

รหัสโครงการ SUT1-104-56-12-04



รายงานการวิจัย

การประเมินคุณภาพชายหาดจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล
โดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่

BEACH QUALITY ASSESMENT IN KRABI, TRANG
AND SATUN PROVINCES BY USING BENTHIC MACROFAUNA

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

การประเมินคุณภาพชายหาดจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล
โดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่

BEACH QUALITY ASSESMENT IN KRABI, TRANG
AND SATUN PROVINCES BY USING BENTHIC MACROFAUNA

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ ธานี

สาขาวิชาชีววิทยา

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2555

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กรกฎาคม 2558

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาการประเมินคุณภาพชายหาดโดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่การประเมินคุณภาพชายหาดจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล โดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคล และกลุ่มบุคคล ต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้งได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ทุกคนที่มีส่วนสำคัญในการให้การสนับสนุนการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและสภาวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะผู้วิจัย



บทคัดย่อ

การประเมินคุณภาพชายหาดโดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ตอนล่างของประเทศไทย ดำเนินการในจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล พื้นที่ 8 ชายหาดโดยมีสถานีศึกษาทั้งหมด 30 สถานี ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ 8 ดัชนี คุณภาพดิน 4 ดัชนี และร้อยละของอนุภาคตะกอนดิน 6 ขนาด ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และฤดูร้อน ระหว่างเดือนกันยายน 2555 ถึงเดือนเมษายน 2556 พบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ยกเว้นความเป็นกรด-เบสและออกซิเจนละลายอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย คุณภาพตะกอนดินของชายหาดมีสภาพเป็นกลางถึงเป็นกรด โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารแตกต่างกัน ขนาดของอนุภาคตะกอนดินมีความแตกต่างกันในแต่ละชายหาดโดยมีอัตราส่วนของขนาดที่พบมากที่สุดแต่ทรายละเอียดมากจนถึงขนาดกลาง การเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่โดยใช้กรอบตารางสุ่มขนาดพื้นที่ 2.25 m^2 ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง พบตัวอย่างสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทั้งหมด 116 ชนิด จาก 51 วงศ์ 20 อันดับ 5 ชั้น และ 4 ไฟลัม กลุ่มที่พบจำนวนชนิดมากที่สุดคือ โพลีคีต รองลงมาคือ มอลลัสก์ ครัสตาเซียน และบราซิโอพอด การวิเคราะห์การจัดกลุ่มและความคล้ายคลึงของตัวแปรทางนิเวศ และความคล้ายคลึงของความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่พบว่า ตัวแปรทางนิเวศของแต่ละสถานีมีความคล้ายคลึงกันสูงที่ 83% ในขณะที่ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มีความคล้ายคลึงกันปานกลางที่ 21% จากการคำนวณหาดัชนีชีวภาพได้แก่ดัชนีความมากชนิดของมาร์กาเลฟ (D) ดัชนีความหลากหลายของแซนนอนวีเนอร์ (H) ดัชนีความเท่าเทียมกันของชนิดหรือความสม่ำเสมอ (J) และดัชนีความเด่นของชนิด (C) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางนิเวศและดัชนีชีวภาพโดยใช้สมการการถดถอยแบบหลายตัวแปรพบว่า ปริมาณฟอสเฟตและไนเตรตในน้ำ ความเค็ม ออกซิเจนละลาย อุณหภูมิ ความขุ่น ปริมาณฟอสเฟตและไนเตรตในดิน ความเป็นกรด-เบสของดิน และอนุภาคดินขนาด 0.71 mm 0.3 mm และ 0.075 mm มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพ ($p < 0.05$) นอกจากนี้การประยุกต์ใช้โปรแกรม AMBI เพื่อประเมินคุณภาพชายหาดพบว่าชายหาดทั้งหมดอยู่ในสภาพธรรมชาติ (กลุ่ม 1) หรืออยู่ในสภาพถูกรบกวนเพียงเล็กน้อย (กลุ่ม 2)

ABSTRACT

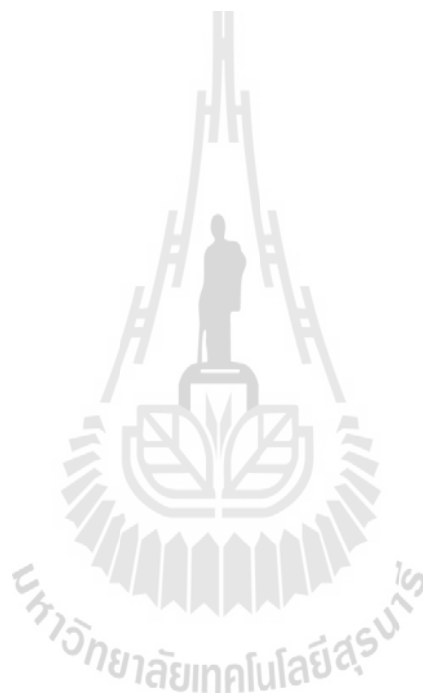
The beach quality assessment using benthic macrofauna along the southern Andaman Sea coast of Thailand was conducted in Krabi, Trang and Satun provinces. The survey included 30 sampling stations of 8 beaches. Of these stations, 8 water variables, 4 sediment variables and 6 sediment particle size percentages were measured during the Southwest monsoon, the Northeast monsoon and the summer during September 2012 to April 2013. Most water variables did not exceed the Thailand Marine Water Quality Standard except pH and DO. The sediment qualities of sampling beaches were neutral to acidic with variation of nutrients and organic matter content. Sediment particle sizes also varied among the beaches with the main particle sizes ranged from very fine sand to medium sand. Benthic macrofauna were also collected by the quadrat sampling technique (2.25 m²) at the intertidal zones. Overall, 116 species were accounted belonging to 51 families, 20 orders, 5 classes of 4 phyla (Polychaeta, Mollusca, Arthropoda and Brachiopoda). The highest number of species was polychaetes followed by mollusks, crustaceans and brachiopods, respectively. Cluster analysis and multidimensional scaling (MDS) were used to compare similarity of all sampling stations based on ecological variables and benthic macrofauna abundances. In the case of similarity based on ecological variable data, the results exhibited high similarity at 83% whereas moderate similarity at 21% was based on benthic macrofauna abundances. Four biological indices: Margalef richness index (D), Shannon-Wiener diversity index (H), Species equitability or Evenness index (J) and Species dominance index (C) were calculated. The major variables were investigated by Principal Component Analysis (PCA). The stepwise multiple linear regression was used to determine the correlation between the ecological variables and the biological indices. The phosphate and nitrate concentration in water, salinity, dissolved oxygen, temperature, turbidity, phosphate and nitrate concentration in sediment, sediment pH, sediment particle sizes 0.71 mm, 0.3 mm and 0.075 mm correlated to the biological indices ($p < 0.05$). Moreover, the AMBI software which was applied to interpret the beach health manifested that all sampling stations were defined into undisturbed (Group I) and slightly disturbed (Group II) beach status.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
1.4 ขอบเขตของแผนงานวิจัย	4
บทที่ 2 ปรีทัศน์วรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ชายฝั่งอันดามันและสถานการณ์คุณภาพน้ำ	4
2.2 แหล่งมลพิษและผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อกิจกรรมชายฝั่ง	7
2.3 ความสำคัญของสัตว์หน้าดินต่อระบบนิเวศชายฝั่ง	8
2.4 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่อสัตว์หน้าดิน	10
2.5 การประเมินสภาพแวดล้อมชายฝั่งโดยใช้สัตว์หน้าดิน	11
2.6 การศึกษาสัตว์หน้าดินในประเทศไทย	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	24
3.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	24
3.2 พื้นที่ศึกษา	24
3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน	26
3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน	27
3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	28
3.6 การศึกษาชนิดของตัวอย่าง	28
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	29
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล	32
4.1 พื้นที่เก็บตัวอย่างและสถานีเก็บตัวอย่าง	32
4.2 รายงานผลคุณภาพน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา	33
4.3 รายงานผลคุณภาพดินจากสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และ จังหวัดสตูล	45
4.5 ความชุกชุม ความหลากหลาย และความสม่ำเสมอของสัตว์หน้าดินในพื้นที่ศึกษา	58
4.6 ความคล้ายคลึงกันของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของสถานที่ศึกษา	64
4.7 ความสัมพันธ์ของดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับสัตว์หน้าดิน	66
4.8 การประยุกต์ใช้ Marine Biotic Index (AMBI) ประเมินคุณภาพชายหาด	78
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	92
5.1 สรุปผลการศึกษา	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	110
ภาคผนวก ข	124
ภาคผนวก ค	145
ประวัตินักวิจัย	150



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งอันดามันปี 2555	6
2 ผลสรุปค่าสัมประสิทธิ์ดัชนีชีวภาพ (Biotic Coefficient) และ ดัชนีชีวภาพ (Biotic Index)	14
3 ชนิดของสัตว์หน้าดินที่พบในปากน้ำในยุโรปและระบบนิเวศชายฝั่งจำแนกตามความไวต่อสิ่งแวดล้อม	15
4 พื้นที่เก็บตัวอย่างและจำนวนสถานีเก็บตัวอย่าง	33
5 ขนาดของอนุภาคตะกอนดินของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี	42
6 การจำแนกชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่จากพื้นที่ศึกษา	45
7 สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในจังหวัดกระบี่	51
8 สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในจังหวัดตรัง	53
9 สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในจังหวัดสตูล	55
10 ความชุกชุม, จำนวนชนิด, species richness (D), species diversity index (H), evenness index (J) และ species dominance index (C) ของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี ตลอด 3 ฤดูกาล	59
11 ผลสรุปของสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นของตัวแปรทางนิเวศที่เป็นองค์ประกอบ และค่า eigenvalue ขององค์ประกอบที่ดีที่สุด 2 แบบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดกระบี่	68
12 ผลสรุปของสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นของตัวแปรทางนิเวศที่เป็นองค์ประกอบ และค่า eigenvalue ขององค์ประกอบที่ดีที่สุด 2 แบบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดตรัง	70
13 ผลสรุปของสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นของตัวแปรทางนิเวศที่เป็นองค์ประกอบ และค่า eigenvalue ขององค์ประกอบที่ดีที่สุด 2 แบบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดสตูล	73
14 ผลสรุปของสมการ stepwise linear regression ของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและปัจจัยทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่	74
15 ผลสรุปของสมการ stepwise linear regression ของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและปัจจัยทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรัง	76
16 ผลสรุปของสมการ stepwise linear regression ของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและปัจจัยทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล	77
17 ชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดและการกำหนดกลุ่มทางนิเวศตาม AMBI	78
18 เปอร์เซ็นต์ชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ตามกลุ่มทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่าง 26 สถานีตลอด 3 ฤดูกาล	84
19 ผลสรุปค่า AMBI และสถานภาพทางนิเวศที่ประเมินโดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่	87

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ผลการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำทะเล ปี 2555	5
2 พื้นที่จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล	25
3 พื้นที่ชายหาดที่ศึกษาจังหวัดกระบี่	25
4 พื้นที่ชายหาดที่ศึกษาจังหวัดตรัง	26
5 พื้นที่ชายหาดที่ศึกษาจังหวัดสตูล	26
6 แผนผังการเก็บตัวอย่างแต่ละสถานี	27
7 การจัดกลุ่ม (cluster analysis) ความคล้ายคลึงกันของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี ด้วยตัวแปรทางนิเวศ	44
8 การจัดกลุ่มด้วย Two-dimensional MDS จากรากที่สี่ของตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (stress value = 0.07)	44
9 การจัดกลุ่ม (cluster analysis) ความคล้ายคลึงกันของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี ด้วยสังคมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่	65
10 การจัดกลุ่มด้วย Two-dimensional MDS จากรากที่สี่ของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (stress value = 0.15)	66
11 ปัจจัยหลักด้วยตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ โดยขนาดของเส้นแสดงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบ	68
12 ปัจจัยหลักด้วยตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรัง โดยขนาดของเส้นแสดงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบ	70
13 ปัจจัยหลักด้วยตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล โดยขนาดของเส้นแสดงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบ	72
14 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า AMBI ของสังคมสัตว์หน้าดินทั้งสามฤดูกาล	89

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ชายฝั่งทะเลอันดามันเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรทางทะเล ทั้งป่าชายเลน ภูเขาทะเล แนวปะการัง และทรัพยากรประมง ดังนั้นบริเวณนี้จึงดึงดูดให้ประชากรเข้ามาใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้ อาทิเช่น การทำประมง การเกษตร อุตสาหกรรม และแหล่งท่องเที่ยว และกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ก็ก่อให้เกิดปัญหาตามมา เช่น น้ำทิ้งจากกิจกรรมชายฝั่ง ที่ชะลงสู่ทะเลตั้งจากรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมปี 2552 พบว่าบริเวณชายหาดในหลายพื้นที่มีปริมาณฟอสเฟต ไนเตรต โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และตะกอนแขวนลอยเกินมาตรฐาน (Pollution Control Department, 2010)

สารพิษต่าง ๆ ที่ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำจะสามารถตกสะสมในตะกอนดินและส่งผลกระทบต่อสัตว์หน้าดิน ซึ่งสามารถทำให้ประชากรของสัตว์หน้าดินเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงทราบถึงสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้นได้ Borja et al. (2000) รายงานว่ารูปแบบการตอบสนองของสัตว์หน้าดินต่อสิ่งแวดล้อมแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ

- 1) ยังไม่เกิดมลพิษ จะพบสัตว์หน้าดินหลายชนิด และมีชนิดเด่นหลายกลุ่ม
- 2) มลพิษน้อย จะพบจำนวนสัตว์กลุ่มเด่นลดลง และความหลากหลายของชนิดลดลง
- 3) มลพิษมาก จะพบสัตว์หน้าดินมีความหลากหลายน้อยมาก และพบกลุ่มที่มีความทนทานสูง
- 4) เกิดมลพิษรุนแรง สัตว์หน้าดินไม่สามารถอาศัยอยู่ได้

ดังนั้นจึงสามารถใช้สัตว์หน้าดินเพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้ภาวะมลพิษได้ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์หน้าดินเคลื่อนที่ได้น้อย ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศได้อย่างรวดเร็ว หลากหลายชนิด และสามารถจำแนกกลุ่มได้ตามความต้านทานดั่งข้างต้น เช่น โพลีคีตชนิด *Capitella capitata* สามารถอาศัยอยู่ในแหล่งที่มีมลพิษสูงได้ (Grall and Glemarec, 1997) ในบางพื้นที่ที่ได้รับสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมจะพบสัตว์กลุ่มเด่นคือหอยสองฝาชนิด *Corbura gibba* ชุกชุม (Solis-Weiss et al., 2004) ดังนั้นสัตว์เหล่านี้จึงสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ได้ นอกจากนี้สัดส่วนของสัตว์หน้าดินที่เปลี่ยนแปลงไปก็ยังสามารถบ่งบอกสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ (Dauvin, 2010; Belan, 2003)

งานวิจัยนี้ศึกษาชนิด ปริมาณ การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ ชายฝั่งอันดามัน ตอนล่าง จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล บริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ และบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

สิ่งแวดล้อมกับชนิดและปริมาณความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อม ทั้งการแก้ไขและป้องกันไม่ให้เกิดผลเสียที่รุนแรงต่อสภาพแวดล้อมชายฝั่งได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยเรื่องการประเมินคุณภาพชายหาดจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล โดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่คือ

1.2.1 ศึกษาชนิด ปริมาณ การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ ชายฝั่งอันดามันตอนล่าง จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล บริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ และบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์บริเวณชายฝั่ง

1.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับชนิดและปริมาณความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในพื้นที่ศึกษา

1.2.3 ประยุกต์ใช้ดัชนีชีวภาพด้วยสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เพื่อประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมชายฝั่งบริเวณที่ศึกษา

1.3 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.3.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เป็นฐานข้อมูลชนิด ปริมาณ การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ ชายฝั่งอันดามันตอนล่าง จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล บริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ และบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์บริเวณชายฝั่ง

2) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับชนิดและปริมาณความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในพื้นที่ศึกษา

3) สามารถประยุกต์ใช้ดัชนีชีวภาพด้วยสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เพื่อประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมชายฝั่งบริเวณที่ศึกษาและเป็นแนวทางประเมินคุณภาพชายหาดด้วยสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในพื้นที่ชายหาดอื่น ๆ ของประเทศไทย

1.3.2 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

2) สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดกระบี่

3) สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดตรัง

4) สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดสตูล

- 5) อุทยานแห่งชาติหาดนพรัตน์ธาราจังหวัดกระบี่
- 6) อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหมจังหวัดตรัง
- 7) องค์การบริหารส่วนจังหวัดสตูล
- 8) สถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัยต่าง ๆ
- 9) หน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

1.4 ขอบเขตของแผนงานวิจัย

เพื่อให้การศึกษาเรื่องการประเมินคุณภาพชายหาดจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล โดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงกำหนดขอบเขตการวิจัยโดยกำหนดพื้นที่ชายหาดที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์บริเวณชายฝั่งเป็นกรณีศึกษา เลือกชายหาดที่ศึกษาในจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูลซึ่งเป็นชายหาดที่ยาวต่อเนื่องกันและมีกิจกรรมบนฝั่งที่แตกต่างกัน เก็บตัวอย่างทุก ๆ 3 เดือน เป็นเวลา 1 ปี จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ ดิน ต่อประชาคมสัตว์พื้นทะเล ภายใต้กรอบแนวคิดประชาคมสัตว์หน้าดินมีความสัมพันธ์กับสภาวะมลพิษของชายหาดและสามารถใช้ประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ โดยใช้จำนวน ชนิด และดัชนีชีวภาพของสัตว์หน้าดินที่พบและประยุกต์ใช้ดัชนีชีวภาพของ Borja et al. (2000) และ Simboura and Zenetos (2002) เพื่อประเมินคุณภาพชายหาดที่ศึกษา

บทที่ 2

ปรัทัศน์วรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

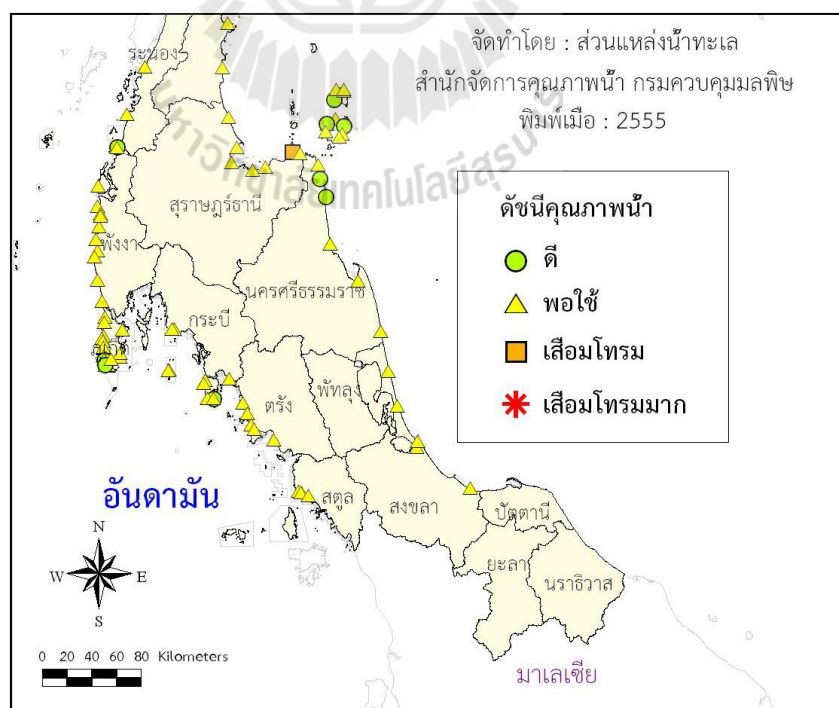
2.1 ชายฝั่งอันดามันและสถานการณ์คุณภาพน้ำ

