รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบทางชีวภาพ ของระบบนิเวศหาดหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลง กรณีท่อส่งน้ำมันดิบรั่วไหลกลางทะเล จังหวัดระยอง

เสนอต่อ

ศูนย์วิจัยยุทธศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ภายใต้การดำเนินงานของ

มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยและสภาวิจัยแห่งชาติ

จัดทำโดย

ผศ.ดร.มณฑล แก่นมณี

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มีนาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
บทนำ	2
วัตถุประสงค์	3
เป้าหมายของผลผลิต	3
วิธีการศึกษา	4
ผลการศึกษา	6
สรุปผลการศึกษา	17
ข้อเสนอแนะในการติดตามผลกระทบระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมทางทะเลในระยะยาว	19
เอกสารอ้างอิง	20

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	พื้นที่ศึกษา	4
2	สภาพหาดหินบริเวณอ่าวพร้าวในการสำรวจเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2556	7
3	คราบน้ำมันปกคลุมผิวตัวของหอยน้ำพริก (*Monodonta* sp.) และหอยมะระ (*Morula sp.*)	8
4	ปลาที่ตายพบบริเวณแนวน้ำลงต่ำสุด	8
5	สีขาวขุ่นในแอ่งหินและพบหอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) ตายในแอ่งหิน	9
6	ความชุกชุมทั้งหมดของสัตว์หน้าดินในหาดหินในพื้นที่ศึกษา	10
7	ค่าเฉลี่ยความชุกชุม ± ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) ในระดับน้ำต่างๆ เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง	11
8	ค่าเฉลี่ยความชุกชุม ± ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหอยครองแครง(*Planaxis sulcatus*) ในระดับน้ำต่างๆ เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง	12
9	ค่าเฉลี่ยความชุกชุม ± ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของกลุ่มหอยฝาชี ในระดับน้ำต่างๆ เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง	13
10	ค่าเฉลี่ยความชุกชุม ± ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหอยมะระ (*Morula* sp.) ในระดับน้ำต่างๆ เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง	14
11	Non-multidimentional Scaling แสดงโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินในหาดหินอ่าวพร้าว (A) และหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด (B)	15

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินอ่าวพร้าว	7
2	Simpson diversity index (d), Shannon Wiener diversity index และ Equitability index (J) ในพื้นที่ศึกษาตามช่วงเวลา	16
3	ปริมาณ 2-NAP ในเนื้อเยื่อของหอยทั้งสามชนิดที่ทำการวิเคราะห์ในแต่ละช่วงเวลา	17

โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบทางชีวภาพของระบบนิเวศหาดหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลง กรณีท่อส่งน้ำมันดิบรั่วไหลกลางทะเล จังหวัดระยอง

บทคัดย่อ

การวิจัยเพื่อประเมินผลกระทบทางชีวภาพของระบบนิเวศหาดหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงกรณีท่อส่งน้ำมันดิบรั่วไหลกลางทะเล จังหวัดระยอง ดำเนินการเก็บข้อมูลในเดือนตุลาคม ธันวาคม 2556 และมีนาคม 2557 ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหิน อ่าวพร้าว เกาะเสม็ด จ.ระยอง ซึ่งเป็นพื้นที่ได้รับผลกระทบจากคราบน้ำมัน เปรียบเทียบกับหาดหินบริเวณหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาภาคสนามเพื่อสำรวจชนิด ความชุกชุม การแพร่กระจาย และชุมชนสัตว์หน้าดิน โดยใช้เทคนิค Photo-quadrat และการศึกษาในห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสารประกอบปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ 1-Hydroxypyrene (1-HOP) และ 2-Napthol (2-NAP) เนื้อเยื่อของหอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) หอยนางรมปากจีบ (*Sacosstrea cucullata*) และหอยมะระ (*Morula* sp.) ซึ่งมีพฤติกรรมการกินและบทบาทในระบบนิเวศหาดหินที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินบริเวณอ่าวพร้าว ลดลงตามช่วงเวลา โดยมีค่าเท่ากับ 328.1 ตัวต่อตารางเมตร จากการสำรวจในเดือนตุลาคม 2556 เป็น 182.2 ตัวต่อตารางเมตร และ 132.0 ตัวต่อตารางเมตรในเดือนธันวาคม 2556 และมีนาคม 2557 ตามลำดับ แตกต่างกับบริเวณเขาแหลมหญ้าที่ความชุกชุมในเดือนตุลาคม และธันวาคม 2556 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 151.1 และ 195.4 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนความชุกชุมในเดือนมีนาคม 2557 มีค่าเท่ากับ 65 ตัวต่อตารางเมตร การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินเหล่านี้มีรูปแบบ (zonation) ที่แน่นอนตามระดับน้ำ จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติตรวจพบ 2-NAP ในเนื้อเยื่อตัวอย่างของสัตว์หน้าดินทั้ง 3 ชนิด และทั้งหมดมีค่าสูงกว่าชุดควบคุม โดยในหอยครองแครงซึ่งกินอาหารแบบแทะเล็มมี 2- NAP สะสมตามช่วงเวลาอยู่ระหว่าง 0.884±0.226-0.969±0.287 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก ส่วนในหอยนางรมมี 2- NAP ในเนื้อเยื่อลดลงตามระยะเวลาจาก 0.811±0.374 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก เป็น 0.625±0.215 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก และ 0.625±0.215 มิลลิกรัมต่อไมโครกรัมน้ำหนักเปียกในตัวอย่างของเดือนตุลาคม ธันวาคม และมีนาคมตามลำดับ ในหอยมะระซึ่งเป็นผู้ล่าชนิดหนึ่งในระบบนิเวศหาดหินมีการสะสมของ 2-NAP เพิ่มขึ้น (0.048±0.014 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกในเดือนตุลาคม 0.066±0.022 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกในเดือนธันวาคม และ 0.120±0.083 มิลลิกรัมต่อไมโครกรัมน้ำหนักเปียกในตัวอย่างของเดือนมีนาคม) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงการเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของน้ำมันดิบ ซึ่งมีปริมาณสารที่สะสมแตกต่างกันไปตามระดับการกินในห่วงโซ่อาหาร อย่างไรก็ตามควรมีการติดตามตรวจสอบชนิด ความชุกชุม ของสัตว์หน้าดินในพื้นที่อ่าวพร้าวต่อไปอีกอย่างน้อย 1-2 ปี และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องปริมาณของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของน้ำมันดิบที่จะสะสมในสัตว์หน้าดิน

โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบทางชีวภาพของระบบนิเวศหาดหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลง กรณีท่อส่งน้ำมันดิบรั่วไหลกลางทะเล จังหวัดระยอง

บทนำ

จากเหตุการณ์ท่อส่งน้ำมันดิบโอมานขนาด 16 นิ้ว รั่วระหว่างการขนถ่ายน้ำมันจากเรือขนส่งน้ำมันไปยังโรงกลั่นน้ำมัน บริเวณทุ่นรับน้ำมันดิบของโรงกลั่นน้ำมัน บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ห่างจากชายฝั่งท่าเรือมาบตาพุด จังหวัดระยอง ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 20 กิโลเมตร เมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม 2556 เป็นเหตุให้น้ำมันดิบดังกล่าวรั่วไหลลงสู่ทะเลประมาณ 50 ตัน หลังเกิดเหตุบริษัทฯ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ทำการกำจัดคราบน้ำมันตามหลักสากล ตั้งแต่การวางทุ่นล้อม และการฉีดสารเคมีลดแรงตึงผิว (dispersant) แต่คราบน้ำมันบางส่วนได้เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่บริเวณอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด ส่งความเสียหายอย่างรุนแรงต่อพื้นที่ชายหาด คราบน้ำมันดังกล่าวได้ถูกกำจัดอย่างเร่งด่วนภายในเวลา 1 สัปดาห์ โดยการใช้วัสดุดูดซับ การตักคราบน้ำมันออกจากผิวหน้าน้ำทะเล ตักทรายที่ปกคลุมด้วยน้ำมัน และการใช้สารเคมีฉีดพ่น

