวุฒิ สงสกุล. (2565). น้ำมันรั่วลงทะเลไทย ความเสียหายที่ไม่ได้รับการชดเชย [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2565. เข้าถึงได้จาก: <https://thestandard.co/oil-leak-into-thailand-sea-uncompensate-damage/>
- [2] ไทยรัฐออนไลน์. (2565). กรีนพีซ จี SPRC ชดใช้ค่าเสียหาย-ขจัดคราบน้ำมัน เหตุน้ำมันรั่วในทะเล [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2565. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thairath.co.th/news/local/east/2300657>
- [3] บริษัท สตาร์ ปิโตรเลียม รีไฟน์นิ่ง จำกัด (มหาชน) (2565). แลกเปลี่ยนฉบับที่ 08 พบน้ำมันดิบรั่วไหล บริเวณทุ่นผูกเรือแบบทุ่นเดี่ยวกลางทะเล หรือจุดขนถ่ายน้ำมันในทะเล (SPM) บริษัท สตาร์ ปิโตรเลียม รีไฟน์นิ่ง จำกัด (มหาชน) [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2565. เข้าถึงได้จาก: [https://www.sprc.co.th/th/about/Shared%20Documents/SPRC%20แลกเปลี่ยนฉบับที่%2008\\_น้ำมันดิบรั่วไหล.pdf](https://www.sprc.co.th/th/about/Shared%20Documents/SPRC%20แลกเปลี่ยนฉบับที่%2008_น้ำมันดิบรั่วไหล.pdf)
- [4] Keramea, P., Spanoudaki, K., Zodiatis, G., Gikas, G., & Sylaios, G. (2021). Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives, and Challenges. 9(2), 181.
- [5] How to choose an oil containment boom. (2021). [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2565. เข้าถึงได้จาก: <https://markleen.com/how-to-choose-an-oil-containment-boom/>
- [6] Gutierrez, T. (2017). Bio-dispersants: Do they have a future to combat marine oil spills? *Journal of Marine Microbiology*, 1(1), 9-10.
- [7] Kleindienst, S., Paul, J. & Joye, S. Using dispersants after oil spills: impacts on the composition and activity of microbial communities. *Nat Rev Microbiol* 13, 388–396 (2015). <https://doi.org/10.1038/nrmicro3452>
- [8] Nawavimarn, P., Rongsayamanont, W., Subsanguan, T., & Luepromchai, E. (2021). Bio-based dispersants for fuel oil spill remediation based on the Hydrophilic-Lipophilic Deviation (HLD) concept and Box-Behnken design. *Environmental Pollution*, 285, 117378. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117378>

- [9] dos Santos, R. A., Rodríguez, D. M., Ferreira, I. N. d. S., de Almeida, S. M., Takaki, G. M. d. C., & de Lima, M. A. B. (2021). Novel production of biodispersant by *Serratia marcescens* UCP 1549 in solid-state fermentation and application for oil spill bioremediation. *Environmental Technology*, 1-12. doi:10.1080/09593330.2021.1910733
- [10] Zhu, Z., Zhang, B., Cai, Q., Ling, J., Lee, K., & Chen, B. (2020). Fish Waste Based Lipopeptide Production and the Potential Application as a Bio-Dispersant for Oil Spill Control. 8. doi:10.3389/fbioe.2020.00734
- [11] Zhu, Z., Song, X., Cao, Y., Chen, B., Lee, K., & Zhang, B. (2022). Recent advancement in the development of new dispersants as oil spill treating agents. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 36, 100770. doi:https://doi.org/10.1016/j.coche.2021.100770
- [12] Poyai, T., Getwech, C., Dhanasin, P., Punyapalakul, P., Painmanakul, P., & Chawaloeshonpiya, N. (2020). Solvent-based washing as a treatment alternative for onshore petroleum drill cuttings in Thailand. *Science of The Total Environment*, 718, 137384. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137384
- [13] P. Fagkaew, M. Phea, T. Poyai, N. Chawaloeshonpiya, and P. Painmanakul, "Removal of Hydrocarbons from Drill Cuttings Using Flotation Enhanced Stirred Tank (FEST)", *Eng. J.*, vol. 25, no. 8, pp. 11-20, Aug. 2021.
- [14] Abousnina, R. M., Manalo, A., Lokuge, W., & Shiau, J. (2015). Oil Contaminated Sand: An Emerging and Sustainable Construction Material. *Procedia Engineering*, 118, 1119-1126. doi:https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.453
- [15] Ossai, I. C., Ahmed, A., Hassan, A., & Hamid, F. S. (2020). Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 17, 100526. doi:https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100526
- [16] Trellu, C., Pechaud, Y., Oturan, N., Mousset, E., van Hullebusch, E. D., Huguenot, D., et al. (2021). Remediation of soils contaminated by hydrophobic organic compounds: How to recover extracting agents from soil washing solutions? *Journal of Hazardous Materials*, 404, 124137. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124137

- [17] Oil spill waste management manual. (2016). [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2565. เข้าถึงได้จาก:<https://www.posow.org/documentation/wasteweb.pdf>
- [18] พิสุทธิ์ เพียรมนกุล. (2556). ภาพรวมแนวทางการจัดการน้ำมันรั่วไหล (Oil Spill) ลงสู่ทะเล. [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2565. เข้าถึงได้จาก : <https://www.eng.chula.ac.th/th/18227>