ทะเลอันดามันเป็นเขตของพื้นที่ทางทะเลด้านตะวันตกเฉียงใต้ของอ่าวเบงกอล ทิศใต้ของประเทศพม่า ด้านตะวันตกของประเทศไทย และด้านตะวันออกของเกาะอันดามัน ซึ่งพื้นที่ทางทะเลนี้เป็นส่วนหนึ่งของมหาสมุทรอินเดีย มีความยาวตั้งแต่เหนือจรดใต้ประมาณ 1,200 กิโลเมตร และความกว้างประมาณ 650 กิโลเมตร พื้นที่ทางทะเลประมาณ 797,700 ตารางกิโลเมตร ความลึกโดยเฉลี่ย 870 เมตร และลึกที่สุด 3,777 เมตร ทะเลอันดามันด้านใต้มีลักษณะแคบซึ่งทำให้เกิดช่องแคบมะละกา ซึ่งแบ่งมาเลย์เพนินซูลาจากเกาะสุมาตรา ทะเลอันดามันจัดว่าเป็นทะเลที่มีระบบนิเวศทางทะเลที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่พื้นที่หนึ่งของโลก ลักษณะของพื้นที่จะมีแนวเขตไหล่ทวีป ที่ไม่ปิดล้อมพื้นที่ทางทะเล พื้นที่ทะเลด้านเหนือจะเป็นทะเลลึก ส่วนทะเลด้านใต้จะมีพื้นที่ป่าชายเลนขนาดใหญ่ และเป็นพื้นที่รองรับน้ำที่ไหลลงมาจากบนฝั่ง ด้วยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของพื้นที่นี้จึงมีจำนวนมาก ระบบนิเวศที่สำคัญของพื้นที่นี้ เช่น ป่าชายเลน แนวหญ้าทะเล แนวปะการัง และทรัพยากรประมง (Nootmorn et al., 2003)

จังหวัดระนอง พังงา กระบี่ ตรัง และสตูล เป็นพื้นที่ที่ติดชายฝั่งทะเลอันดามัน และมีความยาวชายฝั่งทั้งหมด 732 กิโลเมตร ความยาวของชายฝั่งจังหวัดระนองเท่ากับ 69 กิโลเมตร จังหวัดพังงา 239.3 กิโลเมตร จังหวัดกระบี่ 160 กิโลเมตร จังหวัดตรัง 119 กิโลเมตร และจังหวัดสตูล 144.8 กิโลเมตร (Office of the strategy management of Andaman, 2011; Office of the strategy management of South-border, 2011) ทะเลเขตจังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล จะได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงแบบน้ำคู่ (semi- diurnal tides) ซึ่งน้ำขึ้นสูงสุดในช่วงน้ำเกิด (spring tide) ประมาณ 3 เมตร และน้ำตาย (neap tide) ประมาณ 1 เมตร ทั้งนี้จังหวัดภูเก็ตมีความต่างระหว่างน้ำขึ้นน้ำลงน้อยที่สุด (Pornpinatepong, 2005) ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือน พฤศจิกายนถึงเดือนสิงหาคม การหมุนเวียนของน้ำจะไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณผิวน้ำและใต้ผิวน้ำมีความเร็วการไหล 2-4 เซนติเมตร/วินาที ส่วนในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม น้ำจะไหลไปทางใต้ด้วยความเร็ว 2-5 เซนติเมตร/วินาที (Limpsaichol, 1992)

Pollution Control Department (2012) ได้ตรวจสอบคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลอันดามันเริ่มตั้งแต่จังหวัดระนองถึงจังหวัดสตูล และรวมถึงพื้นที่เกาะต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล

(Marine Water Quality Index : MWQI) เป็นเครื่องมือที่กรมควบคุมมลพิษพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลโดยรวม มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 โดยคำนวณจากข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล พารามิเตอร์ ได้แก่ ออกซิเจนละลาย (DO) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) ฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) ไนเตรต - ไนโตรเจน ($\text{NO}_3^- \text{-N}$) อุณหภูมิ (Temp) สารแขวนลอย (SS) ความเป็นกรด - ด่าง (pH) แอมโมเนีย - ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) อย่างไรก็ตามหากคุณภาพน้ำทะเลมีปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ และสารเป็นพิษ (Toxic elements) เช่น ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) โครเมียมรวม (Total Cr) โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ ($\text{Cr}6^+$) ตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) ไซยาไนต์ (CN^-) และพีซีบี (PCBs) เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ดัชนีคุณภาพน้ำทะเลจะมีค่าเป็น 0 จากรายงานพบว่าคุณภาพน้ำชายฝั่งมักพบปัญหาจากปริมาณของแข็งแขวนลอย ฟอสเฟต และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แต่โดยส่วนใหญ่คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และบางพื้นที่มีคุณภาพดี (ภาพที่ 1) สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูลหลายสถานี พบว่ามีคุณภาพดีถึงพอใช้ (ตารางที่ 1) โดยส่วนใหญ่พื้นที่ที่มีคุณภาพน้ำดีจะเป็นพื้นที่เกาะและบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากกิจกรรมของมนุษย์ ส่วนพื้นที่ที่มีคุณภาพน้ำในเกณฑ์พอใช้จะมีกิจกรรมของมนุษย์อยู่ในบริเวณนั้น การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งในรอบ 16 ปี (ปี 2540 - 2555) มีแนวโน้มเสื่อมโทรมลงเนื่องจากบริเวณที่มีคุณภาพน้ำดีมากและอยู่ในระดับดีลดลงตามลำดับมาอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ขณะเดียวกันบริเวณที่มีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมากและเสื่อมโทรมยังไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงผลการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำทะเล ปี 2555

ที่มา : ดัดแปลงจาก Pollution Control Department (2012)

ตารางที่ 1 แสดงคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งอันดามันปี 2555

ระดับดัชนีคุณภาพน้ำ	พื้นที่
ทะเล	
ดีมาก (>90-100)	ไม่มี
ดี (>80-90)	<u>จังหวัดภูเก็ต</u> หาดกะตะน้อย (หน้าโรงแรมกะตะธานี) หาดในหาน ตอนกลาง
พอใช้ (>50-80)	<u>จังหวัดกระบี่</u> แหลมโตนด (เกาะลันตา) <u>จังหวัดระนอง</u> หาดชาญุดารี ปากน้ำระนอง หาดบางเบน หาดประพาส <u>จังหวัดพังงา</u> หาดบางสัก ท่าเหมือง ปากคลองทับละมุ คลองปากบาง เขา หลัก บ้านบางเนียง บ้านเขาปีหลาย บ้านทับละมุ เกาะพระทอง บ้าน เกาะคอเขา บ้านน้ำเค็ม บ้านคึกคัก <u>จังหวัดภูเก็ต</u> บ้านไม้ขาว บ้านโนยาง บ้านบางเทา บ้านสุรินทร์ บ้านกมลา หาดป่าตอง (หน้าป่าตองเมอร์ริน หน้าป่าตองบีชโฮเต็ล หน้าโรงแรมป่าตอง เบย์ หน้าไดมอนด์คิลิป) หาดกะรน (หน้าภูเก็ตโกลเด้นแซนอินน์ หน้า ภูเก็ตอะคาเดย์ นิวตัน) หาดกะตะใหญ่ (ทิศใต้) หาดราไวย์ (ตอนกลาง หมู่บ้านชาวประมง) อ่าวมะขาม หน้าสถานีประมงทะเลภูเก็ต ปากคลองท่า จีน บ้านเกาะสิเหร่ อ่าวบางโรง อ่าวฉลอง (ตอนกลาง) <u>จังหวัดกระบี่</u> หาดนพรัตน์ธารา หาดนพรัตน์ธารา (ปากคลองแห้ง) เกาะลัน ตา (บ้านศาลาด่าน ด้านใต้หาดคลองกวาง บ้านคลองนิน หาดที่ชุมชนบ้าน ศรีรายา) เกาะพีพี (หาดโล๊ะดาลัม หาดต้นไทร ทิศใต้ หน้าต้นไทรวิลเลจ) บ้านป้อมวง <u>จังหวัดตรัง</u> หาดปากเมง หาดสำราญ (กลาง) หาดเจ้าไหม (กลาง) หาดหยงหลิง หาดยาว (ใต้) <u>จังหวัดสตูล</u> หาดบ้านปากบารา ท่าเทียบเรือปากบารา บ้านทุ่งรีน บ้านปากบาง
เสื่อมโทรม (>25-50)	ไม่มี
เสื่อมโทรมมาก (0-25)	ไม่มี

ที่มา: Pollution Control Department (2012)

2.2 แหล่งมลพิษและผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ต่อกิจกรรมชายฝั่ง

มีหลายรายงานการศึกษาพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่พบว่าส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบจากมลพิษ ประชากรมนุษย์ใช้ทรัพยากรอย่างเกินขีดจำกัดในหลายพื้นที่ ในขณะที่มีการทำลายพื้นที่ป่าบนฝั่ง รวมทั้งมีการเกิดเป็นชุมชนเมืองขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้เกิดตะกอนและสารมลพิษไหลลงสู่ทะเลจำนวนมาก ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปัญหามลพิษทางทะเลเกิดจากทั้งกิจกรรมบนฝั่ง เช่น โดยผ่านทางแม่น้ำ และพัดพาโดยลม และเกิดจากกิจกรรมในทะเล เช่น การขุดทะเล การทำเหมืองแร่ในทะเล การทิ้งขยะในทะเล และการเดินเรือ ส่วนสารมลพิษอื่น ๆ เช่น น้ำหล่อเย็นจากโรงงานอุตสาหกรรม การทิ้งขยะประเภททุติยภูมิค่อนข้างน้อย (Todd et al., 2010)

Jantarashote (2003) จำแนกกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเลอันดามันได้ดังนี้

2.2.1 กิจกรรมบนชายฝั่งทะเล

ในช่วงครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา จังหวัดชายฝั่งทะเลอันดามันมีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งการเกษตร อุตสาหกรรม และการบริการ ในหลายจังหวัดอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวพัฒนาขึ้นอย่างก้าวกระโดด มีการก่อสร้างโรงแรม รีสอร์ท ร้านค้า ร้านอาหาร และสถานบันเทิงตามแนวชายฝั่งเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว ซึ่งสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมชายฝั่งและขยะจากส่วนบริการนักท่องเที่ยวเหล่านี้ถูกทิ้งในบริเวณชายฝั่งและท้ายที่สุดก็จะถูกชะลงสู่ทะเล ในส่วนการเกษตรจะทำให้เกิดสารเคมีจากปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชปล่อยลงสู่ชายฝั่งและทะเล โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหารทะเลที่มักตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งและจะปล่อยของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตลงสู่สิ่งแวดล้อมชายฝั่ง

2.2.2 การประมง

การทำประมงในทะเลอันดามันจำแนกได้เป็น ประมงขนาดเล็ก และประมงพาณิชย์ ซึ่งใช้เครื่องมือประมงหลากหลายชนิด อวนลากและอวนรุนเป็นเครื่องมือประมงที่นิยมมากที่สุดในพื้นที่นี้เนื่องจากประสิทธิภาพในการจับสัตว์น้ำ แต่เครื่องมือประมงเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงต่อสภาพแวดล้อมชายฝั่งและทะเล พื้นทะเล แนวหญ้าทะเล และแนวปะการัง ถูกทำลายจากการใช้เครื่องมือประมงทั้งจากประมงขนาดเล็ก และประมงพาณิชย์ นอกจากนี้การใช้ยาเบื่อปลาที่ส่งผลต่อการทำลายสิ่งมีชีวิตในแนวชายฝั่งด้วย

2.2.3 การปล่อยน้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้ง

การเลี้ยงกุ้งทะเลบริเวณชายฝั่งอันดามันส่วนใหญ่เป็นแบบพัฒนา (intensive farm) ซึ่งสามารถผลิตกุ้งได้ปริมาณมากด้วยการใช้สารเคมีเพื่อช่วยเพิ่มการเจริญและป้องกันโรค ซึ่งสารเคมีที่ใช้เหล่านี้จะถูกปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะและในที่สุดก็ไหลลงสู่พื้นที่ชายฝั่งทะเล

2.2.4 คราบน้ำมัน

ตลอดแนวชายฝั่งทะเลอันดามันมีท่าเรือจำนวนมากทั้งเพื่อการประมง ท่าเรือท่องเที่ยว ท่าขนถ่ายสินค้า และฐานทัพเรือ ในแต่ละวันจะมีเรือสินค้าขนาดใหญ่ และขนาดเล็กที่เข้ามาในท่าเรือ ดังนั้นจึงก่อให้เกิดคราบน้ำมันจากเรือเหล่านี้ในบริเวณท่าเรือ ซึ่งจะสามารถแพร่กระจายไปยังบริเวณชายฝั่ง หน่วยงานภาครัฐพัฒนาท่าเรือให้เป็นท่าเรือประมงขนาดใหญ่ซึ่งก่อให้เกิดปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งได้

2.3 ความสำคัญของสัตว์หน้าดินต่อระบบนิเวศชายฝั่ง

สังคมของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนหรือในตะกอนพื้นทะเลเรียกว่าเบนโทส (benthos) คำว่าเบนโทสใช้ครั้งแรกโดยนักธรรมชาติวิทยาและศิลปินชาวเยอรมัน ชื่อ Ernst Haeckel (1834-1919) ซึ่งเป็นคนแรกที่ใช้คำว่า ecology ด้วย (Taggiapietra and Sigorini, 2010) สังคมของสิ่งมีชีวิตหน้าดินมีความซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตตั้งแต่แบคทีเรียจนถึงพืช (phytobenthos) และสัตว์ (zoobenthos) และอยู่ในลำดับของห่วงโซ่อาหารหลายลำดับ สัตว์หน้าดิน สามารถแบ่งตามขนาดได้เป็นขนาดเล็กเรียกว่าไมโครเบนโทส (microbenthos) หรือไมโครฟอนา (microfauna) มีขนาด <0.063 มิลลิเมตร ขนาดกลางเรียกว่าไมโอเบนโทส (meiobenthos) หรือไมโอฟอนา (meiofauna) มีขนาด 0.063-1.0 (หรือ 0.5) มิลลิเมตร ขนาดใหญ่เรียกว่ามาโครเบนโทส (macrobenthos) หรือมาโครฟอนา (macrofauna) มีขนาด >1.0 (หรือ 0.5) มิลลิเมตร และบางครั้งสามารถแบ่งเป็นขนาดใหญ่ที่สุดหรือเรียกว่าเมกะเบนโทส (megabenthos) หรือ เมกะฟอนา (megafauna) มีขนาด > 10.0 มิลลิเมตร การแบ่งตามลักษณะการอยู่อาศัยจะแบ่งได้เป็นอีพิฟอนา (epifauna) ซึ่งอาศัยอยู่ที่ผิวดิน ส่วนอินฟอนา (infauna) จะฝังตัวอยู่ในตะกอนดิน (Borja et al., 2008; Chantanathawej and Bussarawit, 1987; Taggiapietra and Sigorini, 2010) มาโครฟอนา (macrofauna) เป็นสัตว์หลายเซลล์ที่ยังค้างอยู่ในตะแกรงร่อน (sieve) ขนาดรู 1.0 มิลลิเมตร ยกเว้นกลุ่มนีมาโทด (nematode) และโคพีพอด (copepod) เนื่องจากกลุ่มนีมาโทดและโคพีพอดจัดเป็นกลุ่มไมโอฟอนาที่ยังสามารถค้างอยู่ในตะแกรงร่อนขนาด 1.0 มิลลิเมตรได้ (Borja et al., 2008)

Taggiapietra and Sigorini (2010) ศึกษาพบว่ากลุ่มสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เป็นกลุ่มไส้เดือนทะเล เช่น โพลีคีต (polychaete) และ โอลิโกคีต (oligochaete) มอลลัสก์ (mollusk) เช่น หอยสองฝา (bivalve) และหอยฝาเดียว (gastropod) และครัสเตเชียน เช่น แอมฟิพอด (amphipod) และ เดคาพอด (decapod) ซึ่งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเหล่านี้สามารถจำแนกได้ตามแหล่งอาศัยดังข้างต้น

Govindan (2002) จำแนกสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ตามลักษณะการกินได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กรองกิน (filter feeders) เช่น หอยสองฝา ฟองน้ำ เปรียงหัวหอม (ascidian) ไส้เดือนทะเล (worm) เปรียง (barnacle) กลุ่มกัดกินสาหร่าย (browser feeder) เช่น แอมฟิพอด (amphipod) ไอโซพอด

(isopod) หอยฝาเดียว และ กลุ่มกินสารอินทรีย์ (deposit feeder) เช่น แอนนิลิด (annelid) หอยสองฝา หอยฝาเดียว ปลิงทะเล (holothurian) หรือ sea cucumber และครัสเตเชียน (crustacean)

พื้นที่ชายหาดเป็นแหล่งอาศัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อระบบนิเวศบริเวณแนวทรายเชื่อมต่อกับแนวน้ำทะเลท่วมถึง โดยการแลกเปลี่ยนสารอินทรีย์และสารอาหาร แนวชายฝั่ง (surf zone) มีความสำคัญต่อการอนุบาลปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ในแนวน้ำขึ้นน้ำลงเป็นแหล่งอาหารของปลา นอกจากนี้แนวชายฝั่งยังเป็นแหล่งอาศัยของนกทะเลหลากชนิด และเป็นแหล่งวางไข่ของเต่าทะเล

สัตว์พื้นทะเลที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศชายหาดมีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ และสัตว์ขนาดใหญ่ การเพิ่มจำนวนปลาที่มีความสัมพันธ์กับสัตว์พื้นทะเลโดยตรงโดยผ่านลำดับการกินในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งการส่งต่อพลังงานผ่านห่วงโซ่อาหารเริ่มจากเศษซากสารอินทรีย์บนชายหาด ผู้ผลิตเบื้องต้น เช่นสาหร่ายและไดอะตอม (diatom) ไปยังแบคทีเรีย รา สัตว์หน้าดินขนาดกลาง และสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ ซึ่งจะกินอาหารเป็นลำดับและส่งผ่านพลังงานไปตามลำดับห่วงโซ่อาหาร และในที่สุดก็ส่งพลังงานมายังนกและปลา นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตหน้าดินขนาดเล็ก (microfauna) ในแนวชายหาดยังมีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในระบบนิเวศทางทะเล เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส สารอินทรีย์ที่ตกตะกอนจากมวลน้ำสามารถเปลี่ยนไปเป็นมวลชีวภาพ โดยแบคทีเรียสามารถเปลี่ยนสารอินทรีย์ในตะกอนดินให้เป็นสารอาหารกระจายไปในมวลน้ำ จากนั้นผู้ผลิตเบื้องต้นจะนำไปใช้ ส่งไปยังแพลงก์ตอนสัตว์และระบบนิเวศทางทะเลต่อไป

หน้าที่สำคัญอันหนึ่งของสัตว์หน้าดินบริเวณชายหาดคือความสะอาดชายหาด สัตว์หน้าดินจำนวนมากนับล้านตัวบนชายหาดจะคอยกินเศษซากสารอินทรีย์ทำให้เกิดการทำความสะอาดทรายบนชายหาด (Gage, 2001; Govindan, 2002)

สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่สามารถทำให้เกิดการหมุนเวียนทางชีวภาพ (bioturbation) ในระหว่างการเคลื่อนที่และกิจกรรมการกินอาหารบริเวณตะกอน ในขณะที่กลุ่มสัตว์หน้าดินขนาดกลางและขนาดเล็กจะทำให้เกิดแร่ธาตุชั้นใหม่ กลุ่มที่กินสารอินทรีย์จะย่อยสลายตะกอนบริเวณใรร้ออากาศ และส่งอาหารขึ้นมายังบริเวณชั้นน้ำด้านบนซึ่งเป็นบริเวณที่มีออกซิเจน ซึ่งเป็นการช่วยส่งธาตุอาหารจากด้านล่างขึ้นไปยังด้านบน ในทางกลับกันก็สามารถขนส่งน้ำที่มีออกซิเจนจากชั้นบนลงไปยังชั้นที่ลึกกว่าได้ (Govindan, 2002).

สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บางชนิดเป็น “วิศวกร” เช่น โพลีคีต ชนิด *Lanice conchilega* สร้างสิ่งแวดล้อมใหม่ขึ้นโดยการสร้างท่อหรือรู โครงสร้างเหล่านี้ช่วยเพิ่มความซับซ้อนของแหล่งอาศัย และทำให้เกิดแหล่งอาศัยที่เหมาะสมสำหรับสัตว์หน้าดินชนิดอื่น ๆ ซึ่ง *L. conchilega* ช่วยเพิ่มความหนาแน่นของสัตว์หน้าดิน เพิ่มความหลากหลายของชนิดสัตว์ และเพิ่มความซับซ้อนของประชาคม

สัตว์หน้าดิน (Rabaut et al., 2007) นอกจากนี้กิจกรรมการหมุนเวียนแร่ธาตุ (bioirrigation) ของสัตว์หน้าดินเหล่านี้ช่วยนำสารอินทรีย์ และออกซิเจนไปยังดินชั้นล่างซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่ไม่มีออกซิเจน สัตว์หน้าดินชนิด *Callianassa subterranean* สร้างผนังรูที่มีความซับซ้อน การนำตะกอนออกมาจากรูจะช่วยเพิ่มการนำออกซิเจนไปยังผิวตะกอนโดยรอบรูนั้น ซึ่ง *L. conchilega* จะเคลื่อนที่คล้ายลูกสูบเมื่ออยู่ในรู ลักษณะการเคลื่อนที่นี้จะมีความสัมพันธ์กับการขนส่งออกซิเจน (Foster and Graft, 1995)

สัตว์หน้าดินชนิด *Arenicola marina* และ *Corophium arenarium* สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของพื้นตะกอนได้ โดยการเปลี่ยนแรงคลื่นที่กระทำต่อพื้นตะกอนซึ่งเป็นผลมาจากเปลี่ยนความหนาแน่นของพื้นตะกอนด้วยการสร้างรูเปิดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สัตว์หน้าดินเหล่านี้ยังสามารถเปลี่ยนขนาดของตะกอนดินได้ (Jones and Jago, 1993)

2.4 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่อสัตว์หน้าดิน

ความผันแปรของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและความสัมพันธ์ทางนิเวศวิทยาสามารถส่งผลกระทบต่อความผันแปรประชากร สังคม และระบบนิเวศ ผลกระทบจากมนุษย์สามารถทำให้ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง ตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อสภาพแวดล้อมพื้นทะเลได้แก่ ความเค็ม ความสูงและความลึกของชายฝั่งและไหล่ทวีป สัตว์หน้าดินชายฝั่ง สารอาหาร ความเร็วของกระแสน้ำ และความปั่นป่วนของกระแสน้ำ องค์ประกอบของดินเลน (ปริมาณโคลน, ปริมาณสารอินทรีย์, ขนาดของตะกอนดิน) แร่ธาตุในตะกอน อุณหภูมิ และความเป็นกรด-เบส

Boon et al. (2011) ศึกษาพื้นที่ชายฝั่งประเทศเนเธอร์แลนด์พบว่าผลกระทบจากมนุษย์ต่อสิ่งมีชีวิตหน้าดินเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

- 1) ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ซึ่งทำให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์และเกิดการขาดออกซิเจน
- 2) มลพิษจากโลหะและสารอินทรีย์
- 3) การก่อสร้างบริเวณชายฝั่ง การขุดทะเลซึ่งส่งผลกระทบต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยา กระแสน้ำ องค์ประกอบของพื้นดิน การเพิ่มปริมาณตะกอนหยาบ
- 4) การดูดทราย และการขุดทราย
- 5) การทำประมง
- 6) การทิ้งของเสียและสารอาหาร
- 7) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิและความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเล

สารอินทรีย์และตะกอนปริมาณมากที่ปล่อยลงสู่ทะเลเกิดจากทั้งธรรมชาติและจากมนุษย์ ซึ่งสามารถฆ่าสิ่งมีชีวิตบนพื้นทะเลได้ และสามารถเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์เหล่านี้ได้

สารอาหารบนชายหาดสามารถส่งผลกระทบต่อแหล่งอาศัยดั้งเดิมของสัตว์ โครงสร้างของประชาคมสัตว์พื้นทะเลมีความผันผวนต่อความอุดมสมบูรณ์ของชายหาดโดยตรง ประชาคมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในชายหาดที่มีปริมาณสารอาหารสูงจะมีความหลากหลาย (heterogeneous) ต่ำกว่าบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสารอาหาร ชายหาดที่มีปริมาณสารอาหารสูงประชาคมของสัตว์จะมีชนิดเด่นเพียงไม่กี่ชนิด ยกตัวอย่างเช่นแอมพิพอดชนิด *Ampelisca diadema* และหนอนตัวกลม *Capitomastus minimus* จะพบเฉพาะในบริเวณที่มีสารอาหารสูง โพลีคีตชนิด *Spio decoratus* และ *Prionospio caspersi* จะพบได้ทั้งในบริเวณที่มีสารอาหารสูงและมีสารอาหารต่ำแต่จะมีจำนวนน้อย จำนวนหอยสองฝาชนิด *Tellina tenuis*, *Lentidium mediterranium*, *Donax semistriatus*, *Chamelea gallina* และหอยฝาเดียวชนิด *Cyclope neritea* มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหาร แต่จำนวนโพลีคีตชนิด *Orbinidae* sp. และ *Glycera tridactyla* และแอมพิพอดชนิด *Balhyoporela guilliamasoniana* จะมีจำนวนมากเมื่อแหล่งนั้นไม่ได้รับผลกระทบจากสารอาหาร (Colosio et al., 2007).

การขุดลอกชายฝั่งส่งผลโดยตรงต่อประชาคมสัตว์หน้าดินทั้งแหล่งที่ขุดและบริเวณโดยรอบ โดยส่งผลต่อความหนาแน่นของประชากร และมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดิน ในบริเวณรอบ ๆ แหล่งขุดลอกนั้นประชาคมสัตว์จะมีชนิดเด่นเพียงชนิดเดียว ในทางกลับกันมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อโครงสร้างประชาคมสัตว์ที่อยู่นอกแหล่งขุดลอกชายฝั่ง ถ้าสภาพแวดล้อมไม่ถูกรบกวน ประชาคมสัตว์หน้าดินจะมีชนิดเด่นน้อยและจะมีโครงสร้างการกระจายของชนิดแบบสม่ำเสมอ (uniform distribution) (Newell et al., 2004) การประเมินผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินจากมลพิษชายฝั่งบริเวณท่าเรือ ซึ่งมีทั้งแหล่งอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และการเกษตรพบว่ามีชนิดเด่นสูง ซึ่งกลุ่มสัตว์ชนิดเด่นคือ โพลีคีต และมอลลัสก์ แต่มีจำนวนคริสต์เซียน และเอคโคโนเดิร์มต่ำ ซึ่งบ่งชี้ว่าเกิดความไม่สมดุล หรือเกิดสภาวะกดดัน (stressed situation) ต่อสัตว์หน้าดินพื้นถิ่น สัตว์ชนิดเด่นที่พบคือ หอยสองฝาชนิด *Corbula gibba* และไส้เดือนทะเลชนิด *Pectinaria koreni* การวิเคราะห์โครงสร้างสัตว์หน้าดินพบว่ามีจำนวนชนิดลดลงเมื่อมีสภาวะกดดันจากสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น (Solis-Weiss et al., 2004) การศึกษาของ Kumar et al. (2004) พบว่าสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มีความสัมพันธ์กับลักษณะของตะกอนดินในบริเวณชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงขนาดตะกอนดิน และปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนสูงอาจจะส่งผลต่อการลดจำนวนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่อยู่ใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้ง

2.5 การประเมินสภาพแวดล้อมชายฝั่งโดยใช้สัตว์หน้าดิน

ประชาคมสัตว์หน้าดินมักจะใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพ (biological indicator) เพราะสัตว์เหล่านี้จะสามารถบ่งบอกสภาพแวดล้อมได้จากความไวของการตอบสนอง (sensitivity) ของแต่ละ

ชนิด (indicator species) และคุณสมบัติบางประการทำให้สัตว์ส่งสัญญาณความเปลี่ยนแปลงได้ คุณสมบัตินี้เช่นการสัมผัสบริเวณที่มีออกซิเจนต่ำ (hyposia/anoxia) ซึ่งมักจะพบบริเวณใกล้พื้นทะเล ซึ่งมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ การเคลื่อนที่อย่างจำกัดของสัตว์หน้าดิน ง่ายต่อการจัดจำแนก และความหลากหลายของหน้าที่ในสิ่งแวดล้อมทำให้เหมาะสมต่อการใช้ตรวจวัดความกดดันจากสภาวะแวดล้อมที่มีรูปแบบและระดับที่ต่างกันได้ (Taggapietra and Sigorini, 2010) สัตว์หน้าดินสามารถพบได้ทั้งในพื้นที่น้ำตื้น แม่น้ำ และทะเลสาบ ซึ่งเป็นข้อดีของการใช้สัตว์หน้าดินเพื่อติดตามตรวจสอบสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าแพลงก์ตอน หรือปลาซึ่งอาศัยอยู่ในมวลน้ำ สัตว์หน้าดินจะอาศัยอยู่ใน 2 ระนาบเท่านั้น ทำให้การวางแผนการเก็บตัวอย่างง่ายกว่า ส่วนการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนและปลาจะมีผลมาจากน้ำขึ้นน้ำลง และความสูงของระดับน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเมื่อจะเก็บตัวอย่างสัตว์กลุ่มนี้ นอกจากนี้การเคลื่อนที่ได้น้อยทำให้สัตว์หน้าดินต้องใช้เวลานานในการเพิ่มจำนวนใหม่ (recolonise) ในพื้นที่ที่ได้รับมลพิษ การใช้สิ่งมีชีวิตหน้าดินเป็นดัชนีบ่งชี้ยังมีข้อดีอีกหลายประการอันได้แก่ มีประโยชน์สำหรับการศึกษาผลกระทบในแหล่งอาศัยจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี สัตว์หน้าดินบางชนิดทนทาน การจัดจำแนกและการสุ่มตัวอย่างทำได้ง่าย (Borja et al., 2000; Borja et al., 2008)

การประเมินคุณภาพน้ำสามารถวิเคราะห์ได้จากสารเคมีในน้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจน สารมลพิษประเภทโลหะและสารอินทรีย์ ธาตุอาหาร หรือโดยการใช้ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นการบ่งชี้คุณภาพน้ำที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาศัยอยู่ได้ สิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัด เช่น ปลา(fish) แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) สาหร่ายขนาดใหญ่ (macroalgae) สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ (macrozoobenthos) และสัตว์หน้าดินขนาดกลาง (mesozobenthos) (Dauvin et al., 2010) เหตุผลที่สำคัญในการใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพคือ สามารถประเมินผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้โดยตรง การใช้ประเมินผลการเสริมฤทธิ์และผลการต้านฤทธิ์ของสารมลพิษหลายชนิดต่อสิ่งมีชีวิต การประเมินผลการทำลายของสารมลพิษเบื้องต้นต่อสิ่งมีชีวิตและต่อมนุษย์โดยมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าวิธีทางเคมี (Nkwoji et al., 2010) การพัฒนาดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำจะใช้สัตว์ที่ตอบสนองต่อระดับมลพิษที่ต่างกัน เช่น ใช้ชนิดพันธุ์ที่เปราะบาง (sensitive species) ซึ่งจะไม่ปรากฏในพื้นที่ที่ปนเปื้อนสารมลพิษ หรือใช้ชนิดพันธุ์ที่ต้านทาน (resistant species) ซึ่งจะเพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อพื้นที่นั้นได้รับมลพิษระดับปานกลาง หรือใช้การประเมินโดยชนิดพันธุ์ฉวยโอกาสซึ่งอยู่รอดและเพิ่มจำนวนได้ในพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษ แต่ทั้งนี้สัตว์หน้าดินมักจะไม่สามารถต้านทานบริเวณที่มีการปนเปื้อนมลพิษสูงมากได้ (Dauvin et al., 2010) สิ่งแรกที่สำคัญในการใช้สิ่งมีชีวิตหน้าดินในการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมคือข้อมูลทางอนุกรมวิธาน กลุ่มสัตว์หน้าดินขนาดกลางที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดส่วนใหญ่คือ นิมาโทดและโคพิพอด เพราะพบได้ทั่วไป และรักษาสภาพได้ง่าย นอกจากนี้ยังมี แกสโตรทริช (gastrotrich) โพลีคีต และ หนอนตัวแบน (turbellarian) ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ (Kenedy and Jacoby, 1999)

Dauvin et al. (2007) ให้คำจำกัดความในทางนิเวศวิทยาเพื่อกำหนดคุณภาพของชนิดสัตว์หน้าดินไว้ดังนี้

- 1) ชนิดเปราะบาง (sensitive species) คือชนิดพันธุ์ที่สามารถอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมช่วงแคบ และไม่ปรากฏในพื้นที่ปนเปื้อนสารมลพิษ หรือในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง หรือแหล่งที่อยู่อาศัยเปลี่ยนแปลง
- 2) ชนิดทนทาน (tolerant species) คือ ชนิดพันธุ์ที่ไม่ไวต่อสภาวะกดดันหรือมลพิษ
- 3) ชนิดฉวยโอกาส (opportunistic species) คือ ชนิดที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมใหม่ เช่น ชนิดที่มีช่วงเจริญพันธุ์เร็ว อัตราการขยายพันธุ์สูง เจริญเติบโตเร็ว มีขนาดเล็ก และอัตราการอยู่รอดในตัวเต็มวัยไม่แน่นอน
- 4) ชนิดเอกลักษณ์ (characteristic species) คือ ชนิดพันธุ์ที่บ่งบอกถึงโครงสร้างเฉพาะของประชาคม
- 5) ชนิดเฝ้าระวัง (sentinel species) คือ ชนิดพันธุ์ที่พบเฉพาะแหล่งที่เกิดความไม่สมดุลของสภาพแวดล้อม หรือสังกมสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถระบุความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้
- 6) ชนิดดัชนีบ่งชี้ (indicator species) คือชนิดพันธุ์ที่สามารถแสดงสัญญาณให้เห็นถึงการปรากฏปัจจัยใด ๆ (particular factor) ทั้งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในสิ่งแวดล้อม
- 7) ชนิดคงสภาพ (indifferent species) คือ ชนิดพันธุ์ที่ไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงซึ่งไม่ตอบสนองต่อภาวะมลพิษ

การประเมินสถานะทางนิเวศวิทยาของประชาคมสัตว์หน้าดินนิยามความหมายไว้ดังนี้

- 1) ดัชนี (Index/Indices) คือ คำทั่วไปที่ใช้ทั้งทางวิทยาศาสตร์ ชีววิทยาทางทะเล สังคมศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์ ซึ่งดัชนีจะเป็นตัวเลขเพื่อใช้เปรียบเทียบตัวแปรตัวหนึ่งกับตัวแปรอื่น หรือกับตัวเลขอ้างอิง ค่าอัตราส่วนหรือค่าที่เปรียบเทียบได้จะสอดคล้องกับสภาพจริงที่สังเกตได้
- 2) ดัชนีชีวภาพ (Biotic Index/Indices) คือ คำที่ใช้รายงานสถานภาพทางสิ่งแวดล้อมโดยมีสิ่งมีชีวิตบ่งชี้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น ซึ่งมักจะใช้ประเมินคุณภาพทางสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปจะมีลำดับจากค่าต่ำสุดไปสูงสุด ซึ่งใช้จำแนกสถานภาพสิ่งแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับสถานภาพอ้างอิง

Grall and Glemarec (1997) จำแนกกลุ่มของสิ่งมีชีวิตตามความไวของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมไว้ 5 กลุ่มดังนี้

- 1) กลุ่ม I (GI) เป็นชนิดที่มีความไวสูงต่อสารอินทรีย์และมักจะพบอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ปกติ ซึ่งประกอบด้วยพวกกินสัตว์จำเพาะ (specialist carnivore) และพวกโพลีคีตที่กินเศษซากเป็นอาหาร
- 2) กลุ่ม II (GII) เป็นชนิดที่ไม่เปลี่ยนแปลงต่อสารอินทรีย์ มักจะมีความหนาแน่นต่ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตามช่วงเวลา ประกอบด้วยพวกกินอาหารที่ลอยอยู่ในน้ำ พวกกินสัตว์ไม่เลือกชนิด (less selective carnivore) และพวกกินซาก

- 3) กลุ่ม III (GIII) เป็นชนิดที่ทนทานต่อสารอินทรีย์ส่วนเกิน ชนิดเหล่านี้มักจะปรากฏในสภาวะปกติ แต่ จำนวนประชากรจะเปลี่ยนตามปริมาณอาหาร ประกอบด้วยพวกกินเศษซากที่ผิวดิน เช่น *Tubicolous spionis* ซึ่งจะกินเศษซากสารอินทรีย์ที่ผิวดิน
- 4) กลุ่ม IV (GIV) เป็นชนิดฉวยโอกาสอันดับสอง ซึ่งเป็นพวกที่มีขนาดเล็ก มีวงจรชีวิตสั้น ปรับตัวอยู่ในสภาพแวดล้อมของตะกอนเลน และสามารถเพิ่มจำนวนได้ ประกอบด้วยเป็นพวกกินเศษซากอินทรีย์ใต้ดิน เช่น โพลีคีตกลุ่ม Cirratulid
- 5) กลุ่ม V (GV) เป็นชนิดฉวยโอกาสอันดับแรก พวกกินเศษซากอินทรีย์มักพบอยู่ในตะกอนดินและมีปริมาณลดลงที่ผิวน้ำ โพลีคีตในกลุ่มนี้ 2 ชนิดที่พบแพร่กระจายอยู่ทั่วโลกคือ *Capitella capitata* และ *Scolelepis fuliginosa* นีมาโทดและโอลิโกคีตบางชนิดก็จัดอยู่ในกลุ่มนี้เช่นกัน

การแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ขึ้นกับความไวของการตอบสนองต่อสภาวะมลพิษ ซึ่งทำให้สามารถแบ่งดัชนีชีวภาพ (Biotic Index) ได้เป็น 8 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 7 เพื่อปรับปรุงดัชนีนี้ จึงใช้สมการ ที่คำนวณจากเปอร์เซ็นต์ความชุกชุมของตัวอย่าง ได้เป็นสัมประสิทธิ์ดัชนีชีวภาพ (Biotic Coefficient) ดังนี้

$$\text{Biotic Coefficient} = (0 \times \% \text{GI}) + (1.5 \times \% \text{GII}) + (3 \times \% \text{GIII}) + (4.5 \times \% \text{GIV}) + (6 \times \% \text{GV}) / 100$$

กลุ่มของสิ่งมีชีวิตแสดงดังข้างต้น (GI, GII, GIII, GIV และ GV) ผลสรุปค่า Biotic Index และ Biotic Coefficient ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลสรุปค่าสัมประสิทธิ์ดัชนีชีวภาพ (Biotic Coefficient) และ ดัชนีชีวภาพ (Biotic Index)

Site pollution classification	Biotic coefficient	Biotic index	Dominating ecological group	Benthic community health
Unpolluted	$0.0 < BC \leq 0.2$	0	I	Normal
Unpolluted	$0.2 < BC \leq 1.2$	1		Impoverished
Slightly polluted	$1.2 < BC \leq 3.3$	2	III	Unbalance
Meanly polluted	$3.3 < BC \leq 4.3$	3		Transitional to pollution
Meanly polluted	$4.5 < BC \leq 5.0$	4	IV-V	Polluted
Heavily polluted	$5.0 < BC \leq 5.5$	5		Transitional to heavy pollution
Heavily polluted	$5.5 < BC \leq 6.0$	6	V	Heavy polluted

Site pollution classification	Biotic coefficient	Biotic index	Dominating ecological group	Benthic community health
Extremely polluted	Azoic	7	Azoic	Azoic

ที่มา : Borja et al. (2000)

หน่วยงาน Water Framework Directive (WFD) ได้ศึกษาดัชนีบ่งชี้หลายชนิด และยังคงพัฒนาเพื่อใช้สำหรับวัดสถานภาพระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตหน้าดินบริเวณชายฝั่งและในแหล่งน้ำซึ่งได้รับผลกระทบจากมนุษย์ ดัชนีเหล่านี้ได้จากการคำนวณ โดยใช้ข้อมูลปริมาณขององค์ประกอบชนิดข้อมูลความขุกขุม (ความหนาแน่น และมวลชีวภาพ) และข้อมูลความไวของชนิดสัตว์ต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งระบุกลุ่มหรือชนิดที่มีความเด่นชัดต่อการเปลี่ยนแปลงได้ (Boon et al., 2011).