น้ำมันดิบเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดปะปนอยู่ด้วยกันซึ่งกลุ่มหลัก คือ สารประกอบ aliphatic, aromatic และสารประกอบมีขั้วต่างๆ (polar compounds) เมื่อนำมันดิบแพร่กระจายเข้าสู่ทะเลจะอยู่รวมกันบริเวณผิวหน้าน้ำทะเล และอาจเกิดการสลายตัวตามธรรมชาติ (weathering processes) ประกอบด้วยการระเหย (evaporation) การแพร่กระจาย (dispersion) การละลาย (dissolution) การเกิดปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชัน (photo-oxidation reaction) และการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ (biodegradation) สารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (volatile organic compounds; VOCs) จะเป็นกลุ่มที่ระเหยออกไปก่อน ส่วนสารประกอบที่มีน้ำหนักมาก (Polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs) มักจะจับตัวกันเป็นกลุ่ม (chocolate mousse or tar ball) อยู่ในมวลน้ำ หรือจมตัวลงสู่พื้นท้องทะเล เมื่อพิจารณาถึงระดับความเป็นพิษพบว่าสารประกอบกลุ่ม VOCs จะมีความเป็นพิษสูงแต่สามารถกำจัดออกได้เร็ว ในขณะที่ PAHs มีความเป็นพิษต่ำกว่าแต่จะกำจัดออกจากสิ่งแวดล้อมได้ยาก (Lim and Shin, 2013) จากภาพถ่ายดาวเทียมของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแสดงให้เห็นว่า มีคราบน้ำมันแพร่กระจายในพื้นที่ระหว่างเขาแหลมหญ้า เกาะเสม็ด จนถึงชายหาดบ้านเพ นานกว่า 1 สัปดาห์ ถึงแม้ว่าคราบน้ำมันส่วนใหญ่ได้ถูกกำจัดไปจนหมด

ผลกระทบทางชีวภาพจากการแพร่กระจายของน้ำมันดิบเกิดขึ้นได้ในกลายกรณีคือ ในทางกายภาพคราบน้ำมันจะปกคลุมตัวสิ่งมีชีวิต หรือพื้นผิวที่สิ่งมีชีวิตใช้อยู่อาศัย (substratum) ส่งผลถึงสภาวะทางสรีระของการดำรงชีวิต ความเป็นพิษของสารประกอบต่างๆ ในน้ำมันอาจทำให้สิ่งมีชีวิตตาย (lethal effect) หรือเกิดความผิดปกติ (sub-lethal effect) คราบน้ำมันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างชุมชนในระบบนิเวศโดยอาจทำให้สิ่งมีชีวิตหลัก (key species) ตายลง และมีสิ่งมีชีวิตอื่นเข้ามาอยู่แทนที่ (opportunistic species) นอกจากนี้คราบน้ำมันมีผลทางอ้อมในการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในพื้นที่ที่สิ่งมีชีวิตอยู่อาศัย (loss of habitat or shelter) ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญ สัตว์สงวน หรือ

สัตว์หายากหายไปจากพื้นที่ องค์ประกอบของน้ำมันดิบกลุ่มหลักที่มักจะสะสมอยู่ในพื้นที่ใดๆ คือ กลุ่ม PAHs เนื่องจากมีน้ำหนักโมเลกุลมาก ย่อยสลายได้ยากดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การประเมินผลกระทบทางชีวภาพของคราบน้ำมันในสิ่งแวดล้อมทางทะเลนอกจากจะทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตแล้วก็มักประเมินปริมาณของ PAHs ในสิ่งมีชีวิตและดินตะกอนพื้นทะเลควบคู่กันไปด้วย อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ปริมาณ PAHs เพียงอย่างเดียวไม่สามารถยืนยันว่าสารดังกล่าวแสดงความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตหรือไม่ จึงได้มีการพัฒนาตัวชี้วัดทางชีวภาพ (biomarker) โดยการตรวจสอบสารที่เกิดจากขบวนการเมตาบอลิซึม PAHs และสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต (Fillmann et al. 2004) ซึ่งในสัตว์หน้าดิน เช่น ไส้เดือนทะเล หรือมอลลัสก์มีตัวชี้วัดทางชีวภาพ 2 ชนิด คือ 1-hydroxylpyrene (1-HOP) และ 2-Naphthol (2-NAP)

พื้นที่ชายหาดในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด ส่วนหนึ่งเป็นหาดหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงจากอุบัติเหตุการแพร่กระจายคราบน้ำมันเข้าสู่พื้นที่ครั้งนี้เป็นผลทำให้มีการสะสมของน้ำมันในพื้นที่ดังกล่าว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องประเมินและติดตามผลกระทบทางชีวภาพของคราบน้ำมันในพื้นที่ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่สำคัญทั้งในแง่ของการเป็นส่วนหนึ่งระบบนิเวศทางทะเลและแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของเกาะเสม็ดทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมถึงการนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดทำมาตรการหรือกรอบแนวทางการแก้ไขปัญหาในลักษณะเดียวกันที่อาจจะเกิดขึ้นได้อีกในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินสถานภาพและติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินของอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด จ.ระยอง ซึ่งได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของน้ำมันดิบ
2. เพื่อตรวจสอบความเป็นพิษของน้ำมันดิบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตกลุ่มหลักที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดทรายและหาดหินบริเวณอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด จ.ระยอง

เป้าหมายของผลผลิต

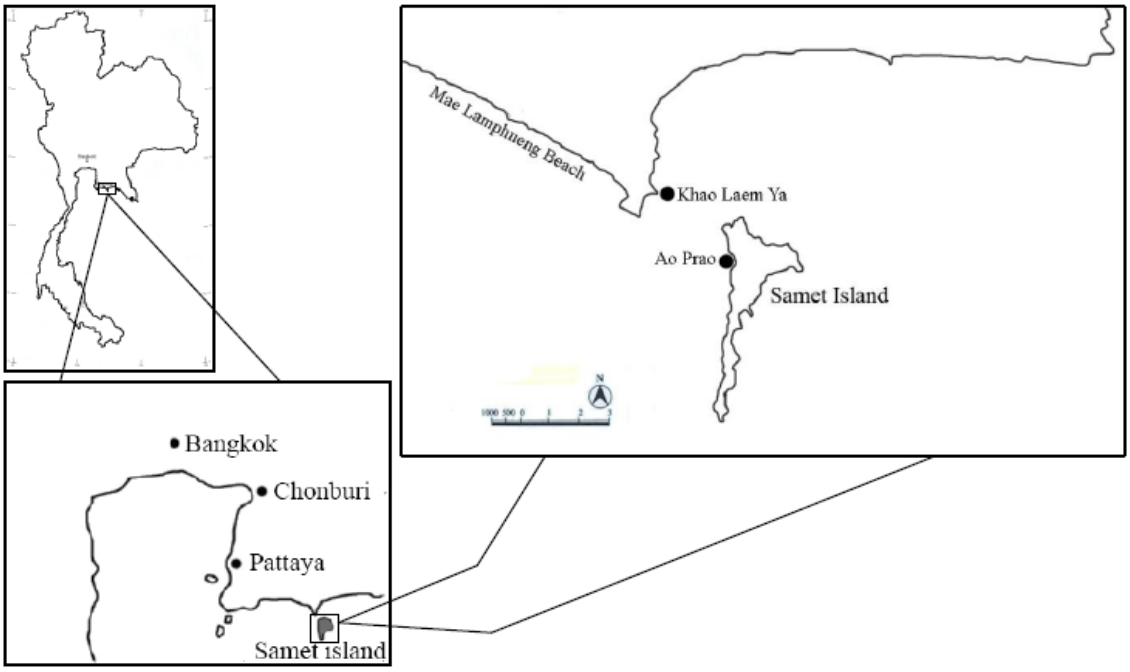
1. ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินของอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด จ.ระยอง ซึ่งได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของคราบน้ำมัน เปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบ คือ หาดหินบริเวณหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด จ.ระยอง
2. ปริมาณของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker) ซึ่งแสดงถึงระดับความเป็นพิษของน้ำมันดิบในกลุ่ม PAHs ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของคราบน้ำมัน

วิธีการศึกษา

1. การประเมินชนิด การแพร่กระจายและโครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตหน้าดินในบริเวณหาดหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลง

1.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาแบ่งเป็น 2 พื้นที่คือ (1) หาดหินทางทิศเหนือของอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด จ.ระยอง (2) หาดหินบริเวณหน้าที่ทำการอุทยานแหล่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด จ.ระยอง (ภาพที่ 1) สภาพโดยทั่วไปของหาดหินบริเวณอ่าวพร้าวมีความยาวตลอดชายหาดประมาณ 300 เมตร พื้นที่ดังกล่าวได้รับผลกระทบจากน้ำมันดิบโดยตรงจากอุบัติเหตุการรั่วไหลเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2556 ส่วนหาดหินบริเวณหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะเสม็ด เขาแหลมหญ้า ตั้งอยู่ด้านตรงข้ามกับอ่าวพร้าวห่างกันประมาณ 3 กิโลเมตร มีความยาวตลอดชายหาดประมาณ 300 เมตร



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา (สัญลักษณ์ (•) Ao Prao และ Khao Laem Ya) แสดงตำแหน่งของการเก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณอ่าวพร้าวและหาดหินหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด ตามลำดับ)

1.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการเก็บข้อมูลในเดือนตุลาคม ธันวาคม 2556 และมีนาคม 2557 ออกแบบการเก็บข้อมูลแบบ random-stratified sampling โดยในแต่ละพื้นที่ศึกษากำหนดแนวการเก็บข้อมูล 5 ระดับ ตามความยาวหาด คือ 1.5 เมตร 1.75 เมตร 2.0 เมตร 2.25 และ 2.50 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยใช้

ข้อมูลระดับน้ำอ้างอิงจากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ในแต่ละระดับน้ำได้ทำการตรึงหมุดถาวรกับหิน ให้มีระยะห่างกันระหว่างหมุดประมาณ 5 เมตร โดยในแต่ละระดับน้ำจะใช้หมุดสีต่างต่างกัน

การเก็บข้อมูลชนิด การแพร่กระจาย และความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในหาดหินในพื้นที่ศึกษา ใช้เทคนิค photo quardrat โดยแต่ละระดับน้ำทำการลากเส้นเทปวัดระยะความยาว 50 เมตร 2 ม้วน วางให้เส้นเทปลากผ่านหมุดแต่ละหมุดที่อยู่ในระดับน้ำเดียวกัน เป็นระยะทางเส้นสำรวจ 100 เมตร จากวางตารางสี่เหลี่ยมขนาด 25 x 25 เซนติเมตร ที่มีขาตั้ง และติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอลด้านบน ความสูงจากเลนส์กล้องถึงพื้นหินประมาณ 40 เซนติเมตร ทำการถ่ายภาพในแต่ละเส้นสำรวจตามเส้นเทป จำนวน 50 ครั้ง โดยใช้ตารางสุ่ม ในกรณีที่กรอบสี่เหลี่ยมพาดผ่านก้อนหินที่มีขนาดเล็กจะพลิกก้อนหินเพื่อค้นหาสัตว์หน้าดินที่อาจหลบอยู่ใต้หิน

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ภาพถ่ายที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ชนิด และนับจำนวนสัตว์หน้าดินที่พบ โดยใช้โปรแกรม Image J ข้อมูลความชุกชุมของสัตว์หน้าดินที่ได้จะนำคำนวณค่าแบบ univariate analysis ซึ่งประกอบด้วยดัชนีความหลากหลาย 3 ค่า คือ Simpson's diversity index, Shannon-Weiner index, Evenness และทำการวิเคราะห์โครงสร้างชุมชนของสิ่งมีชีวิตโดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึง (similarity index) และ Non-metric multidimensional scaling (n MDS) โดยใช้โปรแกรม Primer (version 5.0) การทดสอบทางสถิติใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Sigmastat (version 3.1)

2. การตรวจสอบปริมาณของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker) ของ PAHs ในสัตว์หน้าดิน

ทำการเก็บตัวอย่างของสิ่งมีในกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวแทนของผู้บริโภคลำดับต่างๆ ในระบบนิเวศ ซึ่งประกอบด้วย หอยครองแครง (*P. sulcatus*) ซึ่งกินอาหารแบบแทะเล็ม (grazer) หอยนางรมปากจีบ (*S. cucullata*) ซึ่งกินอาหารแบบกรองกินสารแขวนลอยในมวลน้ำ (filter feeder) และหอยมะระ (*Morula* sp.) ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ล่าในระบบนิเวศหาดหิน (predator) ตัวอย่างที่ได้จะนำมาแช่แข็งทันทีและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์

นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณ 1- hydroxypyrene (1-HOP) และ 2- Naphthol (2-NAP) ซึ่งโดยสมมติฐานในการศึกษานี้ถือว่าสารทั้งสองเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสารประกอบ PAHs ที่สะสมในสิ่งมีชีวิตในทะเล โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 สารเคมี

1-hydroxypyrene (1-HOP), 2-Naphthol (2-NAP), Sodium acetate, N-methyl-N (tert-butyldimethylsilyl) trifluoroacetamide (MTBDMSTFA), n-pentane, methanol, Potassium hydroxide, Hydrochloric acid และ acetone

2.2 ขั้นตอนการ Hydrolysis, extraction และ derivatization

ดำเนินการตามวิธีการของ Lim and Shin (2013) โดยนำเนื้อเยื่อ (แมนเทิลและอวัยวะภายใน) ของหอยตัวอย่างทั้งสามชนิดออกจากเปลือก ชั่งน้ำหนัก จากนั้นเติม 2 โมลาร์ ของ KOH ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และนำไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer และ sonicate ใน ultrasonic bath เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไป hydrolyzed ในตู้อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 90 นาที สารละลายที่ได้จะนำไปสกัด (extraction) 2 ครั้ง ด้วย n-pentane ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยดูดชั้นอินทรียสารด้านบนออก หลังจากนั้นปรับค่าพีเอชให้อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด (ค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 2-3) โดยใช้ HCl 2 โมลาร์ ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร และสกัดซ้ำอีก 2 ครั้งด้วย n-pentane 10 มิลลิลิตร เติม MTBDMSTFA 5 ไมโครลิตร แล้วนำไประเหยให้แห้งโดยการเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจน นำตัวอย่างที่ได้ไปฉีดในเครื่อง Gas Chromotography Mass Spectophotometry (GC-MS; Model Agilent 6890)

ผลการศึกษา

1. การสำรวจเบื้องต้น

ก่อนหน้าที่จะได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจสภาพทั่วไปของพื้นที่และเก็บข้อมูลการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตหน้าดินของหาดหินทั้งบริเวณอ่าวพร้าว ในวันที่ 2 สิงหาคม 2556 ภายหลังจากน้ำมันดิบเข้ามาในพื้นที่อ่าวพร้าว 5 วัน

จากการสังเกตสภาพโดยทั่วไปของพื้นที่หาดหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงทางทิศเหนือของอ่าวพร้าว ในวันที่ 2 สิงหาคม 2556 พบน้ำมันดิบปกคลุมผิวหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงเกือบทั้งหมด โดยเฉพาะซอกหินในแนวน้ำลงต่ำสุดถึงแนวน้ำลงปานกลาง (ภาพที่ 2) การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินในพื้นที่สำรวจมีรูปแบบที่แน่นอนตามแนวระดับน้ำ (zonation) ชนิดของสัตว์หน้าดินทั้งหมดที่พบในพื้นที่สำรวจแสดงในตารางที่ 1 สัตว์หน้าดินชนิดเด่นที่อาศัยอยู่ในระดับ 1.5 – 1.75 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง คือ หอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) หอยนางรมปากจีบ (*Saccrosstrea* sp.) หอยหมวกเจ๊ก (*Siphonaria* sp.) และปูแสมหิน (*Metopograpsus* sp.) ที่ระดับ 2.0 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง สัตว์หน้าดินชนิดเด่น คือ หอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) เพรียงจีบ (*Chthamalus squamosa*) กลุ่มหอยฝาชี (limpets) หอยขี้ตา (*Echinolittorina malaccana*) และหอยมะระ (*Morula musiva*) ส่วนระดับ 2.25-2.5 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางขึ้นไป สัตว์หน้าดินที่เด่น คือ หอยขี้ตา (*Echinolittorina malaccana*) และแมงสาบทะเล (*Ligia* sp.) สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแนวน้ำลงปานกลางและแนวน้ำขึ้นสูงสุดส่วนใหญ่มีคราบน้ำมันปกคลุมตัว (ภาพที่ 3) สภาพน้ำทะเลบริเวณแนวน้ำลงต่ำสุดมีคราบน้ำมันบริเวณผิวหน้าน้ำ เป็นฟองสีน้ำตาล และมีปลาตาย (ภาพที่ 4) และพบว่าบริเวณแอ่งหิน (rock pool) ในแนวน้ำลงปานกลาง น้ำที่ขังอยู่ในแอ่งมีสีขาวขุ่นคล้ายสีน้ำนมจาง หอยครองแครง (*P. sulcatus*) ตายอยู่ในแอ่งหินนั้น (ภาพที่ 5) สันนิษฐานว่าสีน้ำดังกล่าวเกิดจากสารที่ผสมลงไปในน้ำที่ใช้ฉีดพ่นเพื่อทำความสะอาดผิวหิน

ภาพที่ 2 สภาพหาดหินบริเวณอ่าวพร้าวในการสำรวจเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2556

ตารางที่ 1 ชนิดของสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินอ่าวพร้าว

Phylum	Species
Arthropoda	*Chthamalus squamosa*
	Ligia sp.
	Metopograpsus sp
	Eucrate sp.
	Diogenus pugilator
	Alpheus sp.
Mollusca	*Planaxis sulcatus*
	Peasiella roepstorffiana
	Morula sp.
	Siphonaria sp.
	Cellana toreuma
	Echinolittorina malaccana
	E. radiata
	Saccostrea sp.
	Isognomon nucleus
Urochordata	*Apidium* sp.
	Polycarpa sp.
Vertebrata	*Istigobius* sp.

ภาพที่ 3 คราบน้ำมันปกคลุมผิวตัวของหอยน้ำพริก (*Monodonta* sp.) และหอยมะระ (*Morula sp.*)

ภาพที่ 4 ปลาที่ตายพบบริเวณแนวน้ำลงต่ำสุด (2 สิงหาคม 2556)

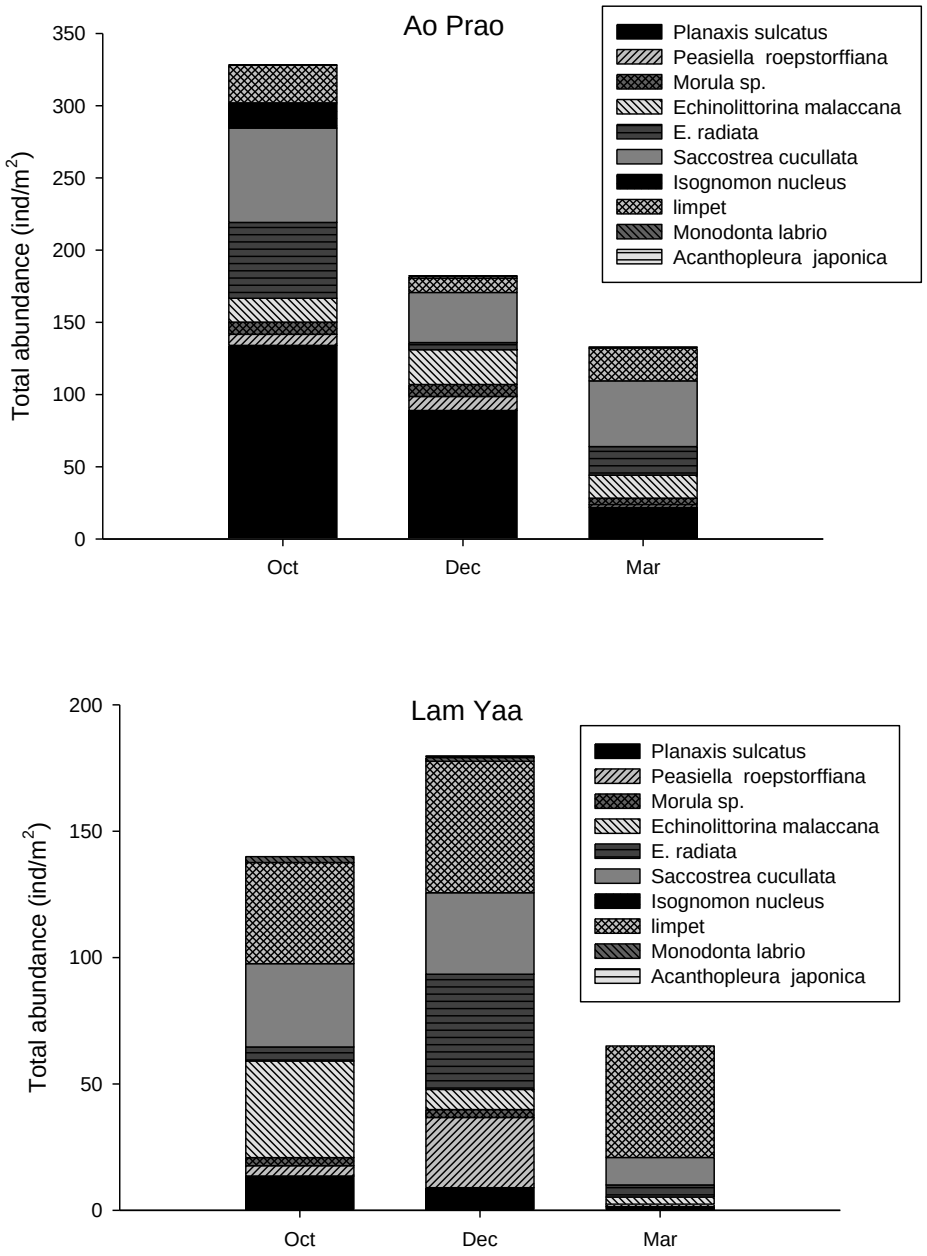
ภาพที่ 5 น้ำสีขาวขุ่นในแอ่งหินและพบหอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) ตายในแอ่งหิน

2. ชนิด ความชุกชุม การแพร่กระจายและโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินในหาดหินของอ่าวพร้าว และอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะเสม็ด เขาแหลมหญ้า

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายที่บันทึกชนิดและจำนวนสัตว์หน้าดินที่พบในพื้นที่ศึกษาทั้งสองแห่งซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 6 พบสัตว์หน้าดินทั้งหมด 11 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในไฟลัมมอลลัสกา ซึ่งประกอบด้วย หอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) หอยฝาเดียวชนิด *Peasiella repsotroffiana* หอยมะระ (*Morula* sp.) หอยขี้ตา 2 ชนิดคือ *Echinolittorina malaccana* และ *E. radiata* หอยน้ำพริก (*Monodonta labrio*) กลุ่มหอยฝาชี (limpet) ซึ่งอยู่ใน genus Cellana หอยสองฝาสองชนิดคือ หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) และ *Isognomon nucleus* และลิ่นทะเล (*Acanthopleura japonica*) ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ไม่สามารถเก็บภาพสัตว์หน้าดินกลุ่มที่เคลื่อนที่ได้เร็วได้แก่ ปูแสมหิน ปูใบ้ และแมลงสาบทะเล ส่วนกลุ่มเพรียงจีบ (*Chthamalus squamosa*) ไม่ได้ทำการศึกษาในเชิงปริมาณ เนื่องจากมีขนาดเล็กและแยกระหว่างตัวที่มีชีวิตและตัวตายได้ยาก ชนิดของสัตว์หน้าดินกลุ่มเด่นในพื้นที่นี้คือหอยครองแครง หอยนางรมปากจีบ และหอยขี้ตา