สัตว์หน้าดินหลายชนิดในประชาคมพื้นทะเลของปากน้ำในยุโรป(European estuarine) และระบบนิเวศชายฝั่ง สามารถจำแนกได้ตามความไวต่อสิ่งแวดล้อมแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงชนิดของสัตว์หน้าดินที่พบในปากน้ำในยุโรปและระบบนิเวศชายฝั่งจำแนกตามความไวต่อสิ่งแวดล้อม

Taxa	Sensitivity of pollution groups*
Polychaetes	
<i>Ampharete acutifrons</i>	I
<i>Amphitrite cirrata</i>	I
<i>Amphitrite edwardsi</i>	I
<i>Amphitrite variabilis</i>	I
<i>Amphitritides gracilis</i>	I
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	I
<i>Apharoditidae indet</i>	I
<i>Aponuphis bilineata</i>	II
<i>Brada villosa</i>	I
<i>Capitella capitata</i>	V
<i>Caulleriella caputesocis</i>	III
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	I

Taxa	Sensitivity of pollution groups*
<i>Chaetozone setosa</i>	IV
<i>Cirratulidae</i> sp.	III
<i>Dasybranchus</i> sp.	III
<i>Eunereis longissima</i>	III
<i>Eunice vittata</i>	II
<i>Eupolymnia nebulosa</i>	III
<i>Glycera capitata</i>	II
<i>Glycera convoluta</i>	II
<i>Glycera rouxii</i>	II
<i>Glycera unicornis</i>	II
<i>Goniada maculata</i>	II
<i>Harmothoe extenuata</i>	II
<i>Harmothoe</i> sp.	II
<i>Heteromastus filiformis</i>	III
<i>Laeonereis glauca</i>	III
<i>Laonice cirrata</i>	III
<i>Lumbrineris fragilis</i>	II
<i>Lumbrineris gracilis</i>	II
<i>Lumbrineris latreilli</i>	II
<i>Lumbrineris tetraura</i>	II
<i>Magelona alleni</i>	I
<i>Magelona papillicornis</i>	I
<i>Magelona</i> sp.	I
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	V
<i>Maldana glebifex</i>	II
<i>Marphysa sanguinea</i>	II
<i>Melinna palmata</i>	III
<i>Myriochele oculato</i>	I
<i>Mysta picta</i>	II

Taxa	Sensitivity of pollution groups*
<i>Neanthes caudata</i>	IV
<i>Neanthes succinea</i>	III
<i>Nephtys hystricis</i>	II
<i>Nephtys incisa</i>	II
<i>Nereiphylla paretii</i>	II
<i>Nereis lamellosa</i>	III
<i>Nereis sp.</i>	III
<i>Notomastus sp.</i>	III
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	II
<i>Owenia fusiformis</i>	I
<i>Pectinaria auricoma</i>	I
<i>Pectinaria auricoma</i>	I
<i>Pectinaria belgica</i>	I
<i>Pectinaria koreni</i>	I
<i>Pherusa plumosa</i>	I
<i>Phyllodoce laminosa</i>	II
<i>Phyllodoce lineata</i>	II
<i>Phyllodoce sp.</i>	II
<i>Phylo foetida</i>	II
<i>Piromis eruca</i>	I
<i>Pista cristata</i>	I
<i>Poecilochaetus serpens</i>	I
<i>Polydora caeca</i>	IV
<i>Polydora ciliata</i>	IV
<i>Polydora flava</i>	IV
<i>Polydora hoplura</i>	IV
<i>Polynoidae sp.</i>	II
<i>Pomatoceros triqueter</i>	II
<i>Prionospio cirrifera</i>	IV

	Taxa	Sensitivity of pollution groups*
	<i>Pseudopolydora antennata</i>	IV
	<i>Sabellidae</i> sp.	I
	<i>Sabellides octocirrata</i>	II
	<i>Serpula vermicularis</i>	II
	<i>Spiochaetopterus costarum</i>	III
	<i>Spiophanes bombyx</i>	III
	<i>Spiophanes kroyeri</i>	III
	<i>Sternaspis scutata</i>	III
	<i>Sthenelaia boa</i>	II
	<i>Sthenolepis hyleni</i>	II
	<i>Terebella lapidaria</i>	I
	<i>Terebellidae</i> sp.	I
	<i>Terabellides stroemi</i>	I
Mollusks	<i>Abra alba</i>	III
	<i>Abra nitida</i>	III
	<i>Abra prismatica</i>	III
	<i>Abra segmentum</i>	III
	<i>Abra tenuis</i>	III
	<i>Acanthcardia paucicostata</i>	I
	<i>Anodontia fragilis</i>	II
	<i>Anomia ephippium</i>	I
	<i>Aporrhais pespelecani</i>	I
	<i>Atrina pectinata</i>	I
	<i>Azorinus chamasolen</i>	I
	<i>Calyptraea chinensis</i>	I
	<i>Cerastoderma edule</i>	III
	<i>Cerastoderma glaucum</i>	III
	<i>Cerastoderma gibba</i>	III
	<i>Cylichnina umbilicata</i>	I

Taxa	Sensitivity of pollution groups*
<i>Dentalium inaequicostatum</i>	I
<i>Diplodonta rotundata</i>	I
<i>Dosinia lupinus</i>	I
<i>Euspira guillemini</i>	II
<i>Euspira nitida</i>	II
<i>Gastrana fragilis</i>	I
<i>Hiatella arctica</i>	I
<i>Laevicardium oblongum</i>	I
<i>Loripes lacteus</i>	I
<i>Lucinella divaricata</i>	I
<i>Modiolarca subpicta</i>	I
<i>Myrtea spinifera</i>	I
<i>Mysella bidentata</i>	I
<i>Mysia undata</i>	I
<i>Mytilaster minimus</i>	I
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	II
<i>Nassarius incrassatus</i>	II
<i>Nassarius pygmaeus</i>	II
<i>Nassarius reticulatus</i>	II
<i>Nucula nucleus</i>	I
<i>Nucula sulcata</i>	I
<i>Nuculana pella</i>	II
<i>Ostrea edulis</i>	II
<i>Paphia aurea</i>	I
<i>Parvicardium exiguum</i>	I
<i>Phaxas adriaticus</i>	I
<i>Philine aperta</i>	II
<i>Pholas dactylus</i>	I
<i>Pitar rudis</i>	I

Taxa	Sensitivity of pollution groups*
<i>Plagiocardium papillosum</i>	I
<i>Pododesmus patelliformis</i>	I
<i>Scapharca inaequalis</i>	II
<i>Solemya togata</i>	I
<i>Spisula subtruncata</i>	I
<i>Striarca lactea</i>	I
<i>Tapes decussatus</i>	I
<i>Tellinomya ferruginosa</i>	II
<i>Tellina distorta</i>	II
<i>Tellina nitida</i>	I
<i>Tellina serrata</i>	I
<i>Tellina tenuis</i>	I
<i>Thracia convexa</i>	I
<i>Thyasira flexuosa</i>	III
<i>Turritella communis</i>	I
<i>Turritella communis</i>	I
<i>Venus verrucosa</i>	I
<i>Brachnotus gemmellari</i>	I
<i>Brachynotus sexdentatus</i>	I
Crustaceans	
<i>Decapoda</i> sp.	I
<i>Galathea intermedia</i>	I
<i>Inachus comunissimus</i>	I
<i>Macropodia rostrata</i>	I
<i>Philocheras bispinosus</i>	I
<i>Pilumnus hirtellus</i>	I
<i>Pisidia longicornis</i>	I
<i>Processa</i> sp.	I
<i>Sicyonia carinata</i>	I
<i>Upogebia deltaura</i>	I

	Taxa	Sensitivity of pollution groups*
	<i>Upogebia pusilla</i>	I
	<i>Upogebia</i> sp.	I
Echinoderms	<i>Amphiura chiajei</i>	I
	<i>Astropecten aranciacus</i>	I
	<i>Ophiothrix quinquemaculata</i>	II
	<i>Opiura albida</i>	II
	<i>Ophiura grubei</i>	II
	<i>Ophiura texturata</i>	II
	<i>Psammechinus microtuberculatus</i>	I
	<i>Schizaster canaliferus</i>	I
	<i>Thyone fusus</i>	I
	<i>Trachythyone elongata</i>	I
	<i>Trachyone tergestina</i>	I

ที่มา : ดัดแปลงจาก Borja et al. (2000) และ Solis-Weiss et al. (2004)

หมายเหตุ * ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม

I = ไวต่อสารอินทรีย์ ไม่ทนทานต่อมลพิษ

II = ไม่เปลี่ยนแปลงต่อสารอินทรีย์

III = ทนทานต่อสารอินทรีย์ ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเล็กน้อย

IV = ชนิดฉวยโอกาสอันดับสอง ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างชัดเจนได้เล็กน้อย

V = ชนิดฉวยโอกาสอันดับแรก ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างชัดเจนได้

2.6 การศึกษาสัตว์หน้าดินในประเทศไทย

การศึกษาสัตว์หน้าดินในประเทศไทย มีทั้งบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและชายฝั่งอันดามัน พื้นที่ที่มีรายงานผลการศึกษา ได้แก่ บริเวณแหล่งหญ้าทะเล (จำลอง, 2545ข; ชนกพรและจิตติมา, 2550; ณัฐวดีและคณะ, 2553ข) ป่าชายเลน (วราริน, 2551) แนวชายฝั่งอันดามัน (Chantanathawej and Bussarawit, 1987) บริเวณรอบเกาะ (ณัฐวดี และคณะ, 2553ก; เอกนรินทร์, 2552; จำลอง, 2545ก) ทะเลสาบน้ำเค็ม (รัชณี, 2552; รัชณี และเสาวภา, 2553) บริเวณปากแม่น้ำ (ฐิติมา, 2542;

เมธาวิ, 2550; สุเทพ และคณะ, 2553) และการศึกษาบริเวณชายหาด (ภัทรภร, 2550; สุขเมตต์, 2547; สมถวิล และวิภูษิต, 2534; Meksumpun and Meksumpun, 1999)

สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณพื้นที่ทะเลชายฝั่งอันดามันมีความหนาแน่นกระจายตั้งแต่ 200 – 1,000 ตัว/ตารางเมตร โดยสัตว์หน้าดินกลุ่มเด่นที่พบคือโพลีคีต รองลงมาคือ ครัสเตเชีย เอกโคโนเดิร์ม มอลลัสก์ และสัตว์มีกระดูกสันหลังตามลำดับ มวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินที่บริเวณความลึกจากระดับผิวน้ำ 3-75 เมตร มีปริมาณมวลชีวภาพมากกว่าบริเวณใกล้ชายฝั่ง (Chantanathawej and Bussarawit, 1987) นอกจากนี้ ภัทรภร (2550) รายงานผลการศึกษาความหลากหลายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณหาดทรายแก้ว จังหวัดชลบุรี พบว่าแนวระดับน้ำขึ้นสูงสุดมีความหลากหลายชนิดและจำนวนของสัตว์หน้าดินต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบริเวณกลางหาดและแนวน้ำลงต่ำสุด

การศึกษาการกระจายตัวและความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในแนวหญ้าทะเลฝั่งอ่าวไทย บริเวณอ่าวบางพระ จังหวัดชลบุรี พบว่ามีกลุ่มเด่นคือ โพลีคีต มอลลัสก์ และครัสเตเชียตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณแนวหญ้าทะเลกับบริเวณที่ไม่มีหญ้าทะเล พบว่าในบริเวณแนวหญ้าทะเลจะมีความหนาแน่นสูงกว่า (จำลอง, 2545ข) ส่วนความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในบริเวณแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร อยู่ในช่วง 2,017 – 24,253 ตัว/ตารางเมตร และพบทั้งหมด 44 ชนิด โพลีคีตวงศ์ที่พบในแนวหญ้าทะเลได้แก่ Orbiniidae, Maldanidae, Glyceridae, Syllidae, Nereididae, Spionidae, Capitellidae และ Paraonidae (ณัฐวดี, 2553ข) ส่วนในแหล่งหญ้าทะเลฝั่งอันดามัน อำเภอกระบุรี จังหวัดพังงา พบสัตว์หน้าดินทั้งหมด 14 กลุ่ม โดยที่กลุ่มหลักมี 3 กลุ่มคือ โพลีคีต แอมฟิพอด และไซปันคูลิต (ชนกพรและจิตติมา, 2550) นอกจากนี้ วรารินและศิริวรรณ (2553) รายงานว่าโพลีคีตวงศ์หลักที่พบบริเวณแหลมเจ้าขรัว จังหวัดพังงา คือ Opheliidae และ Eunicidae

การศึกษาความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในแปลงปลูกป่าชายเลนที่มีอายุต่างกัน พบว่าป่าชายเลนที่มีอายุน้อยจะพบความชุกชุมสูงกว่าแต่มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ต่ำกว่าป่าชายเลนที่มีอายุมากขึ้น และพบว่ากลุ่มสัตว์หน้าดินที่เหมาะสมในการใช้ติดตามพัฒนาการของป่าชายเลนปลูกคือกลุ่มโพลีคีต (วราริน, 2551)

สมถวิลและวิภูษิต (2534) ศึกษาความสัมพันธ์ของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม พบว่าตั้งแต่บริเวณพืชยาจนถึงท่าเรือแหลมฉบังมีความหลากหลายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ต่ำ ความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ เท่ากับ 127 ตัว/ตารางเมตร และพบว่ากลุ่ม ครัสเตเชียมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเล จากรายงานของ เมธาวิ (2550) พบว่าความชุกชุมและ มวลชีวภาพของโพลีคีตมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความขุ่น แต่มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับความเค็ม ความโปร่งแสง และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ความชุกชุมของครัสเตเชียมีความสัมพันธ์แบบ แปรผันตามกับความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า และ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ความชุกชุมของกลุ่มหอยสองฝา มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับปริมาณของแข็งแขวนลอย ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ และความชุกชุมของสัตว์หน้าดินมีความสัมพันธ์กันกล่าวคือ ในบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์สูงจะพบสัตว์หน้าดินกลุ่มเด่นคือ โพลีคีต ในขณะที่กลุ่มเด่นบริเวณที่ไม่มีกิจกรรมของมนุษย์คือครัสเตเชีย นอกจากนี้การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินยังแปรผันตามปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และสัตว์หน้าดินกลุ่มโอลิโกคีต ชนิด *Doliodrilus* sp. และโพลีคีตชนิด *Parheteromastus* sp. สามารถบ่งชี้มลพิษในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอกได้ (รัชณี, 2552) จากการศึกษาของ Meksumpun and Meksumpun (1999) พบว่าโพลีคีตชนิด *Perinereis* sp. มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณสารอินทรีย์ที่พื้นทะเล ในขณะที่โพลีคีตชนิด *Notomastus* sp. มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับปริมาณสารอินทรีย์ที่พื้นทะเล ส่วนโพลีคีต 2 ชนิดคือ *Nereis* sp. และ *Parheteromastus* sp. อาจจะสามารถนำมาใช้เป็นชนิดพันธุ์บ่งบอกปริมาณสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในตะกอนดินได้ (ฐิติมา, 2542) จากผลการศึกษาของ Chantananthawej and Bussarawit (1987) พบว่าที่ระดับความลึก 3-75 เมตรจากผิวน้ำ ความชุกชุมและมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดินกับขนาดของตะกอนและสารอินทรีย์มีความสัมพันธ์กันน้อย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการประเมินคุณภาพชายหาดจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล โดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

- 1) กำหนดพื้นที่ศึกษา
- 2) ศึกษาสภาพแวดล้อมของชายหาดและข้อมูลการใช้ประโยชน์ของพื้นที่
- 3) การเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน
- 4) การวิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำในพื้นที่และในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 5) การศึกษาและจำแนกชนิดสัตว์หน้าดินในห้องปฏิบัติการ
- 6) วิเคราะห์ผลและสรุปผล

3.2 พื้นที่ศึกษา

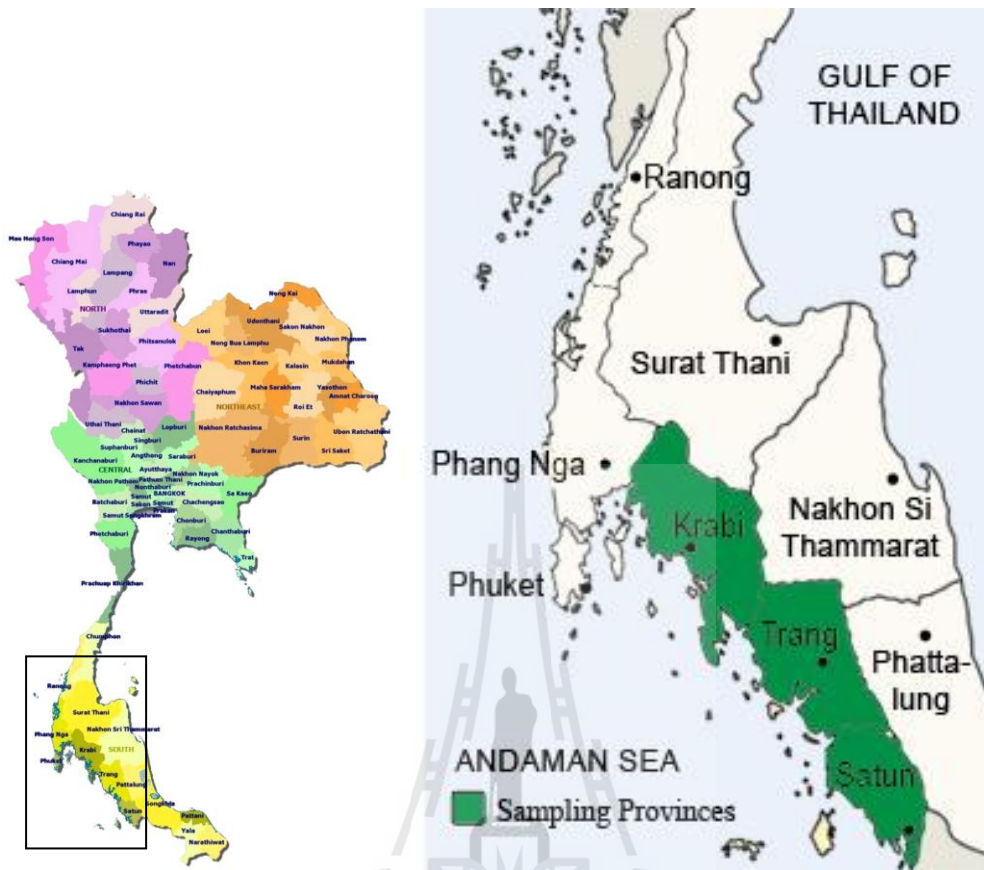
กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ บริเวณชายหาด 3 หาดที่มีพื้นที่ต่อเนื่องกัน และมีกิจกรรมบนฝั่งแตกต่างกัน ดังนี้

- 1) จังหวัดกระบี่พื้นที่อุทยานแห่งชาติหาดนพรัตน์ธารา หาดอ่าวนาง และหาดน้ำเมา
- 2) จังหวัดตรังพื้นที่หาดปากเมง หาดเจ้าไหม และหาดหยงหลิง
- 3) จังหวัดสตูลพื้นที่หาดปากบารา และหาดปากบาง

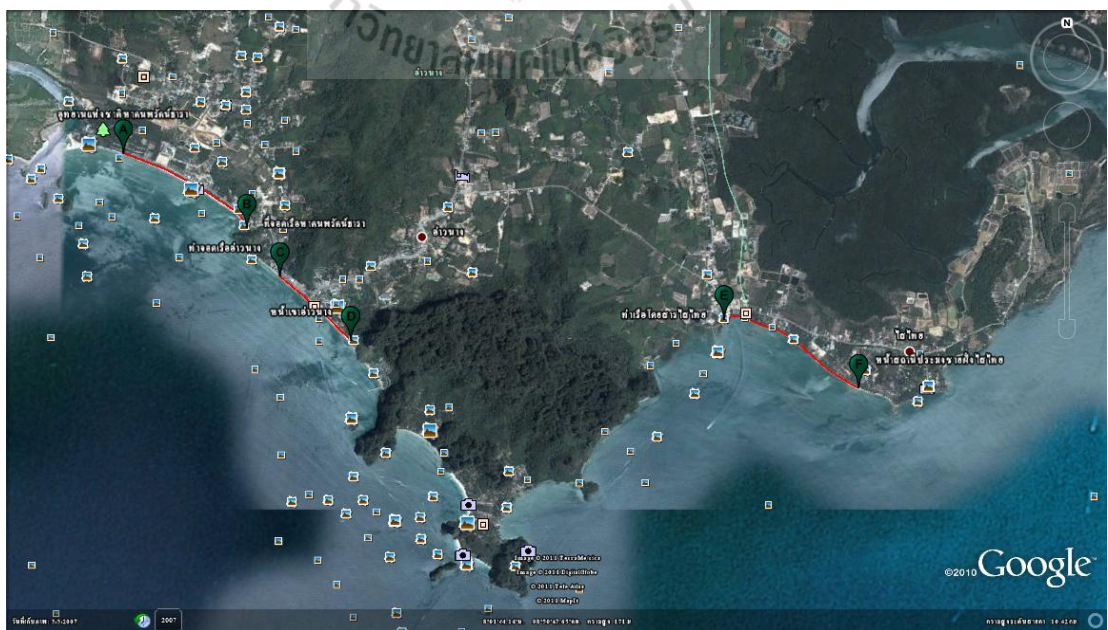
พื้นที่ศึกษาแสดงในภาพที่ 2 ภาพที่ 3 ภาพที่ 4 และภาพที่ 5

ศึกษาการใช้ประโยชน์พื้นที่ชายหาดและกิจกรรมบนฝั่งโดยการสังเกตและรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการของพื้นที่

เก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน ตัวอย่างดิน และตัวอย่างน้ำทุก ๆ 4 เดือน เป็นเวลา 1 ปี รวมจำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง 3 ครั้งครอบคลุมฤดูกาลของภูมิอากาศภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – กลางเดือนพฤษภาคม ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ช่วงกลางเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกลางเดือนตุลาคม-กลางเดือนกุมภาพันธ์

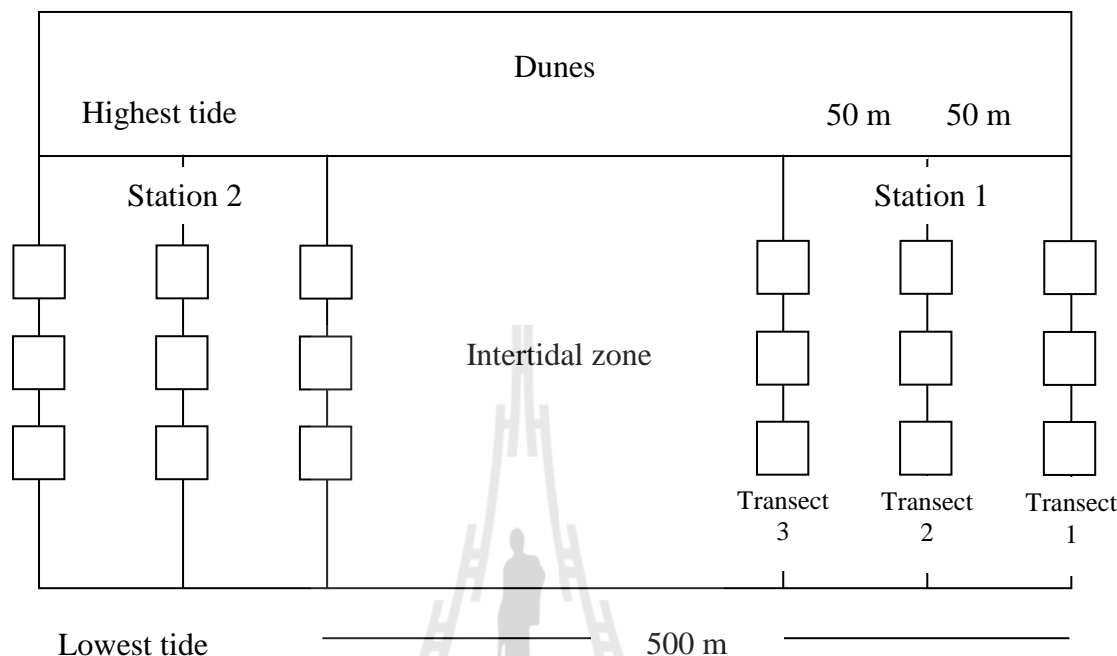


ภาพที่ 2 แสดงพื้นที่จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล
ที่มา : ดัดแปลงจาก Map of Thailand, 2010



ภาพที่ 3 แสดงพื้นที่ชายหาดที่ศึกษาจังหวัดกระบี่

ตัวอย่างจะเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่ 2.25 ตารางเมตร (9 กรอบตาราง) แล้วชุดลงลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร นำดินมาร้อนด้วยตะแกรงร่อนแยกสัตว์ทะเลหน้าดิน



ภาพที่ 6 แสดงแผนผังการเก็บตัวอย่างแต่ละสถานี

ขนาดสัตว์ทะเลหน้าดินที่ทำการแบ่งเพื่อความสะดวกในการศึกษา ได้แก่

- 1) สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กมาก (microbenthos) ขนาดน้อยกว่า 100 ไมโครเมตร
- 2) สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดกลาง (meiobenthos) ขนาดระหว่าง 0.1-1.0 มิลลิเมตร
- 3) สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ (macrobenthos) ขนาดมากกว่า 1 มิลลิเมตร

สัตว์ทะเลหน้าดินที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีขนาดมากกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ ดังนั้นตะแกรงร่อนแยกจึงใช้ขนาดตา 1 มิลลิเมตร

ทำการล้างตะกอนดินออกจากตัวอย่าง สัตว์หน้าดินที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดตาของตะแกรงจะค้างอยู่ด้านบนของตะแกรงแต่ละขนาด นำตัวอย่างมาเก็บโดยการตองในน้ำยารักษาสภาพด้วยวิธีการของ Worsfold and Hall (2010) แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างตะกอนดินทุกสถานีที่เก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินโดยเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำต่อสถานีเก็บตัวอย่าง บรรจุในถุงและรักษาสภาพด้วยความเย็น ตัวอย่างตะกอนดินจะนำมาวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ดิน (particle size) ความเป็นกรด-เบส ไนเตรต ฟอสเฟต และปริมาณสารอินทรีย์ (organic content)

การวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดินขนาดใหญ่จะใช้วิธีแยกขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อน (vibrating-sieving) แล้วแยกขนาดอนุภาคดินตามวิธีการ Wentworth scale ซึ่งร้อยละของอนุภาคดินแต่ละขนาดนำมาคำนวณหาอัตราส่วนขนาดของดิน โดยจำแนกเป็น gravel ($\varnothing > 2$ mm) very coarse sand (2 mm $> \varnothing > 1$ mm) coarse sand (1 mm $> \varnothing > 0.5$ mm) medium sand (0.5 mm $> \varnothing > 0.25$ mm) fine sand (0.25 mm $> \varnothing > 0.125$ mm), very fine sand (0.125 mm $> \varnothing > 0.062$ mm) และ silt ($\varnothing < 0.062$ mm) (Marine Environmental Laboratory, 1995 และ De Pas et al., 2008)

การวัดความเป็นกรด-เบสจะใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-เบสแบบภาคสนามโดยการจุ่มหัววัดความเป็นกรด-เบสลงในดิน

การวิเคราะห์ธาตุอาหารไนเตรต และฟอสเฟตใช้วิธีการเปรียบเทียบความเข้มของสี (colorimetric method) ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์จะใช้วิธีเผาและชั่งน้ำหนัก (loss of ignition) ตามวิธีการของ Eleftheriou and McIntyre (2005) แสดงผลเป็นปริมาณสารอินทรีย์ต่อน้ำหนักดิน

3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินเพื่อหาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสัตว์หน้าดินและประเมินสภาวะมลพิษของพื้นที่เก็บตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างจุดละ 3 ซ้ำ วัดคุณภาพน้ำในภาคสนามโดยใช้เครื่องมือ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลาย และรักษาสภาพตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้แก่ BOD ฟอสเฟต ไนเตรต และความขุ่นด้วยวิธีการของ APHA, AWWA, and WEF (1998)

3.6 การศึกษาชนิดของตัวอย่าง

การศึกษาขนาด ลักษณะ ชนิด และกลุ่มของสัตว์หน้าดินในห้องปฏิบัติการภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ (Stereo microscope) และใช้กล้องถ่ายภาพติดกล้องจุลทรรศน์โปรแกรมสำเร็จรูปศึกษาตัวอย่าง และใช้กล้องจุลทรรศน์แบบตาประกอบ (Compound microscope) สำหรับศึกษารายละเอียดของอวัยวะของสัตว์หน้าดิน การจำแนกชนิดตัวอย่างเบื้องต้นในพื้นที่จะใช้วิธีการของ Hibberd and Moore (2009) ส่วนการจำแนกชนิดสัตว์หน้าดินในห้องปฏิบัติการจะใช้คู่มือการจำแนกชนิดของ Environmental monitoring and support laboratory office of research and development (1986) การจำแนกวงศ์และสกุลของโพลีคีตใช้คู่มือของ Fauchald

(1977) การจำแนกชนิดของโพลีคีตตามงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารต่าง ๆ โดยจำแนกเป็นวงศ์ต่าง ๆ ดังนี้ วงศ์ Glyceridae และ วงศ์ Goniadidae จำแนกชนิดตามรายงานวิจัยของ Boggemann et al. (2011) และ Boggemann, and Eible-Jacobsen (2002) วงศ์ Lumbrineridae (Fauchald, 1977 และ Oug, 2002) วงศ์ Nereididae (Tan and Chou, 1994 และ Chan, 2009) วงศ์ Onuphidae (Paxton, 1986) วงศ์ Orbiniidae (Hutchings and Murray, 1984 และ Mackie, 1991) วงศ์ Sternaspidae (Sendall and Salazar-Vallejo, 2013) วงศ์ Opheliidae (Fauchald, 1977) วงศ์ Phyllodocidae และวงศ์ Scalibregmatidae (Fauchald, 1977 และ Uebelacker and Jones, 1984) วงศ์ Spionidae (Uebelacker and Johnson, 1984; Williams, 2007; Delgado-Blas, 2006; Yokoyama, 2007 และ Yokoyama and Sukumaran, 2012) วงศ์ Capitellidae (Green, 2002 และ Fauvel, 1953) วงศ์ Magelonidae (Blake, 1996; Mortimer et al., 2012; Mortimer and Mackie, 2003 และ Mortimer and Mackie, 2009) วงศ์ Maldanidae (Fauvel, 1953; Garwood, 2007 และ Gillet, 1989) วงศ์ Cirratulidae (Bush, 2006; Elias and Rivero, 2009; Cinar, 2007 และ Dean and Blake, 2009) วงศ์ Pilargidae (Dean, 1998 และ Moreira and Parapar, 2002) วงศ์ Eunicidae (Glasby and Hutchings, 2010) วงศ์ Sabellidae (Fitzhugh, 1989) วงศ์ Oweniidae (Cupa et al., 2012) วงศ์ Eulepethidae (Pettibone, 1969) วงศ์ Pisionidae (Yamanashi, 1998) วงศ์ Amphinomidae (Arias et al., 2013 และ Barroso and Paira, 2007) Terebellidae (Jirkov and Leontovich, 2013) และ Polynoidae (Fauchald, 1977 และ Naeini and Rahimian, 2009) การจำแนกชนิดของหอยฝาเดียวและหอยสองฝาใช้คู่มือของ Poutiers (1998) และ Swennen et al. (2001) การจำแนกชนิดของปูชายหาดจำแนกตามรายงานวิจัยของ Allen (2010) Allen et al. (2011) Huang and Takeda (1992) Kemp (1919) Ng et al. (2002) Komai et al. (1995) และ Tan and Ng (1999) การจำแนกชนิดของปูเสฉวนจำแนกตามรายงานวิจัยของ McLaughlin (2002)

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 การวิเคราะห์ดัชนีชีวภาพประชาคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ จำแนกเป็น species richness index (ดัชนีความหลากหลายชนิด) ตามสมการของ Margalef richness index (D) (Margalef, 1951 อ้างโดย Balogun et al., 2011) ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (species diversity index) ตามสมการของ Shannon-Wiener index (H) (Shannon and Weiner, 1949 อ้างโดย Nkwoji et al., 2010) ดัชนีความสม่ำเสมอของประชาคมใช้ evenness index (J) (Pielou, 1966 อ้างโดย Balogun et al., 2011) และดัชนีความเด่นของชนิดใช้สมการของ species dominance index (C) (Simpson, 1949 อ้างโดย Balogun et al., 2011)

Margalef richness index (D) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

$$D = \frac{(S-1)}{\log_2 N}$$

กำหนดให้ D = Margalef richness index
S = the number of species
N = the total number of individuals in the sample.

Shannon-Wiener index (H) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

$$H_s = -\sum P_i \log P_i$$

กำหนดให้ H_s = Diversity index
P_i = จำนวนตัวแต่ละชนิด/จำนวนตัวทั้งหมดในสถานีเก็บตัวอย่าง
Log P_i = Natural log of P_i

Evenness index (J) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

$$J = \frac{H_s}{\log_2 S}$$

กำหนดให้ J = Evenness index
H_s = Shannon-Weiner index
S = จำนวนชนิดในกลุ่มประชากร

Species dominance index (C) สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

$$C = \sum P_i^2$$

กำหนดให้ C = Species dominance index

3.7.2 การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของประชาคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ ปัจจัยคุณภาพน้ำ ปัจจัยคุณภาพดินระหว่างจุดเก็บตัวอย่างโดยการจัดกลุ่ม Multi-dimensional scaling (MDS) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับประชาคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ใช้การวิเคราะห์ Principal Correspondence Analysis (PCA) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุเชิงเส้น (stepwise multiple linear regression) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PASW statistics version 18

3.7.3 รวบรวมข้อมูลสัตว์หน้าดินที่พบ จากนั้นคำนวณหาดัชนีชีวภาพ (Biotic Index) จากข้อมูลชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในพื้นที่ชายหาดจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูลตาม

วิธีคำนวณของ Borja et al. (2000) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป AMBI software version 5 ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจากเว็บไซต์ AZTI (<http://ambi.azti.es/>) จากนั้นประเมินคุณภาพชายหาดจากโปรแกรมที่คำนวณได้



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

4.1 พื้นที่เก็บตัวอย่างและสถานีเก็บตัวอย่าง

จากการศึกษาพื้นที่เก็บตัวอย่างชายหาดจังหวัดกระบี่ พื้นที่หาดนพรัตน์ธารา หาดอ่าวนาง และหาดน้ำเมา จังหวัดตรังพื้นที่หาดปากเมง หาดเจ้าไหม และหาดหยงหลิง และจังหวัดสตูลพื้นที่หาดปากบารา และหาดปากบาง ส่วนใหญ่พื้นที่ศึกษาเป็นหาดทรายและหาดทรายปนเลน ยกเว้นพื้นที่ชายหาดปากบางเป็นลักษณะหาดเลนปนทราย จำนวนสถานีและลักษณะกิจกรรมของแต่ละชายหาดมีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่างและจำนวนสถานีเก็บตัวอย่าง

จังหวัด	ชื่อหาด	ความยาว หาด (กิโลเมตร)	จำนวน สถานีเก็บ ตัวอย่าง	กิจกรรมชายหาดและบนฝั่ง
กระบี่	หาดนพรัตน์ธารา	1.6	3	มีถนนเลียบบหาด มีโรงแรมที่พักขนาดเล็ก ร้านอาหาร ร้านค้าบริเวณริมชายหาด มีเรือสำหรับนำเที่ยว มีทั้งเรือท่องเที่ยวขนาดใหญ่ เรือท่องเที่ยวเล็ก
	หาดอ่าวนาง	1.3	3	มีโรงแรมที่พักขนาดใหญ่ตั้งแต่บริเวณหัวหาดและท้ายหาด มีร้านอาหารตลอดแนวชายหาด มีเรือสำหรับนำเที่ยว มีทั้งเรือท่องเที่ยวขนาดใหญ่ เรือท่องเที่ยวเล็ก
	หาดน้ำเมา	2.7	3	มีโรงแรมที่พักอยู่บริเวณด้านซ้ายของหาด ส่วนกลางจะมีสภาพธรรมชาติไม่มีสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ ด้านขวามีท่อน้ำทิ้งจากประมงชายฝั่งจังหวัดกระบี่
ตรัง	หาดปากเมง	6.0	6	มีถนนเลียบบหาด ด้านซ้ายมือเป็น