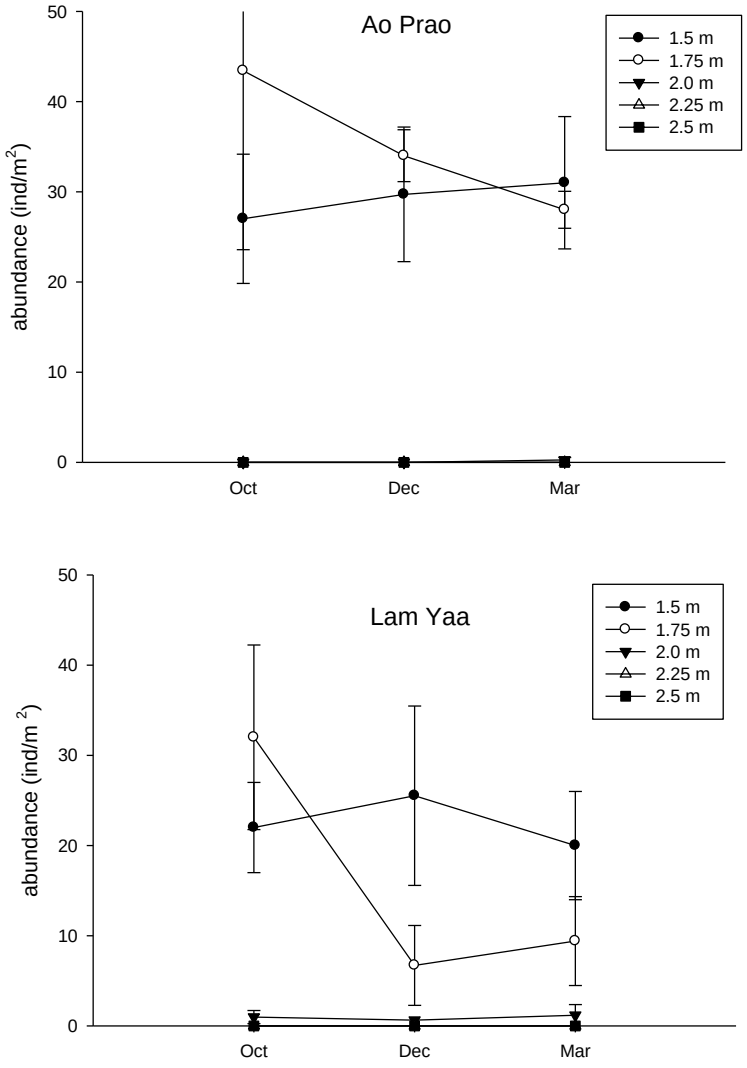
เมื่อพิจารณาความชุกชุมของสัตว์หน้าดินบริเวณอ่าวพร้าวตามช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่าความชุกชุมมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลา โดยมีความชุกชุมลดลงจาก 328.1 ตัวต่อตารางเมตร จากการสำรวจในเดือนตุลาคม 2556 เป็น 182.2 ตัวต่อตารางเมตร และ 132.0 ตัวต่อตารางเมตรในเดือนธันวาคม 2556 และมีนาคม 2557 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างของความชุกชุมในแต่ละช่วงเวลาโดยวิธีการทางสถิติพบว่า ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในเดือนตุลาคม 2556 แตกต่างกับเดือนธันวาคม 2556 และมีนาคม 2557 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยหอยครองแครง (*P. sulcatus*) เป็นชนิดที่มีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดจาก 134.1 ตัวในเดือนตุลาคม 2556 เหลือเพียง 21.9 ตัวต่อตารางเมตรในเดือนมีนาคม 2557

ส่วนชนิดของสัตว์หน้าดินที่พบบริเวณหาดหินหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด ก็เป็นเช่นเดียวกับสัตว์หน้าดินบริเวณอ่าวพร้าว ความชุกชุมในเดือนตุลาคม และธันวาคม 2556 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 151.1 และ 195.4 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนความชุกชุมในเดือนมีนาคม 2557 มีค่าเท่ากับ 65 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งลดต่ำลงจากในช่วงเวลาที่สำรวจครั้งก่อนหน้า และเมื่อเปรียบเทียบความชุกชุมของสัตว์หน้าดินโดยรวมในสองพื้นที่ พบว่าความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในอ่าวพร้าวสูงกว่าสัตว์หน้าดินที่อาศัยในหาดหินหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