จังหวัด	ชื่อหาด	ความยาว หาด (กิโลเมตร)	จำนวน สถานีเก็บ ตัวอย่าง	กิจกรรมชายหาดและบนฝั่ง
				ท่าเรือท่องเที่ยวมีทั้งเรือท่องเที่ยวขนาดใหญ่ เรือท่องเที่ยวเล็ก และส่วนกลางหาดมีร้านอาหารตลอดแนว และเป็นที่ตั้งของประมงชายฝั่ง จังหวัดตรัง ด้านขวามือเป็นพนักกัน การกัดเซาะชายฝั่งแบบหิน และมี รีสอร์ทขนาดเล็กบนชายฝั่ง
	หาดเจ้าไหม	3.6	3	เป็นชายหาดท่องเที่ยว ไม่มีโรงแรม ร้านอาหาร มีที่ให้กางเต็นท์ อยู่ในเขต อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม
	หาดหยงหลิง	2.7	3	เป็นหาดท่องเที่ยว มีนักท่องเที่ยว เล็กน้อย มีร้านอาหารเพียง 1 ร้าน
สตูล	หาดปากบารา	3.2	3	มีกระชังเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ท่าเทียบ เรือนำเที่ยว และเรือประมง บริเวณ ชายฝั่ง มีถนนเลียบบหาด มีร้านอาหาร ท่าเทียบเรือรับส่งนักท่องเที่ยว เรือประมง ละนักท่องเที่ยวบริเวณริม หาด
	หาดปากบาง	6.1	6	มีถนนเลียบบหาด เป็นหาดโคลนปนทราย มีร้านอาหาร 2-3 ร้าน มีพนัก กันการกัดเซาะตลอดแนวชายหาด

4.2 รายงานผลคุณภาพน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา

4.2.1 ความเป็นกรด-เบส

จากการเก็บตัวอย่างในเขตน้ำขึ้นน้ำลง 8 หาด จาก 3 จังหวัด มีค่าความเป็นกรด-เบส โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำทะเลจาก 3 ชายหาดในจังหวัดกระบี่ที่เก็บ ตัวอย่างในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กันยายน-ตุลาคม 2555) ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ธันวาคม 2555) และฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน 2556) มีค่าโดยเฉลี่ยระหว่าง 7.5 ± 0.01 - 8.1 ± 0.02

ซึ่งไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทยประเภท 3 และประเภท 4 (7.0 - 8.5) (Pollution Control Department, 2007) น้ำทะเลชายหาดของจังหวัดตรังมีค่าความเป็นกรด-เบส โดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.7 ± 0.2 - 8.7 ± 0.02 ซึ่งโดยส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐานยกเว้นในช่วงฤดูมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบสของทุกสถานีเก็บตัวอย่างที่หาดปากเมงมีค่าเกินมาตรฐานเล็กน้อย และสถานีเก็บตัวอย่างที่หาดหยงหลิง 1 สถานี (TR-YL st2) มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเลชายหาดจังหวัดสตูลมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7.4 ± 0.02 และ 8.6 ± 0.1 ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่สถานี ST-BB st6 มีค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-เบส ใน 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในภาพที่ A1.1 ค่าความเป็นกรด-เบสในน้ำทะเลมีความสำคัญต่อความอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตเนื่องจากส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม สรีรวิทยา และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ค่าความเป็นกรด-เบส ที่คริสต์เขียนเติบโตได้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 6.8-8.7 ค่าความเป็นกรด-เบส เกิดจากสภาพความเป็นกรดและกิจกรรมทางชีววิทยาของพื้นตะกอน ค่าความเป็นกรด-เบสสูงอาจเกิดจากการสังเคราะห์แสงในบริเวณนั้นสูง ซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะการเจริญของสาหร่ายมากเกินไป (phytoplankton bloom) ค่าความเป็นกรด-เบสมากกว่า 7 แต่ไม่เกิน 8.5 เป็นค่าที่เหมาะสมต่ออัตราการผลิตทางชีววิทยา (biological productivity) แต่ค่าความเป็นกรด-เบสที่ต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (Hinga, 2002; Kim et al., 2013).

4.2.2 ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)

ค่าเฉลี่ยของ DO ในบางสถานีเก็บตัวอย่างมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเทศไทย (ไม่น้อยกว่า 4.0 mg/L) จากการวัด DO ตัวอย่างน้ำทะเลจากจังหวัดกระบี่ พบว่าค่าเฉลี่ย DO อยู่ในช่วง 1.3 ± 0.01 ถึง 5.5 ± 0.2 mg/L ส่วนค่าเฉลี่ย DO ตัวอย่างน้ำทะเลจากจังหวัดตรังอยู่ในช่วง 2.2 ± 0.01 - 6.8 ± 0.03 mg/L ขณะที่ตัวอย่างจากจังหวัดสตูลมีค่าระหว่าง 1.7 ± 0.2 - 6.7 ± 0.2 mg/L อย่างไรก็ตาม ค่า DO ที่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลนี้อาจเนื่องมาจากวิธีการเก็บตัวอย่าง โดยในการศึกษาครั้งนี้ เก็บตัวอย่างน้ำใกล้ผิวดิน ซึ่งปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าที่ผิวน้ำ และเก็บตัวอย่างในช่วงน้ำลงซึ่งมีความแรงของคลื่นน้อยกว่าช่วงน้ำขึ้น ปริมาณออกซิเจนจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 30 สถานี ใน 3 ฤดูกาล แสดงดังภาพที่ A1.2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำขึ้นกับปัจจัยทางด้านกายภาพ เคมีภาพ และชีวภาพ เช่น BOD และกระบวนการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่บริเวณพื้นตะกอน (Vander, 1997) โดยทั่วไป ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะบ่งชี้ความสมบูรณ์และความเสถียรของสิ่งแวดล้อม และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต Diaz and Rosenberg (2008) รายงานว่าปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่า 1.5 mg/L ทำให้พฤติกรรมของกลุ่มสิ่งมีชีวิตหน้าดินเปลี่ยนแปลงไปจนถึงมีการตายเป็นกลุ่ม นอกจากนี้ Diaz and Rosenberg (1995) ยังพบว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตหน้าดินขนาดใหญ่ที่มีการเคลื่อนที่น้อยสามารถทนต่อปริมาณออกซิเจนต่ำได้ แต่กลุ่ม

สิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ทั้งชนิดที่อยู่ใต้น้ำและชนิดที่อยู่ผิวดิน ไม่สามารถทนต่อสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 0.3 mg/L ได้ และกลุ่มอินฟอนาหลายชนิดจะออกจากรูที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 0.7 mg/L (12% ออกซิเจนอิ่มตัว) สัตว์หน้าดินที่ทนต่อสภาวะออกซิเจนต่ำ (hypoxia-stressed benthos) ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มสัตว์หน้าดินกลุ่มโพลีคีตที่มีวงจรชีวิตสั้น ขนาดเล็ก กินอาหารบริเวณผิวดิน แต่ไม่พบสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลัง พวก เพรียวเดี่ยว หอยฝาเดียว หอยสองฝา และดาวเปราะ (ophiuroid) ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอสำหรับสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กและมีรูปร่างอ่อนนุ่มจะเป็นกลุ่มเด่น ซึ่งกลุ่มนี้ได้แก่แอนิลิตที่มีโครงสร้างเหงือก (branchial structure) โดยทั่วไปกลุ่มสัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีความไวต่อการขาดออกซิเจนมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็ก และความไวต่อการขาดออกซิเจนของครัสเตเชียนจะมีค่าระดับค่าต่ำสุด (oxygen threshold) สูงกว่ากลุ่มแอนิลิตและมอลลัสก์ (Levin et al., 2009) การศึกษานี้แสดงปริมาณออกซิเจนในทุกสถานที่มีค่าต่ำกว่าปริมาณ DO ที่เหมาะสม (7 mg/L) แต่ยังคงอยู่ในช่วงปริมาณที่สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ยังสามารถเจริญได้

4.2.3 อุณหภูมิ

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำทะเลจังหวัดกระบี่มีค่าระหว่าง 25.2 ± 0.3 - 29.9 ± 0.1 °C จังหวัดตรังมีค่าระหว่าง 27.5 ± 0.1 °C - 29.9 ± 0.1 °C จากผลการวัดอุณหภูมิน้ำพบว่าอุณหภูมิน้ำทะเลชายหาดของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูลมีค่าต่ำกว่าในสถานีเก็บตัวอย่างของจังหวัดตรังและจังหวัดกระบี่ โดยมีค่าอุณหภูมิน้ำทะเลอยู่ในช่วง 26.0 ± 0.5 - 28.4 ± 0.4 °C เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่งในปี 2555 และ 2556 (Pollution Control Department, 2012) พบว่าอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 25-33 °C ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2007) กำหนดอุณหภูมิน้ำทะเลและชายฝั่งว่าต้องอยู่ในสภาพธรรมชาติ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้อุณหภูมิน้ำทะเลจากสถานีเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างจากสภาพธรรมชาติ อุณหภูมิของน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงมากในบริเวณผิวน้ำทะเลบริเวณชายหาดและเริ่มคงที่เมื่ออยู่ห่างจากชายฝั่งไปสู่บริเวณผิวดิน (McLachlan and Brown, 2006) อุณหภูมิของน้ำ เป็นปัจจัยจำกัดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสัตว์น้ำ ซึ่งจะมีผลต่อเมตาบอลิซึม การเจริญเติบโต การกินอาหาร การสืบพันธุ์ และพฤติกรรมการอพยพของสัตว์น้ำ (Diaz and Rosenberg, 1995) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้การละลายของออกซิเจนโดยเฉลี่ยในน้ำทะเลลดลง และอาจส่งผลกระทบต่อความต้องการออกซิเจนของสัตว์หน้าดิน (Guevara-Fletcher et al., 2011) อุณหภูมิน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 30 สถานี ใน 3 ฤดูกาลแสดงดังภาพที่ A1.3

4.2.4 ความเค็ม

ความเค็มของตัวอย่างน้ำในแต่ละสถานีค่อนข้างคงที่ โดยค่าเฉลี่ยความเค็มของทุกสถานีอยู่ระหว่าง 25.0 - 34.0 ppt ความเค็มของตัวอย่างน้ำจังหวัดกระบี่อยู่ในช่วง 30.0 - 33.0

ppt ความเค็มของตัวอย่างน้ำทะเลจังหวัดตรังอยู่ในช่วง $28.0 \pm 0.1 - 34.0$ ppt จากจังหวัดสตูลมีค่าอยู่ระหว่าง $25.3 \pm 0.6 - 31.7 \pm 0.6$ ppt ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าความเค็มของน้ำทะเลจังหวัดตรังมีค่าต่ำกว่าช่วงฤดูร้อน เช่นเดียวกับผลการตรวจวัดในจังหวัดสตูลที่มีค่าความเค็มต่ำลงในช่วงฤดูร้อน ยกเว้นในสถานี ST-BB st4 ผลการศึกษาความเค็มของน้ำทะเลในทุกสถานีพบว่าค่าความเค็มของตัวอย่างจากจังหวัดสตูลมีค่าต่ำกว่าในจังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง ความเค็มของน้ำทะเลในสถานีเก็บตัวอย่างทุกจังหวัดแสดงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และการลดลงของน้ำทะเลเป็นผลเนื่องมาจากน้ำหลาก แต่ระดับความเค็มของน้ำทะเลมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย ความเค็มของน้ำทะเลจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 30 สถานี ใน 3 ฤดูกาล แสดงดังภาพที่ A1.4

ความเค็มของน้ำทะเลเกิดจากการละลายของเกลือในน้ำ ซึ่งเกลือนี้จะส่งผลต่อการกระจายของสัตว์ในทะเลอันเนื่องมาจากความทนทานต่อระดับความเค็มที่ต่างกัน ความเค็มจะเปลี่ยนแปลงในรอบวันตามการขึ้นลงของน้ำทะเลหรือตามฤดูกาล ความเค็มจะลดลงในช่วงฤดูมรสุมในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมาก (Dunbar et al., 2003) ในสภาพธรรมชาติความเค็มของน้ำทะเลอยู่ในช่วง 24 ถึง 35 ppt (Pollution Control Department, 2012) จังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูลได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงสองรอบต่อวัน เมื่อน้ำขึ้นสูงสุดมีความสูงประมาณ 3 เมตรช่วงน้ำก่อก และมีความสูงประมาณ 1 เมตร ช่วงน้ำตาย (Pornpinatepong, 2005) ดังนั้นพื้นที่เก็บตัวอย่างจึงได้รับอิทธิพลจากช่วงความต่างของน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งมีผลต่อความเค็มของน้ำ นอกจากนี้ความผันแปรของความเค็ม อุณหภูมิ และการละลายของออกซิเจนในน้ำบริเวณรอยต่อระหว่างน้ำและผิวดินมีความสำคัญในบริเวณชายฝั่ง (Guevara- Fletcher et al., 2011).

4.2.5 ไนเตรตในน้ำ

ผลการตรวจวัดพบว่าปริมาณไนเตรตในน้ำของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่อยู่ในช่วง 0.01 ± 0.01 ถึง 4.81 ± 0.44 $\mu\text{g/L}$ สถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดของหาดนพรัตน์ธารามีปริมาณไนเตรตต่ำในทุกฤดูกาล ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.01 ± 0.01 ถึง 0.17 ± 0.01 $\mu\text{g/L}$ ปริมาณไนเตรตของสถานีเก็บตัวอย่างของหาดอ่าวนางมีค่าสูงกว่าหาดนพรัตน์ธารา และในบางสถานีมีปริมาณสูงกว่า 1.00 $\mu\text{g/L}$ ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ปริมาณไนเตรตมีค่าค่อนข้างสูงในสถานี KB-AN st1, KB-AN st2, KB-AN st3 และ KB-NM st2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.43 ± 0.02 , 3.29 ± 0.11 , 4.27 ± 0.13 และ 1.76 ± 0.03 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณไนเตรตมีค่าสูงกว่าในฤดูอื่นๆ ที่สถานีเก็บตัวอย่าง KB-AN st3, KB-NM st1, KB-NM st2 และ KB-NM st3 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.81 ± 0.44 , 3.16 ± 0.19 , 4.86 ± 1.47 and 3.21 ± 0.01 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ส่วนสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรัง ปริมาณไนเตรตมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าระหว่าง 0.03 ± 0.01 และ 17.30 ± 0.30 $\mu\text{g/L}$ สถานีเก็บตัวอย่าง TR-PM st2

และ TR-CM st2 มีค่าสูงกว่า 1.00 $\mu\text{g/L}$ ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 17.3 ± 0.3 และ 2.37 ± 0.06 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ส่วนสถานีเก็บตัวอย่างในจังหวัดสตูล ปริมาณไนเตรตมีค่าสูงเกือบทุกสถานี สถานีเก็บตัวอย่างที่มีค่าต่ำกว่า 1.00 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03 ± 0.01 ถึง 31.67 ± 0.58 $\mu\text{g/L}$ คือสถานี ST-BB st4 ในฤดูร้อน สถานี ST-BB st2 และ ST-BB st6 ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในสถานีอื่น ๆ ปริมาณไนเตรตมีค่าสูงกว่าและอยู่ในช่วง 1.35 ± 0.28 ถึง 31.67 ± 0.58 $\mu\text{g/L}$ อย่างไรก็ตามปริมาณไนเตรตของสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทยประเภท 3 และ ประเภท 4 (ไม่เกิน 60 $\mu\text{g/L}$) ปริมาณไนเตรตจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 30 สถานี ใน 3 ฤดูกาล แสดงดังภาพที่ A1.5

4.2.6 ฟอสเฟตในน้ำ

ปริมาณฟอสเฟตในน้ำของสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดของจังหวัดกระบี่มีค่าต่ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.01 ± 0.001 ถึง 3.45 ± 0.15 $\mu\text{g/L}$ ปริมาณฟอสเฟตที่มีค่าสูงกว่า 1.00 $\mu\text{g/L}$ พบใน 2 สถานีเก็บตัวอย่างในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ คือสถานี KB-AN st2 และ KB-NM st3 มีค่าอยู่ระหว่าง 3.45 ± 0.15 และ 1.07 ± 0.11 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ส่วนทุกสถานีสถานีเก็บตัวอย่างของจังหวัดตรัง มีปริมาณฟอสเฟตต่ำกว่า 1.00 $\mu\text{g/L}$ ในขณะที่จังหวัดสตูลมีปริมาณฟอสเฟตค่อนข้างสูง ที่สถานีเก็บตัวอย่าง ST-BB st4 ปริมาณฟอสเฟตเท่ากับ 6.28 ± 4.5 $\mu\text{g/L}$ ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงฤดูร้อนปริมาณฟอสเฟตมีค่าสูงใน 8 สถานี จากทั้งหมด 9 สถานีเก็บตัวอย่าง ยกเว้นสถานี ST-BB st4 โดยปริมาณฟอสเฟตของทั้ง 8 สถานีอยู่ในช่วง 2.27 ± 0.20 – 7.80 ± 2.57 $\mu\text{g/L}$ ผลการศึกษาแสดงปริมาณฟอสเฟตของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูลมีค่าสูงกว่าสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ และจังหวัดตรัง แต่ตลอดช่วงการเก็บตัวอย่างผลของปริมาณฟอสเฟตยังมีค่าต่ำกว่าคุณภาพน้ำทะเลประเทศไทยประเภท 3 และประเภท 4 (ไม่เกิน 45 $\mu\text{g/L}$) ปริมาณฟอสเฟต ใน 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในภาพที่ A1.6

ปริมาณแร่ธาตุ (ไนเตรตและฟอสเฟต) ในน้ำทะเลชายฝั่งเป็นผลมาจากกิจกรรมบนบก การปล่อยของเสียลงสู่ชายฝั่งเป็นแหล่งหลักของมลพิษชายฝั่งจากไนเตรตและฟอสเฟต นอกจากนี้ น้ำที่ไหลผ่านแหล่งเกษตรกรรมจะนำไนเตรตและฟอสเฟตลงสู่ชายฝั่งจำนวนมาก การหมุนเวียนของน้ำจะช่วยลดปริมาณแร่ธาตุบริเวณชายฝั่งลง ขณะที่บริเวณแนวกำบังจะมีปริมาณแร่ธาตุสูง ในบริเวณชายหาดที่มีการปะทะของคลื่นน้อย ปริมาณและการแพร่กระจายของแร่ธาตุจะถูกควบคุมโดยพลังงานคลื่น (Chongprasith and Praekuvanich, 2003; McLachlan and Brown, 2006)

4.2.7 ความขุ่น

ค่าเฉลี่ยความขุ่นของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่อยู่ในช่วง 0.1 ± 0.1 ถึง 35.3 ± 4.5 NTU โดยในฤดูร้อนจะมีค่าความขุ่นสูง ที่สถานีเก็บตัวอย่าง KB-AN st1, KB-AN st2 และ KB-AN st3 ค่าความขุ่นเท่ากับ 35.3 ± 4.5 , 33.0 ± 1.7 และ 32.0 ± 1.0 NTU ตามลำดับในขณะที่

สถานีอื่นมีค่าความขุ่นต่ำกว่า 10.0 NTU สถานีเก็บตัวอย่างในจังหวัดตรังมีค่าความขุ่นโดยเฉลี่ยสูงในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่หาดเจ้าไหม และหาดหยงหลังสถานีเก็บตัวอย่าง TR-CM st1, TR-CM st2, TR-CM st3, TR-YL st1, TR-YL st2 และ TR-YL st3 มีค่าความขุ่นเท่ากับ 84.0 ± 1.5 , 47.1 ± 2.0 , 27.6 ± 2.0 , 19.9 ± 0.6 , 19.9 ± 0.4 และ 21.6 ± 0.8 NTU ตามลำดับ ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีเพียงสถานี TR-PM st1 ที่มีค่าความขุ่นเฉลี่ยสูงเท่ากับ 19.9 ± 2.0 NTU ส่วนในสถานีเก็บตัวอย่างอื่น ๆ ค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 0.6 ± 0.1 - 10.5 ± 2.0 NTU สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูลมีค่าความขุ่นสูง โดยค่าสูงที่สุดพบที่สถานี ST-BB st2 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีค่าความขุ่นเท่ากับ 116.3 ± 2.4 NTU ส่วนสถานีที่มีค่าความขุ่นต่ำพบที่สถานี ST-PR st1 ช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและฤดูร้อนโดยมีค่าความขุ่นเท่ากับ 8.0 ± 2.5 และ 5.9 ± 2.5 NTU ตามลำดับ และที่สถานี ST-BB st2 เท่ากับ 2.9 ± 2.5 NTU ในฤดูร้อน ส่วนค่าความขุ่นที่สถานีเก็บตัวอย่างอื่น ๆ อยู่ในช่วง 19.1 ± 2.8 - 103.6 ± 1.4 NTU ในธรรมชาติความขุ่นเกิดจากการกัดเซาะของดิน น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดิน แพลงก์ตอนสะพรั่ง (algal bloom) และการรบกวนตะกอนพื้นล่าง หากมีค่าความขุ่นสูง การละลายของออกซิเจนจะลดลง (Simeonov et al., 2003) ค่าความขุ่นสูงและการไหลลงของน้ำจืดในชายฝั่งทะเลในช่วงวันและช่วงฤดูกาลที่แตกต่างกัน ทำให้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มีการปรับตัวทางสรีระเพื่อดำรงชีวิตอยู่ (Guevara- Fletcher et al., 2011) ค่าความขุ่นใน 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในภาพที่ A1.7

4.2.8 Biochemical oxygen demand (BOD)

ผลการศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำจากเขตน่าน้ำขึ้นน้ำลงทั้งในจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูลให้ผลการศึกษาที่ใกล้เคียงกัน ที่สถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดจากจังหวัดกระบี่ ค่าเฉลี่ย BOD มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้ง 3 ฤดูกาล โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.5 ± 0.4 - 4.9 ± 0.3 mg/L และที่จังหวัดตรังและจังหวัดสตูลตลอดช่วงการเก็บตัวอย่างมีค่า BOD มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1 ± 0.1 - 5.6 ± 0.3 และ 0.2 ± 0.1 - 4.3 ± 0.2 mg/L ตามลำดับ โดยมีค่า BOD ต่ำกว่า 7 mg/L ซึ่งแสดงปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ แม้ว่าในสถานีเก็บตัวอย่างบางสถานีมีปริมาณออกซิเจนต่ำ แต่มีค่า BOD ต่ำเช่นกัน (<0.1 - 7.5 mg/L) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการรองรับสารอินทรีย์ของชายหาด Ingole and Kadam (2003) เสนอว่าที่ค่า DO สูง (3.8 - 7.8 mg/L) และค่า BOD ต่ำ (<0.1 - 7.5 mg/L) แสดงปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำทะเลบริเวณน้ำขึ้นน้ำลงได้ดี และความสามารถการรองรับปริมาณสารอินทรีย์ของน้ำทะเลชายหาดที่เหมาะสม นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงความขุ่นของโพลีคีตในตะกอนดินเขตน่าน้ำขึ้นน้ำลงมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ BOD แต่การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร (multivariate analyses) แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรกายภาพ-เคมีมีความสัมพันธ์น้อยกว่าตัวแปรทางโครงสร้างของตะกอนดิน (Dorgham et al., 2014) ค่า BOD ใน 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในภาพที่ A1.8

4.3 รายงานผลคุณภาพดินจากสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา

สัตว์หน้าดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับตะกอนดินที่มันอาศัยอยู่ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตหน้าดินกับพื้นทะเลพบว่า สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้อาศัยอยู่บริเวณช่องว่างระหว่างตะกอนดิน โดยการขุดรูหรือสร้างปลอก หรือเคลื่อนที่อย่างอิสระในตะกอนดิน และเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตะกอนดินอย่างต่อเนื่อง (bioturbation) ด้วยการผสม แยก และรวมอนุภาคดินเล็ก ๆ เข้าด้วยกัน โดยการสูบน้ำเข้าและออกจากพื้นทะเล สิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ และกายภาพ-เคมีของตะกอนดินโดยการหมุนเวียนเลือด การหายใจ และการขับถ่าย และในขณะเดียวกันลักษณะของตะกอนก็มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ทั้งในระยะวัยอ่อนและตัวเต็มวัย (Meksumpun and Meksumpun, 1999) ดังนั้นจึงทำการศึกษาคุณสมบัติของดินประกอบด้วย ความเป็นกรด-เบส, ฟอสเฟต, ไนเตรต, ปริมาณสารอินทรีย์ และขนาดอนุภาคดิน ผลการศึกษาตัวแปรของคุณภาพดินดังนี้

4.3.1 ความเป็นกรด-เบส (pH)

ความเป็นกรด-เบสของตะกอนดินในทุกสถานีเก็บตัวอย่างมีค่าต่ำกว่า 7.5 ทุกช่วงฤดูกาล ซึ่งแสดงว่าชนิดของตะกอนดินเกือบทั้งหมดอยู่ในสภาพเป็นกลางถึงเป็นกรด ค่าความเป็นกรด-เบสของสถานีเก็บตัวอย่างทุกสถานีในจังหวัดกระบี่อยู่ในช่วง 5.7 ± 0.3 - 6.8 ± 0.8 ในขณะที่จังหวัดตรังอยู่ในช่วง 5.8 ± 0.6 - 7.3 ± 0.3 ค่าความเป็นกรด-เบสของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล มีค่าค่อนข้างต่ำโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.0 ± 0.5 ถึง 6.8 ± 0.3 ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงความผันแปรระหว่างสถานี จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตหน้าดินด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุเชิงเส้น (stepwise multiple linear regression) ค่าความเป็นกรด-เบสของดินไม่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดัชนีชีวภาพของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ Geetha et al. (2010) รายงานว่าพื้นที่ชะวากทะเลที่มีค่าความผันแปรของความเป็นกรด-เบสในดินสูงมาก จะไม่พบสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้มาทอด ครัสเตเชียน และมอลลัสก์ ซึ่งความผันแปรนี้อาจเกิดจากปริมาณน้ำฝนที่ไหลบ่าลงมาในช่วงฤดูมรสุม ค่าความเป็นกรด-เบสของตะกอนใน 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในภาพที่ A2.1

4.3.2 ไนเตรตในดิน

ปริมาณไนเตรตในตะกอนดินในสถานีเก็บตัวอย่างทุกสถานีของจังหวัดกระบี่อยู่ในช่วง 0.08 ± 0.03 ถึง 9.65 ± 1.38 mg/kg แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตของแต่ละสถานีมีความคล้ายคลึงกัน โดยปริมาณไนเตรตในช่วงฤดูร้อนมีค่าต่ำ แต่ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าสูงกว่ามาก และในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณไนเตรตมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูร้อนเล็กน้อย ส่วนปริมาณไนเตรตที่พบในสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรังมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วง

0.02±0.01 - 0.3±0.16 mg/kg ที่สถานีเก็บตัวอย่าง TR-CM st1 และ TR-YL st3 ช่วงฤดูมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณไนเตรตค่อนข้างสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ในจังหวัดสตูลปริมาณไนเตรตอยู่ในช่วง 0.04±0.04 - 1.85±0.26 mg/kg ปริมาณไนเตรตแสดงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในทุก สถานีเก็บตัวอย่าง และมีค่าสูงขึ้นมากในช่วงฤดูมรสุม ปริมาณไนเตรตของตะกอนดินใน 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในภาพที่ A2.2

แต่ผลการศึกษาไม่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเตรตในตะกอนดินและในน้ำ

4.3.3 ฟอสเฟตในดิน

ปริมาณฟอสเฟตในตะกอนดินของทุกสถานีเก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 0.02 ถึง 5.25±0.64 mg/kg สถานีเก็บตัวอย่างของจังหวัดกระบี่ปริมาณฟอสเฟตค่อนข้างสูงกว่าจังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล ปริมาณฟอสเฟตในตะกอนดินชายหาดจังหวัดกระบี่อยู่ในช่วง 0.12 - 5.25±0.64 mg/kg ในจังหวัดตรังปริมาณฟอสเฟตค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.02 - 2.75±0.21 mg/kg ที่สถานี TR-PM st1 แสดงปริมาณฟอสเฟตสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ผลการศึกษาปริมาณฟอสเฟตในสถานี เก็บตัวอย่างจังหวัดสตูลพบว่ามีค่าความผันแปรสูง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.2±0.02 - 3.57±0.37 mg/kg ปริมาณฟอสเฟตของตะกอนดินใน 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในภาพที่ A2.3

ปริมาณไนเตรตและฟอสเฟตในตะกอนดินแสดงความผันแปรตามฤดูกาล ช่วงฤดูมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ปริมาณไนเตรตและฟอสเฟตของทุกสถานีในจังหวัด กระบี่และจังหวัดสตูลจะมีค่าสูงมาก แม้ว่าบางสถานีในจังหวัดตรังมีปริมาณแร่ธาตุค่อนข้างต่ำ แต่ก็ แสดงความผันแปรระหว่างฤดูกาล

กิจกรรมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในพื้นที่ชายฝั่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุใน ตะกอนดิน โดยสามารถทำให้อัตราส่วน N : P ในตะกอนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนที่ไม่มีสัตว์ หน้าดินขนาดใหญ่ (Karlson et al., 2007) กระบวนการหมุนเวียนแร่ธาตุและการเปลี่ยนจาก สารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์จะละลายผ่านรอยต่อระหว่างตะกอนดินและน้ำ ซึ่งจะขึ้นกับสภาวะ รีดอกซ์ของน้ำบริเวณพื้นทะเลและที่ผิวหน้าตะกอนดิน (Aller, 1994) ดังนั้นสภาวะการหมุนเวียนแร่ ธาตุผ่านวิถีไร้ออกซิเจนจะโดดเด่นกว่าวิถีมีออกซิเจน (Christensen et al., 2000).

4.3.4 ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน

แม้ว่าสารอินทรีย์ในดินจะมีความสำคัญต่อสัตว์หน้าดินเพราะเป็นแหล่งของอาหาร แต่ตะกอนดินที่มีเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์สูง สัตว์หน้าดินที่อาศัยในรูจะไม่สามารถอยู่ได้ ซึ่งสารอินทรีย์ ที่มากเกินไปจะทำความมากชนิด (species richness) และความชุกชุมลดลง การทำงานของ จุลินทรีย์ในตะกอนดินเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์สามารถปล่อยสารพิษและลดปริมาณออกซิเจนใน บริเวณที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาศัยอยู่ได้ (Gray et al., 2002; Hyland et al., 2005) เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของ ปริมาณสารอินทรีย์ในการเก็บตัวอย่างของการศึกษานี้มีความผันแปรตั้งแต่ 0.25±0.01% -

18.18±8.27% เปอร์เซนต์สารอินทรีย์ของตะกอนดินที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดกระบี่มีค่าสูงกว่าสถานีเก็บตัวอย่างในจังหวัดอื่น ๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.77±0.93 - 18.18±8.27% ในขณะที่จังหวัดสตูลมีค่าอยู่ในช่วง 0.59±0.10% - 13.46±0.81% สถานีเก็บตัวอย่างในจังหวัดตรังมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำกว่าจังหวัดกระบี่และจังหวัดสตูล โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.25±0.01 - 9.11±4.26 สถานี KB-AN st2 มีปริมาณสารอินทรีย์สูงสุดในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าเท่ากับ 18.18±8.27% แต่ในสถานีอื่น ๆ มีค่าต่ำกว่า 10% ที่สถานี ST-BB st1 พบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์สูงจากทุกฤดูกาลเช่นกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.62±0.35% - 9.83±2.99% และที่สถานี ST-BB st2 ปริมาณสารอินทรีย์ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าเท่ากับ 7.80±4.83% และ 13.46±0.81% ตามลำดับปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินมีมากในดินเลนซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 0.1% ถึง 30% (Borja et al., 2000) สารอินทรีย์ในตะกอนดินบริเวณปากแม่น้ำมีค่าสูงและลดลงไปตั้งแต่เขตชายฝั่ง (littoral zone) น้ำขึ้นน้ำลง (intertidal zone) และ เขตต่ำกว่าระดับน้ำลงต่ำสุด (subtidal zone) (Colosio et al., 2007) ในการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินทุกสถานีมีค่าค่อนข้างต่ำ ยกเว้นบางฤดูกาลที่สถานี KB-AN st2, TR-CM st1, ST-BB st1 และ ST-BB st2 ซึ่งสถานีดังกล่าวมีเปอร์เซนต์ดินเลนสูง ตะกอนอินทรีย์ที่พบบริเวณชายหาดเกิดจากซากเน่าเปื่อยจากบริเวณชายฝั่ง รวมถึงสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มาจากบนฝั่ง สารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่จะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลงและมาแทรกอยู่ตามตะกอนดิน และสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่จะนำมาใช้ (McLachlan and Brown, 2006) แม้ว่าสารอินทรีย์ในดินจะเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญ แต่ในการศึกษาคั้งนี้ยังไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอินทรีย์และดัชนีชีวภาพอย่างเด่นชัด ปริมาณสารอินทรีย์ของตะกอนดินใน 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในภาพที่ A2.4

4.3.5 ขนาดอนุภาคตะกอนดิน

ขนาดของอนุภาคตะกอนดินใช้วิธีวิเคราะห์และเทียบขนาดตาม Wentworth scale (De Pas et al., 2008; Marine Environmental Laboratory, 1995) ชายหาดที่จังหวัดกระบี่มีขนาดอนุภาค very fine sand ถึง fine sand ทุกสถานีของหาดนพรัตน์ธาราและอ่าวนางมีขนาดอนุภาคดินแบบ very fine sand อย่างเด่นชัด โดยขนาดของอนุภาคที่พบมากที่สุดคือขนาด 0.075 mm ในขณะที่หาดน้ำเมาอนุภาคแบบ fine sand โดยขนาดของอนุภาคที่มีมากที่สุดคือ 0.15 mm ตัวอย่างชายหาดในจังหวัดตรังมีขนาดอนุภาคตะกอนดินแบบ very fine sand จนถึง medium sand ที่ชายหาดปากเมงอนุภาคตะกอนดินที่มีขนาดใหญ่จะอยู่ที่บริเวณตอนต้นและตอนปลายของชายหาด (TR-PM st1, TR-PM st5 และ TR-PM st6) โดยที่อนุภาคดินขนาด 0.3 mm จะมีปริมาณสูงสุด ทุกสถานีเก็บตัวอย่างของหาดเจ้าไหมและหาดหยงหลิงมีอนุภาคแบบ very fine sand ทุกสถานีเก็บตัวอย่างของชายหาดปากบารา จังหวัดสตูลมีอนุภาคดินแบบ fine sand ส่วนทุกสถานีที่หาดปากบางมีขนาดอนุภาคแบบ medium sand ชายหาดที่พบทั้งหมดตามลักษณะของเม็ดทราย

(granulometrical typology) จัดเป็นหาดทราย (sandy beach) ซึ่งมีขนาดของอนุภาคแตกต่างกันตามแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ลักษณะทรายปนเลน (sandy/muddy) สามารถกำหนดได้ตามปริมาณสารอินทรีย์ ซึ่งปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนมีความผันแปรไปตามชายหาด และสถานีเก็บตัวอย่างบางสถานีที่ชายหาดปากบาง และหาดอ่าวนางมีสูงถึง 13% และ 18% ตามลำดับ ซึ่งชายหาดนี้มีลักษณะแบบทรายปนเลน ขนาดของอนุภาคตะกอนดินแสดงในตารางที่ 5 โดยทั่วไปพื้นที่ที่มีดินเลนมาก โครงสร้างของดินจะมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าและมีความหลากหลายทางชีวภาพต่ำ แต่ถ้าพื้นที่ที่มีขนาดอนุภาคตะกอนดินหลากหลายและแตกต่างกันมาก มักจะมีความหลากหลายทางชีวภาพสูงกว่า (Guevara- Fletcher et al., 2011) ซึ่งผลการศึกษาความหลากหลายชนิดพบว่าที่สถานีเก็บตัวอย่าง TR-PM st1, KB-NM st3 และ ST-PR st1 มีค่า richness สูงที่สุดในแต่ละจังหวัด ในขณะที่สถานี TR-YL st3, KB-NT st2 และ ST-BB st6 มีค่าความชุกชุมต่ำที่สุด (ตารางที่ 10) รูปแบบของตะกอนดินมีความสัมพันธ์กับคลื่นและการหมุนเวียนของน้ำ ในบริเวณที่มี find sand และดินเลนสูงจะพบในบริเวณที่มีคลื่นต่ำและในขณะเดียวกันมีปริมาณน้ำจืดมากกว่า (Guevara-Fletcher et al., 2011)

ตารางที่ 5 แสดงขนาดของอนุภาคตะกอนดินของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี

ชื่อหาด	สถานี	ลักษณะตะกอนดินตามขนาด
นพรัตน์ธารา	KB-NT st1	Very fine sand
	KB-NT st2	Very fine sand
	KB-NT st3	Very fine sand
อ่าวนาง	KB-AN st1	Very fine sand
	KB-AN st2	Very fine sand
	KB-AN st3	Very fine sand
น้ำเมา	KB-NM st1	Fine sand
	KB-NM st2	Fine sand
	KB-NM st3	Fine sand
ปากเมง	TR-PM st1	Medium sand
	TR-PM st2	Very fine sand
	TR-PM st3	Very fine sand
	TR-PM st4	Very fine sand
	TR-PM st5	Medium sand
	TR-PM st6	Medium sand

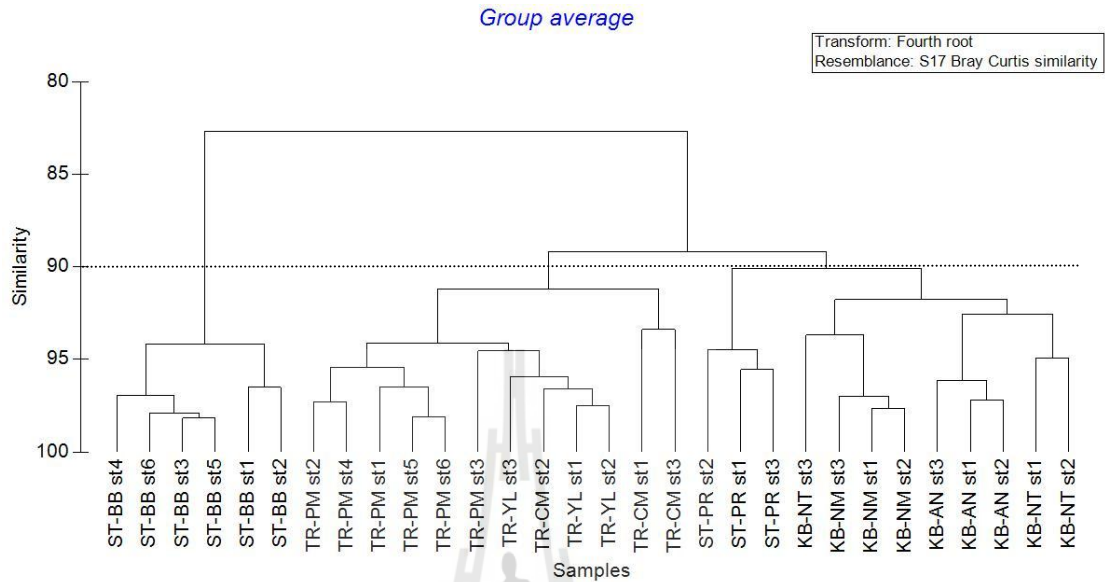
ชื่อหาด	สถานี	ลักษณะตะกอนดินตามขนาด
เจ้าไหม	TR-CM st1	Very fine sand
	TR-CM st2	Very fine sand
	TR-CM st3	Very fine sand
หยงหลิง	TR-YL st1	Very fine sand
	TR-YL st2	Very fine sand
	TR-YL st3	Very fine sand
ปากบารา	ST-PR st1	Fine sand
	ST-PR st2	Fine sand
	ST-PR st3	Fine sand
ปากบาง	ST-BB st1	Medium sand
	ST-BB st2	Medium sand
	ST-BB st3	Medium sand
	ST-BB st4	Medium sand
	ST-BB st5	Medium sand
	ST-BB st6	Medium sand