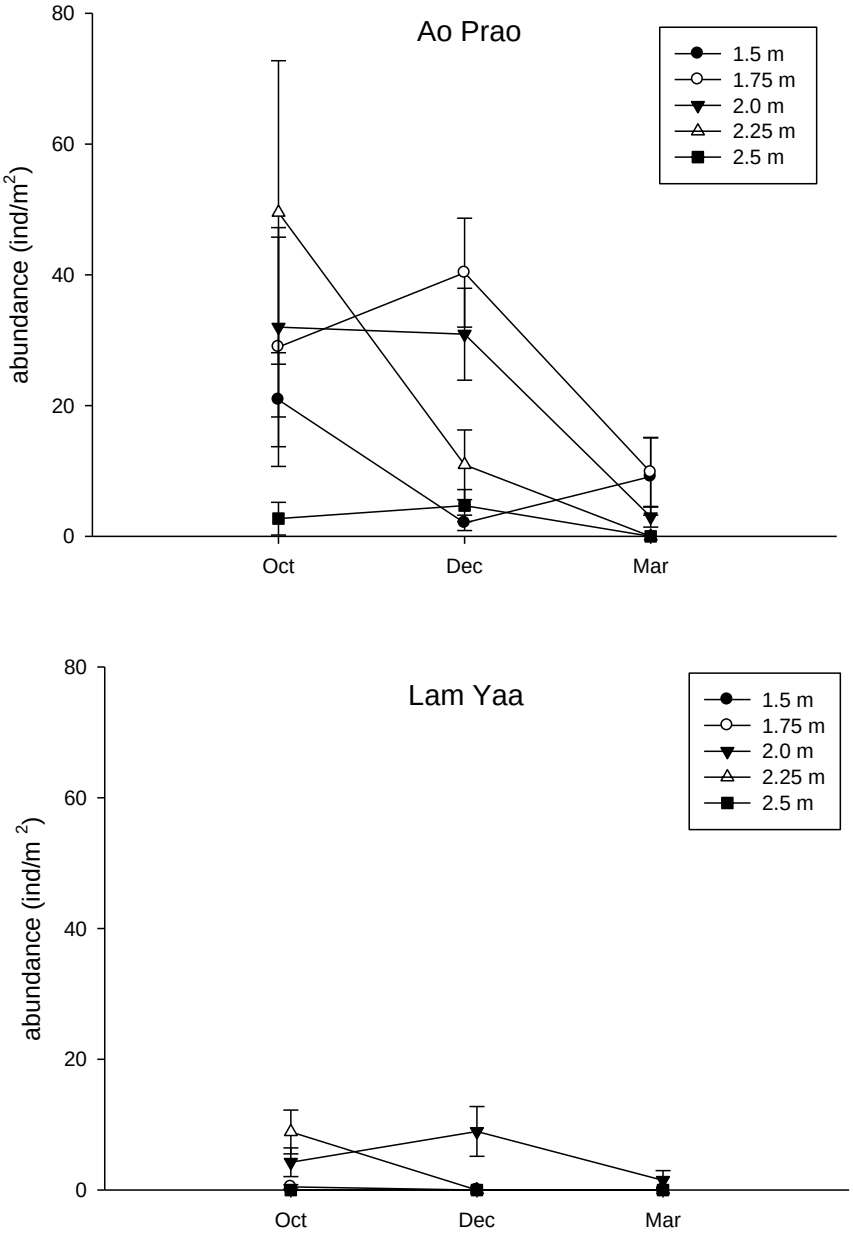


ภาพที่ 6 ความชุกชุมทั้งหมดของสัตว์หน้าดินในหาดหินในพื้นที่ศึกษา

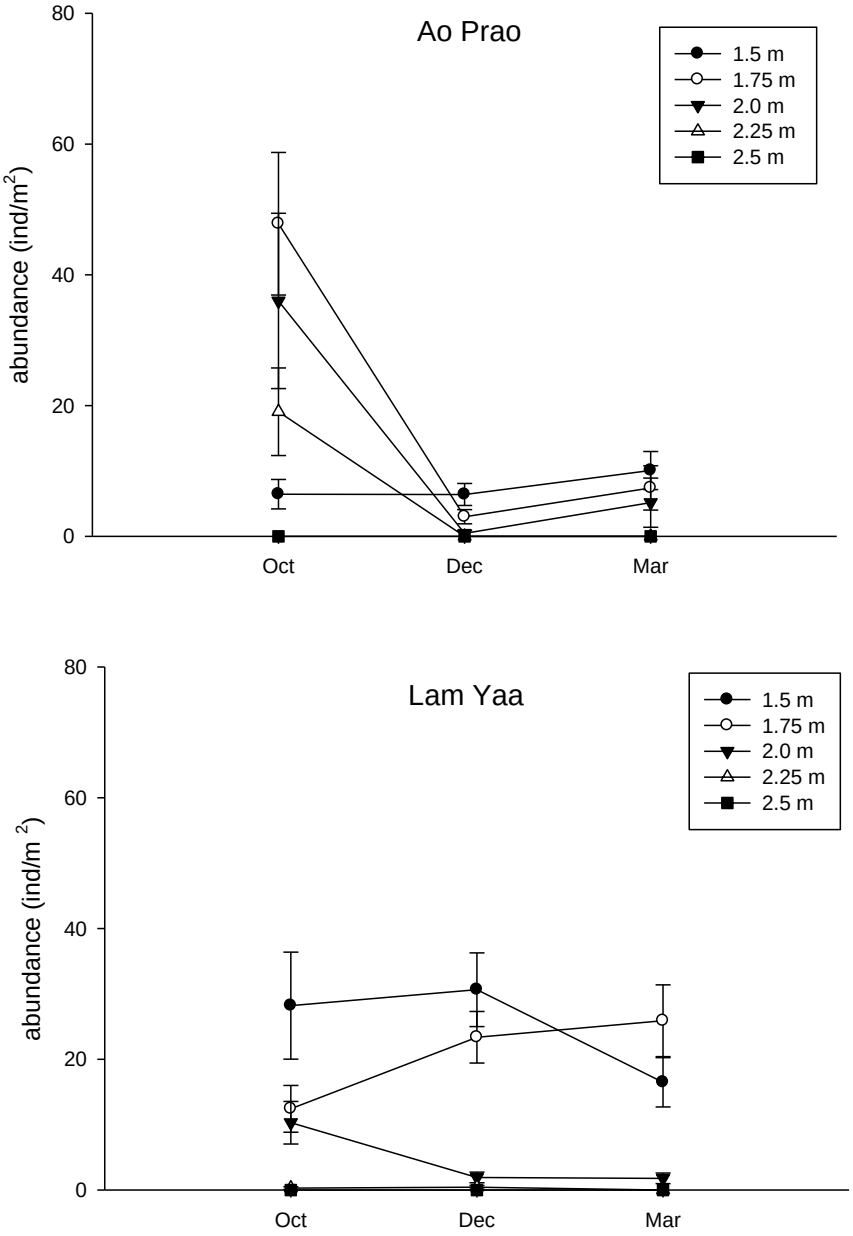
การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินในทั้งสองพื้นที่มีรูปแบบที่แน่นอน ในกลุ่มของสัตว์หน้าดินชนิดเด่นนั้น หอยนางรมปากจีบ (*S. cucullata*) พบอาศัยอยู่ใกล้แนวน้ำลงต่ำสุดคือประมาณ 1.5 ถึง 1.75 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (ภาพที่ 7) ส่วนหอยครองแครง (*S. sulcatus*) พบมากในพื้นที่ระหว่าง 1.75 ถึง 2.25 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (ภาพที่ 8) โดยเฉพาะในอ่าวพร้าว เช่นเดียวกับกลุ่มหอยฝาชี (ภาพที่ 9) และหอยมะระ ซึ่งเป็นผู้ล่าชนิดหนึ่งในระบบนิเวศหาดหิน (ภาพที่ 10) ส่วนหอยขี้ตา (*E. mallaccana* และ *E. radiata*) เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตเด่นที่อาศัยอยู่ในแนวน้ำขึ้นสูงสุด (2.5 เมตร) เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ข้อเท็จจริงดังกล่าวสามารถยืนยันได้เมื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินทั้งสองพื้นที่โดยวิธีการ Non-Multidimentional Scaling (n MDS) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการแบ่งกลุ่มของสัตว์หน้าดินตามระดับน้ำอย่างชัดเจน โดยเฉพาะที่ระดับ 2.5 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (ภาพที่ 11)



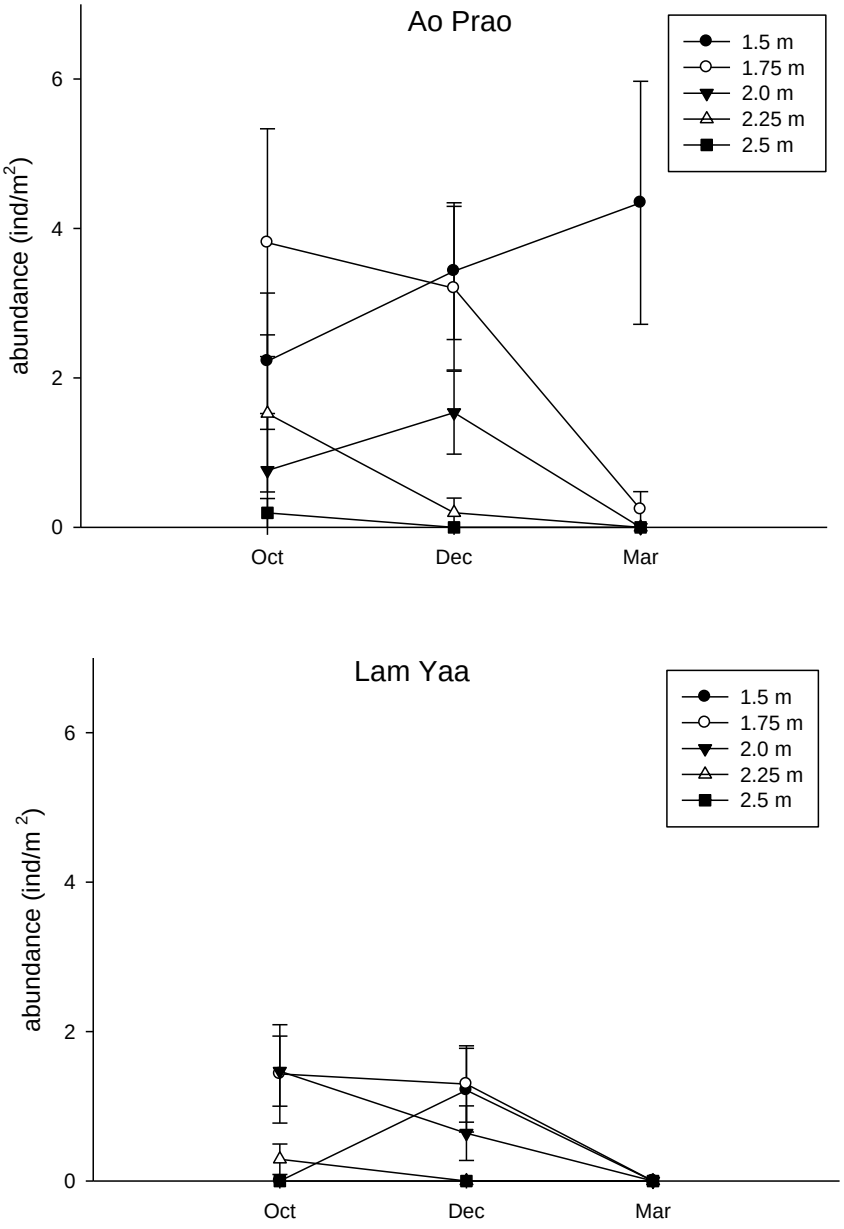
ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยความชุกชุม ± ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) ในระดับน้ำต่างๆ เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง



ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยความชุกชุม ± ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหอยครองแครง (*Planaxis sulcatus*) ในระดับน้ำต่างๆ เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง



ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยความชุกชุม ± ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของกลุ่มหอยฝาชี ในระดับน้ำต่างๆ เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง



ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ยความชุกชุม ± ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหอยมะระ (*Morula* sp.) ในระดับน้ำต่างๆ เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง

ภาพที่ 11 Non-multidimentional Scaling แสดงโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินในหาดหินอ่าวพร้าว (A) และหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด (B)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความหลากหลายของสัตว์หน้าดิน ซึ่งประกอบด้วย Simpson Diversity Index (d), ดัชนีความหลากหลาย (Shannon Wiener Diversity Index; H) และ ดัชนีความสม่ำเสมอ (Equitability Index; J) ในทั้งสองพื้นที่ศึกษาตามช่วงเวลาพบว่า ดัชนีความหลากหลาย และดัชนีความสม่ำเสมอของสัตว์หน้าดินในหาดหินบริเวณอ่าวพร้าวมีค่าลดลง ในขณะที่ดัชนีความหลากหลายและดัชนี

ความสม่ำเสมอของสัตว์หน้าดินในหาดหินบริเวณหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ดมีค่าแตกต่างกันไม่มากนักตามช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล (ตารางที่)

ตารางที่ 2 Simpson diversity index (d), Shannon Wiener diversity index และ Equitability index (J) ในพื้นที่ศึกษาตามช่วงเวลา

เดือน	อ่าวพร้าว			เขาแหลมหญ้า		
	d	H'	J'	d	H'	J'
ตุลาคม 2556	1.26	1.34	0.58	1.59	1.70	0.77
ธันวาคม 2556	1.35	0.89	0.37	1.65	1.84	0.80
มีนาคม 2557	1.13	0.55	0.25	1.09	0.85	0.44

3. การตรวจสอบปริมาณของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker) ของ PAHs ในสัตว์หน้าดิน

จากการตรวจสอบตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ 2 ชนิด ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นผลผลิตที่เกิดจากขบวนการเมตาบอลิซึมของน้ำมันดิบในสัตว์หน้าดินคือ 1-Hydroxylpyrene (1-HOP) และ 2-Napthol (2-NAP) ในเนื้อเยื่อของสัตว์หน้าดิน 3 ชนิด ที่กำหนดให้เป็นตัวแทนของลักษณะการกินอาหาร 3 แบบ ในระบบนิเวศหาดหิน คือ หอยครองแครง (S. sulcatus) ซึ่งกินอาหารแบบแทะเล็ม (grazer) หอยนางรมปากจีบ (S. cucullata) ซึ่งกินอาหารโดยการกรองกินสารแขวนลอยในมวลน้ำ (filter feeder) และ หอยมะระ (Morula sp.) ซึ่งเป็นผู้ล่าชนิดหนึ่งในระบบนิเวศหาดหินในอ่าวพร้าว เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เก็บจากหาดหินหน้าที่ทำการอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด โดยเครื่อง Gas Chromatography Mass Spectrophotometer ตามวิธีการของ Shin and Lim (2013) ตัวอย่างทั้งหมดส่งไปวิเคราะห์ยังศูนย์ตรวจสอบสารต้องห้ามในนักกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ผลการวิเคราะห์ไม่พบ 1-HOP ในตัวอย่างของทั้งสองพื้นที่ แต่พบปริมาณของ 2-NAP ในเนื้อเยื่อตัวอย่างซึ่งมีค่าสูงกว่าในชุดควบคุม (ตัวอย่างจากเขาแหลมหญ้า) โดยในหอยครองแครงมี 2-NAP ในเนื่อเยื่อระหว่าง 0.884-0.972 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก และมีค่าสูงกว่าในชุดควบคุมประมาณ 4 เท่า ส่วนในหอยนางรมปากจีบมี 2-NAP ในเนื้อเยื่อระหว่าง 0.557-0.811 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก โดยมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง ในขณะที่พบในชุดควบคุมพบเพียง 0.052 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก และในหอยมะระมี 2-NAP ในเนื้อเยื่อปริมาณต่ำสุดคือระหว่าง 0.048 ถึง 0.120 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา ในขณะที่ไม่พบ 2-NAP ในชุดควบคุม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณ 2-NAP ในเนื้อเยื่อของหอยทั้งสามชนิดที่ทำการวิเคราะห์ในแต่ละช่วงเวลา

ตัวอย่าง	ปริมาณ 2-NAP ในเนื้อเยื่อ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก)		
	Planaxis sulcatus	*Saccostrea cucullata*	*Morula* sp.
Control	0.285±0.041	0.052±0.021	0.00±0.00
ตุลาคม 2556	0.884±0.226	0.811±0.374	0.048±0.014
ธันวาคม 2556	0.972±0.312	0.625±0.215	0.066±0.022
มีนาคม 2557	0.969±0.287	0.557±0.154	0.120±0.083

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษา ชนิด ความชุกชุม การแพร่กระจาย และโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ในอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด จ.ระยอง ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากอุบัติเหตุน้ำมันดิบรั่วไหล เมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2556 จากการสำรวจภาคสนามในเดือนตุลาคม ธันวาคม 2556 และ มีนาคม 2557 แสดงให้เห็นว่าสัตว์หน้าดินเหล่านี้มีรูปแบบการแพร่กระจายตามระดับน้ำที่ชัดเจน ส่วนชนิดของสัตว์หน้าดินในบริเวณนี้ไม่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบ คือ หาดหินหน้าอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด แต่ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในหาดหินของอ่าวพร้าวมีแนวโน้มลดลงตามช่วงเวลา อย่างไรก็ตามการจะสรุปว่าพื้นที่ได้รับผลกระทบจากคราบน้ำมันดิบทำให้ชนิดและความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในหาดหินลดลงเป็นได้ยาก เนื่องจากจะต้องมีข้อมูลพื้นฐาน (baseline data) ของสัตว์หน้าดินในหาดหินของอ่าวพร้าว ก่อนเกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลของน้ำมันดิบมาเป็นตัวเปรียบเทียบ (Before and after accident)

จากการศึกษาของ Samakraman et al (2009) ซึ่งได้ทำการสำรวจชนิด การแพร่กระจาย และโครงสร้างชุมชนของสัตว์หน้าดินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินบริเวณใกล้อ่าวอัษฎางค์ อ. เกาะสีชัง จ. ชลบุรี โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 24 เดือน พบจำนวนชนิดของสัตว์หน้าดินในไฟลัมมอลลัสกาใกล้เคียงกับในการศึกษาครั้งนี้ โดยความชุกชุมของหอยครองแครง (Planaxis sulcatus) จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนธันวาคมและมกราคม ส่วนหอยนางรมปากจีบมีความชุกชุมเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมและธันวาคม หากเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งความชุกชุมของหอยทั้งสองชนิดที่มีแนวโน้มลดลงตามช่วงเวลา อาจสันนิษฐานได้ว่าการที่พื้นที่หาดหินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของอ่าวพร้าวซึ่งได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของน้ำมันทำให้สัตว์หน้าดินที่อาศัยในพื้นที่ดังกล่าวค่อยๆ ลดจำนวนลง Nagelkerken and Debrot (1995) รายงานว่าชนิด และความชุกชุมของมอลลัสก์ที่อาศัยอยู่ในหาดหินของเกาะ Curacao บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลแคริบเบียน ซึ่งได้รับผลกระทบจากคราบน้ำมันจะลดลงโดยเฉพาะกลุ่มที่อาศัยในเขตน้ำลงปานกลางและใกล้เขตน้ำลงต่ำสุด เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากคราบน้ำมันที่ปกคลุมพื้นที่มากกว่า ส่วนหอยขี้ตา (ครอบครัว littorinidae) ซึ่งอาศัยอยู่ใกล้แนวน้ำขึ้นสูงสุดมีความชุกชุมเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลของน้ำมันที่เข้ามาในพื้นที่อาจไม่ทำให้เกิดการตายโดยทันทีส่วนการทดแทนที่ (recruitment) หรือการฟื้นตัวของสัตว์หน้าดินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงหาดหินในพื้นที่ได้รับ

ผลกระทบจากน้ำมันดิบ (recovery) อาจต้องใช้เวลาอย่างน้อยที่สุด 2-3 ปี ขึ้นอยู่กับปริมาณคราบน้ำมันที่ปกคลุมผิวหิน ระยะเวลาที่ได้รับผลกระทบ วงชีวิตของสัตว์หน้าดินแต่ละชนิด และความสามารถในการเคลื่อนที่ของสัตว์หน้าดิน (Yamamoto et al, 2003) นอกจากนี้ผลจากน้ำมันดิบจะไม่ส่งผลทางพันธุกรรมต่อสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ (Pineira et al., 2008)

เมื่อเปรียบเทียบความชุกชุมโดยรวมของสัตว์หน้าดินที่อาศัยในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินทั้งสองพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าในพื้นที่อ่าวพร้าวมีความชุกชุมมากกว่าในทุกช่วงเวลาของการเก็บข้อมูล แม้ว่าพื้นที่ดังกล่าวได้รับผลกระทบจากน้ำมันดิบ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของหาดหินบริเวณอ่าวพร้าวเป็นแบบ rubble and boulder shore ซึ่งเป็นก้อนหินขนาดต่างๆ อยู่ร่วมกันทำให้เกิดซอก หลืบ หรือโพรงเอื้ออำนวยต่อการอยู่อาศัยของสัตว์หน้าดิน ในขณะที่หาดหินบริเวณหน้าที่ทำงานอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หมู่เกาะเสม็ด ส่วนใหญ่เป็นลานหินเรียบ มีก้อนหินอยู่น้อย จึงทำให้มีสัตว์หน้าดินอาศัยอยู่น้อยกว่า

1-Hydroxypyrene (1-HOP) และ 2- Napthol (2-NAP) นิยมใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker) ของสิ่งมีชีวิตที่สัมผัสกับน้ำมันดิบซึ่งสารประกอบ Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) เนื่องจาก Pyrene และ Naptha เป็นองค์ประกอบหนึ่งใน PAHs เมื่อสิ่งมีชีวิตกลุ่ม eukaryotic organism เมตาบอไลซ์ PAHs ผ่านกระบวนการ biotransformation จะเปลี่ยน pyrene เป็น 1-HOP และ 2-NAP และสะสมในร่างกาย (Levin, 1995; Lim and Shin, 2013) ผลจากการวิเคราะห์เบื้องต้นในเนื้อเยื่อของหอยสามชนิด คือ หอยครองแครง หอยนางรมปากจีบ และหอยมะระ พบ 2- NAP อยู่ในร่างกายถึงแม้จะมีปริมาณน้อยหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก (ส่วนในพันล้านส่วน) ก็อาจสันนิษฐานได้ว่าน้ำมันดิบได้ผ่านเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศหาดหิน โดยในสัตว์ที่กินอาหารแบบแทะเล็ม คือ หอยครองแครงมีการสะสมของ 2-NAP มากที่สุดเนื่องจากขณะกินอาหารหากมีน้ำมันปกคลุมอยู่บนผิวหินอยู่ด้วยก็จะสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารได้ ในขณะที่หอยนางรมซึ่งกินอาหารแบบการกรองกินสารแขวนลอยในมวลน้ำ อาจนำสารแขวนลอยที่มีน้ำมันปะปนอยู่เข้าสู่ทางเดินอาหารได้เช่นกัน สาเหตุที่ปริมาณของ 2- NAP ลดลงตามช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้อย่างแน่ชัด ส่วนในหอยมะระซึ่งมี 2-NAP สะสมในร่างกายน้อยที่สุด อาจได้รับสารดังกล่าวจากการกินสิ่งมีชีวิตอื่นต่อมาอีกทอดหนึ่ง เนื่องจากเป็นผู้ล่าชนิดหนึ่งในระบบนิเวศหาดหิน

ข้อเสนอแนะในการติดตามผลกระทบระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมทางทะเลในระยะยาว

1. เนื่องจากผลกระทบที่เกิดจากการรั่วไหลของน้ำมันดิบที่มีต่อระบบนิเวศหาดหินเป็นผลกระทบที่อาจมีต่อพื้นที่ระยะยาว เพื่อเป็นการยืนยันถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงควรทำการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงความชุกชุม และความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดหินบริเวณอ่าวพร้าวอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 1-2 ปี

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อเยื่อของสัตว์หน้าดินบางชนิด สันนิษฐานได้ว่าอาจมีการเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของสารประกอบน้ำมันสู่สิ่งมีชีวิต ซึ่งต้องมีการถ่ายทอดไปยังผู้บริโภคลำดับต่างๆ อย่างไรก็ตามสิ่งที่กล่าวมาข้างต้นเป็นข้อสันนิษฐานจากผลการศึกษาขั้นต้นในการวิจัย เพื่อพิสูจน์ข้อสันนิษฐานดังกล่าวจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการนำตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตในหาดหินมาสัมผัสกับน้ำมันดิบตามปริมาณและช่วงเวลาต่างๆ และตรวจวัดระดับของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (2-NAP) ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Edgar G.J., Kerrison L., Shepherd S.A. and M.V. Toral-Granda. .2003. Impacts of the Jessica oil spill on intertidal and shallow subtidal plants and animals. ***Marine Pollution Bulletin***. 47: 276–283.

Fillmann G., Watson G.M., Howsam M., Fransioni E., Depledge M.H. and J.W. Readman. 2004. Urinary PAH metabolites as biomarkers of exposure in aquatic environments. ***Environmental Science and Technology***. 38(9): 2649-2656.

Giessing A.M.B and T. Lund. 2002. Identification of 1-hydroxypyrene glucuronide in tissue of marine polychaete Nereis diversicolor by liquid chromatrography/ion trap multiple mass spectrometry. ***Rapid Communications in Mass Spectrometry***. 16: 1521-1525.

Giessing A.M.B., Mayer L.M. and T.L. Forbes. 2003. Synchronous fluorescence spectrometry of 1-hydropyrene: a rapid screening method for identification of PAH exposure in tissue from marine polychaetes. ***Marine Environmental Research***. 56: 599-615.

Glegg G.A., Hickman L. and S.J. Rowland. 1999. Contamination of limpets (*Patella vulgata*) following the sea empress oil spill. ***Marine Pollution Bulletin***. 38(2) 119-125.

Hir M.L. and C. Hily. 2002. First observations in a high rocky-shore community after the Erika oil spill (December 1999, Brittany, France). ***Marine Pollution Bulletin***. 44: 1243–1252.

Huz R. de la., Lastra M., Junoy J., Castellanos C. and J.M. Viéitez. 2005. Biological impacts of oil pollution and cleaning in the intertidal zone of exposed sandy beaches: Preliminary study of the “Prestige” oil spill. ***Estuarine, Coastal and Shelf Science***. 65: 19-29.

Jongeneelen F.J. 2001. Benchmark guideline for urinary 1-hydroxypyrene as biomarker of occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. ***The Annals of Occupational Hygiene***. 45(1): 3-13.

Kim M., Hong S.H., Won J., Yim U.H., Jung J.H., Ha S.Y., An J.G., Joo C., Kim E., Han G.M., Baek S., Choi H.W. and W.J. Shim. 2013. Petroleum hydrocarbon contaminations in the intertidal seawater after the Hebei Spirit oil spill – Effect of tidal cycle on

the TPH concentrations and the chromatographic characterization of seawater extracts. ***Water Research***. 47: 758-768.

Lopes C.F., Milanelli J.C.C., Prosperi V.A., Zanardi E. and A.C. Truzzi. 1997. Coastal monitoring program of Silo Sebastifio channel: Assessing the effects of 'Tebar V' oil spill on rocky shore populations. ***Marine Pollution Bulletin***. 34(11): 923-927.

Nagelkerken I.A. and A.O. Debrot. 1995. Mollusc communities of tropical rubble shores of Curaqao: Long-Term (7^{+} years) impacts of oil pollution. ***Marine Pollution Bulletin***. 30(9): 592-598.

Nansingh P. and S. Jurawan. 1999. Environmental sensitivity of a tropical coastline (Trinidad, West Indies) to oil spills. ***Spill Science and Technology Bulletin***. 5(2): 161-172.

Piñeira J., Quesada H., Rolán-Alvarez E. and A. Caballero. 2008. Genetic impact of the Prestige oil spill in wild populations of a poor dispersal marine snail from intertidal rocky shores. ***Marine Pollution Bulletin***. 56: 270–281.

Santos M.M., Solé M., Lima D., Hambach B., Ferreirac A.M. and M.A. Reis-Henriques. 2010. Validating a multi-biomarker approach with the shanny Lipophrys pholis to monitor oil spills in European marine ecosystems. ***Chemosphere***. 81: 685–691.

Shin H.S. and H.H. Lim. 2011. Simultaneous determination of 2-naphthol and 1-hydroxy pyrene in urine by gas chromatography-mass spectrometry. ***Journal of Chromatography B***. 879: 489-494.

Shin H.S. and H.H. Lim. 2013. Simultaneous determination of 2-naphthol and 1-hydroxypyrene in fish and shellfish contaminated with crude oil by gas chromatography-mass spectrometry. ***Food Chemistry***. 138: 791-796.

Stevens T., Boden A., Arthur J.M., Schlacher T.A., Rissik D. and S. Atkinson. 2012. Initial effects of a moderate-sized oil spill on benthic assemblage structure of a subtropical rocky shore. ***Estuarine, Coastal and Shelf Science***. 109: 107-115.

Tairovaa Z.M., Giessing A.M.B., Hansen R. and O. Andersen. 2009. 1-Hydroxypyrene as a biomarker of PAH exposure in the marine polycheate *Nereis diversicolor*. ***Marine Environmental Research***. 67: 38-46.

Yamamoto Y., Nakaoka M., Komatsu T., Kawai H., Marine Life Research Group of Takeno, K. Ohwada. 2003. Impacts by heavy-oil spill from the Russian tanker *Nakhodka* on intertidal ecosystems: recovery of animal community. ***Marine Pollution Bulletin***. 47: 91–98

Yu O.H., Lee H.G., Shim W.J., Kim M. and H.S. Park. 2013. Initial impacts of the Hebei Spirit oil spill on the sandy beach macrobenthic community west coast of Korea. ***Marine Pollution Bulletin***. 70: 189-196.