4.3.6 ความคล้ายคลึงของสถานีเก็บตัวอย่างของตัวแปรทางคุณภาพน้ำและคุณภาพดิน

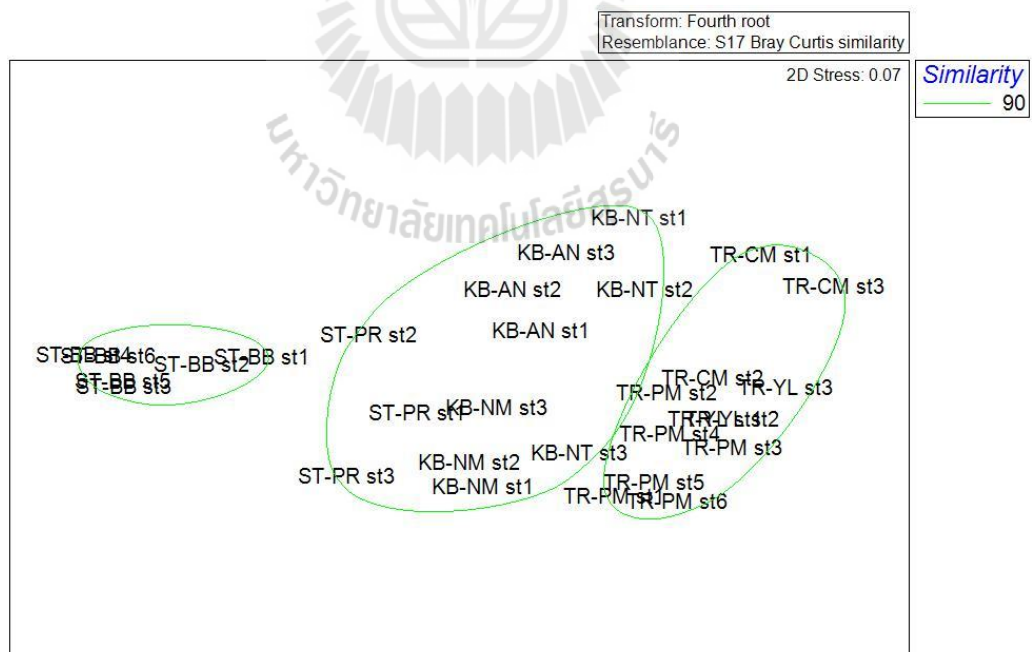
การวิเคราะห์ความคล้ายคลึง (similarity matrix) ของตัวแปรคุณภาพน้ำและคุณภาพดิน ของสถานีเก็บตัวอย่างใช้ cluster analysis และ nonmetric multidimensional scaling (MDS) ตามวิธีของ Bray and Curtis similarity

การจัดกลุ่ม (cluster) ของตัวแปรทางนิเวศ สามารถจัดกลุ่มตัวอย่างได้เป็นสามกลุ่ม ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันที่ 90% โดยกลุ่ม 1 ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่างทุกสถานีจากหาดปากบาง กลุ่ม 2 ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่าง 12 สถานีจากจังหวัดตรัง กลุ่ม 3 แสดงความคล้ายคลึงของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 3 สถานีจากหาดปากบาราและสถานีเก็บตัวอย่างทุกสถานีจากจังหวัดกระบี่ ซึ่งความคล้ายคลึงของดัชนีทางนิเวศของทุกสถานีแสดงความคล้ายคลึงกันสูง (83% similarity) นอกจากนี้ การหาความคล้ายคลึงโดยแปลงค่าทางนิเวศด้วยรากที่สองของแต่ละสถานีแล้วแสดงผลตามผังของ MDS พบว่าสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดถูกจัดกลุ่มได้สามกลุ่ม สนับสนุนผลของการจัดกลุ่มด้วย cluster analysis ข้างต้น ที่ค่า stress 0.07 โดยที่ค่า stress value อยู่ในช่วง 0.05 - 0.10 ให้ผล MDS ระดับดี ผลของความคล้ายคลึง และการจัดกลุ่มโดย MDS แสดงความแตกต่างน้อยในสถานี

เก็บตัวอย่างที่ใกล้กัน ภาพแสดงการจัดกลุ่มความคล้ายคลึงโดย cluster analysis และ MDS ของ ดัชนีทางนิเวศของ 30 สถานีเก็บตัวอย่างแสดงในภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 แสดงการจัดกลุ่ม (cluster analysis) ความคล้ายคลึงกันของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี ด้วยตัวแปรทางนิเวศ



ภาพที่ 8 แสดงการจัดกลุ่มด้วย Two-dimensional MDS จากรากที่สี่ของตัวแปรทางนิเวศของสถานี เก็บตัวอย่าง 30 สถานี (stress value = 0.07)

4.4 ชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในพื้นที่ศึกษาจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 30 สถานี ดำเนินการในช่วงเดือน กันยายน 2555 ถึงเดือนเมษายน 2556 ซึ่งก่อนการศึกษานี้ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในพื้นที่ตอนล่างของชายฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นข้อมูลพื้นฐานของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของชายหาด 8 ชายหาดของจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล

จากสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี พบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทั้งหมด 116 ชนิด โดยจำแนกเป็น 4 ไฟลัม 5 คลาส 20 ออเดอร์ และ 51 วงศ์ ภาพของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทั้งหมดแสดงดังภาคผนวก B จากจำนวนสิ่งมีชีวิตทั้งหมดพบว่าไฟลัม Polychaeta มีจำนวนชนิดมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วย 11 ออเดอร์ 22 วงศ์ และ 65 ชนิด นอกจากนี้ *Petersenaspis* sp. ยังเป็นชนิดที่รายงานครั้งแรกในประเทศไทย (Tantikamton et al., 2015) ไฟลัม Mollusca มีจำนวนชนิดรองลงมา ประกอบด้วย 2 คลาสคือ Bivalvia และ Gastropoda ซึ่งคลาส Bivalvia ประกอบด้วย 3 ออเดอร์ 11 วงศ์ และ 22 ชนิด ในขณะที่คลาส Gastropoda มี 4 ออเดอร์ 9 วงศ์ และ 15 ชนิด ไฟลัม Arthropoda พบเฉพาะคลาส Malacostraca (ซัปไฟลัม Crustacea) ออเดอร์ Decapoda ซึ่งพบอินฟราออเดอร์ Anomura (ปูเสฉวน) และอินฟราออเดอร์ Brachyura (ปู) อินฟราออเดอร์ Anomura มี 3 ชนิด จากวงศ์ Diogenidae และอินฟราออเดอร์ Brachyura มี 10 ชนิดจาก 5 วงศ์ ส่วนจำนวนชนิดที่พบน้อยที่สุดคือไฟลัม Brachiopoda พบเพียงชนิดเดียว (*Lingula* sp.) ในพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล การจำแนกชนิดแสดงดังตารางที่ 6 เมื่อจำแนกชนิดสัตว์หน้าดินที่พบในสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูลพบว่ามีจำนวนชนิดเท่ากับ 65, 72 และ 64 ชนิด ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 7, 8 และ 9

ตารางที่ 6 แสดงการจำแนกชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่จากพื้นที่ศึกษา

Taxa	วงศ์	ลำดับ	ชนิด
Phylum Annelida			
Class Polychaeta			
Orbinida	Orbiniidae	1	<i>Scoloplos (Leodamas) gracilis</i>
		2	<i>Scoloplos (Scoloplos) marsupialis</i>
		3	<i>Scoloplos (Scoloplos) tumidus</i>
		4	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 1</i>
		5	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 2</i>

Taxa	วงศ์	ลำดับ	ชนิด
		6	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 3</i>
Spionida	Spionidae	7	<i>Scolelepis (Scolelepis) sp.</i>
		8	<i>Paraprionospio cf. oceanensis</i>
		9	<i>Paraprionospio sp.</i>
		10	<i>Prionospio (Prionospio) steenstrupi</i>
		11	<i>Dispio laticlamella</i>
	Magellonidae	12	<i>Magelona cf. cincta</i>
		13	<i>Magelona conversa</i>
		14	<i>Magelona sacculata</i>
	Cirratulidae	15	<i>Aphelochaeta sp.</i>
		16	<i>Timarete sp.</i>
		17	<i>Chaetozone sp. 1</i>
		18	<i>Chaetozone sp. 2</i>
		19	<i>Monticellina sp.</i>
Capitellida	Capitellidae	20	<i>Mediomastus sp.</i>
		21	<i>Heteromastus filiformis</i>
		22	<i>Heteromastus sp. 1</i>
		23	<i>Heteromastus sp. 2</i>
		24	<i>Heteromastus sp. 3</i>
		25	<i>Heteromastus sp. 4</i>
		26	<i>Capitellus branchiferus</i>
	Maldanidae	27	<i>Euclymene annandalei</i>
		28	<i>Axiothella obockensis</i>
Opheliida	Opheliidae	29	<i>Ophelina sp. 1</i>
		30	<i>Ophelina sp. 2</i>

Taxa	วงศ์	ลำดับ	ชนิด
		31	<i>Armandia</i> sp.
	Scalibregmatidae	32	<i>Asclerocheilus</i> sp.
Phyllodocida	Phyllodocidae	33	<i>Anaitides</i> sp.
		34	<i>Phyllodoce</i> sp.
		35	<i>Eteone</i> sp.
	Polynoidae	36	<i>Lepidonotus</i> sp.
	Eulepethidae	37	<i>Grubeulepis geayi</i>
	Pisionidae	38	<i>Pisione</i> sp.
	Pilargidae	39	<i>Sigambra pettiboneae</i>
	Nereididae	40	<i>Neanthes caudata</i>
		41	<i>Neanthes</i> sp.
		42	<i>Dendronereis arborifera</i>
		43	<i>Tylonereis heterochaeta</i>
	Glyceridae	44	<i>Glycera alba</i>
		45	<i>Glycera natalensis</i>
		46	<i>Glycera</i> sp.
	Goniadidae	47	<i>Goniadopsis incerta</i>
Amphinomida	Amphinomidae	48	<i>Linopherus canariensis</i>
Eunicida	Onuphidae	49	<i>Diopatra amboinensis</i>
		50	<i>Diopatra semperi</i>
		51	<i>Diopatra sugokai</i>
		52	<i>Diopatra</i> sp. 1
		53	<i>Diopatra</i> sp. 2
	Eunicidae	54	<i>Marphysa macintoshi</i>
	Lumbrineridae	55	<i>Lumbrineris heteropoda</i>

Taxa	วงศ์	ลำดับ	ชนิด
		56	<i>Lumbrineris</i> sp. 1
		57	<i>Lumbrineris</i> sp. 2
		58	<i>Scoletoma</i> sp. 1
		59	<i>Scoletoma</i> sp. 2
		60	<i>Scoletoma</i> sp. 3
Sternaspida	Sternaspidae	61	<i>Sternaspis andamanensis</i>
		62	<i>Petersenaspis</i> sp.
Oweniida	Oweniidae	63	<i>Owenia fusiformis</i>
Terebellida	Terebellidae	64	<i>Lanice conchilega</i>
Sabellida	Sabellidae	65	<i>Chone</i> sp.
Phylum Mollusca			
Class Bivalvia			
Arcoida	Arcidae	1	<i>Anadora granosa</i>
Ostreoida	Propeamussiidae	2	<i>Chlamys</i> sp.
Veneroida	Lucinidae	3	<i>Pillucina</i> sp.
	Mactridae	4	<i>Mactra olorina</i>
		5	<i>Mactra cuneata</i>
	Pharidae	6	<i>Siliqua fasciata</i>
		7	<i>Siliqua radiata</i>
	Tellinidae	8	<i>Tellina</i> sp. 1
		9	<i>Tellina</i> sp. 2
	Donacidae	10	<i>Donax cuneatus</i>
		11	<i>Donax incarnatus</i>
		12	<i>Donax faba</i>
		13	<i>Donax scortum</i>

Taxa	วงศ์	ลำดับ	ชนิด
	Psammobiidae	14	<i>Gari (Psammotaea) elongata</i>
	Corbiculidae	15	<i>Meretrix</i> sp.
	Veneridae	16	<i>Pitar</i> sp.
		17	<i>Anomalocardia squamosa</i>
		18	<i>Paphia gallus</i>
		19	<i>Timoclea scabra</i>
		20	<i>Timoclea imbricata</i>
		21	<i>Circe scripta</i>
	Cardiidae	22	<i>Fragum fragum</i>
Class Gastropoda			
Vestigastropoda	Trochidae	23	<i>Umbonium vestiarium</i>
Vestigastropoda	Neritidae	24	<i>Clithon oualaniensis</i>
Sorbeoconcha	Cerithiidae	25	<i>Cerithium coralium</i>
	Naticidae	26	<i>Natica tigrina</i>
		27	<i>Natica vitellus</i>
		28	<i>Polinices mammilla</i>
	Nassaridae	29	<i>Nassarius pullus</i>
		30	<i>Nassarius livescens</i>
		31	<i>Nassarius jacksonianus</i>
		32	<i>Nassarius stolatus</i>
		33	<i>Nassarius globosus</i>
	Costellariidae	34	<i>Vexillum</i> sp.
	Turridae	35	<i>Turricula javana</i>
	Vitrinellidae	36	<i>Lodderia novemcarinata</i>
Cephalaspidae	Bullidae	37	<i>Atys cylindricus</i>

Taxa	วงศ์	ลำดับ	ชนิด
Phylum Arthropoda			
Subphylum Crustacea			
Class Malacostraca			
Order Decapoda			
Infraorder			
Anomura			
	Diogenidae	1	<i>Diogenes klassi</i>
		2	<i>Diogenes dubius</i>
		3	<i>Diogenes planimanus</i>
Infraorder			
Brachyura			
	Leucosiidae	4	<i>Philyra olivacea</i>
		5	<i>Philyra platycheira</i>
	Matutidae	6	<i>Matuta victor</i>
	Ocypodidae	7	<i>Dotilla intermedia</i>
		8	<i>Dotilla myctiroides</i>
		9	<i>Ocypode macrocera</i>
		10	<i>Ocypode ceratophalma</i>
		11	<i>Scopimera proxima</i>
	Macrothalmidae	12	<i>Macrophthalmus convexus</i>
	Camtandriidae	13	<i>Camptandrium sexdentatum</i>
Phylum Brachiopoda			
Class Lingulata			
Order Lingulida			
	Lingulidae	1	<i>Lingula sp.</i>

ตารางที่ 7 แสดงสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในจังหวัดกระบี่

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด
Polychaeta	Orbiniidae	1	<i>Scoloplos (Leodamas) gracilis</i>
		2	<i>Scoloplos (Scoloplos) marsupialis</i>
		3	<i>Scoloplos (Scoloplos) tumidus</i>
		4	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 2</i>
		5	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 3</i>
		6	<i>Scoelepis (Scoelepis) sp.</i>
	Spionidae	7	<i>Prionospio (Prionospio) steenstrupi</i>
		8	<i>Dispio latilamella</i>
	Magellonidae	9	<i>Magelona conversa</i>
	Cirratulidae	10	<i>Aphelochaeta sp.</i>
	Capitellidae	11	<i>Capitellus branchiferus</i>
	Maldanidae	12	<i>Axiothella obockensis</i>
	Opheliidae	13	<i>Armandia sp.</i>
	Phyllodocidae	14	<i>Anaitides sp.</i>
		15	<i>Phyllodoce sp.</i>
		16	<i>Eteone sp.</i>
	Pisionidae	17	<i>Pisione sp.</i>
	Nereididae	18	<i>Neanthes caudata</i>
		19	<i>Tylonereis heterochaeta</i>
	Glyceridae	20	<i>Glycera alba</i>
		21	<i>Glycera natalensis</i>
		22	<i>Glycera sp.</i>
	Goniadidae	23	<i>Goniadopsis incerta</i>
	Amphinomidae	24	<i>Linopherus canariensis</i>
	Onuphidae	25	<i>Diopatra sugokai</i>
		26	<i>Diopatra sp. 2</i>
	Eunicidae	27	<i>Marphysa macintoshi</i>
	Lumbrineridae	28	<i>Lumbrineris heteropoda</i>
		29	<i>Lumbrineris sp. 2</i>

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด
		30	<i>Scoletoma</i> sp. 2
		31	<i>Scoletoma</i> sp. 3
	Oweniidae	32	<i>Owenia fusiformis</i>
Mollusca	Propeamussiidae	1	<i>Chlamys</i> sp.
	Lucinidae	2	<i>Pillucina</i> sp.
	Mactridae	3	<i>Mactra olorina</i>
	Pharidae	4	<i>Siliqua fasciata</i>
	Donacidae	5	<i>Donax cuneatus</i>
		6	<i>Donax incarnatus</i>
		7	<i>Donax faba</i>
		8	<i>Donax scortum</i>
	Veneridae	9	<i>Anomalocardia squamosa</i>
		10	<i>Paphia gallus</i>
		11	<i>Timoclea scabra</i>
		12	<i>Timoclea imbricata</i>
		13	<i>Circe scripta</i>
	Cerithiidae	14	<i>Cerithium coralium</i>
	Trochidae	15	<i>Umbonium vestiarium</i>
	Cerithiidae	16	<i>Clithon oualaniensis</i>
	Naticidae	17	<i>Natica tigrina</i>
		18	<i>Natica vitellus</i>
	Nassaridae	19	<i>Nassarius pullus</i>
		20	<i>Nassarius livescens</i>
		21	<i>Nassarius jacksonianus</i>
		22	<i>Nassarius stolatus</i>
	Costellariidae	23	<i>Vexillum</i> sp.
	Turridae	24	<i>Turricula javana</i>
Crustacea	Diogenidae	1	<i>Diogenes klassi</i>
		2	<i>Diogenes dubius</i>
	Leucosiidae	3	<i>Philyra platycheira</i>

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด
	Matutidae	4	<i>Matuta victor</i>
	Ocypodidae	5	<i>Dotilla intermedia</i>
		6	<i>Dotilla myctiroides</i>
		7	<i>Ocypode macrocera</i>
		8	<i>Scopimera proxima</i>
	Macrothalmidae	9	<i>Macrophthalmus convexus</i>

ตารางที่ 8 แสดงสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในจังหวัดตรัง

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด	
Polychaeta	Orbiniidae	1	<i>Scoloplos (Leodamas) gracilis</i>	
		2	<i>Scoloplos (Scoloplos) marsupialis</i>	
		3	<i>Scoloplos (Scoloplos) tumidus</i>	
		4	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 1</i>	
		5	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 2</i>	
		6	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 3</i>	
		Spionidae	7	<i>Scoelepis (Scoelepis) sp.</i>
			8	<i>Prionospio (Prionospio) steenstrupi</i>
			9	<i>Dispio latilamella</i>
			10	<i>Magelona conversa</i>
Magellonidae		11	<i>Magelona sacculata</i>	
Cirratulidae		12	<i>Timarete sp.</i>	
		13	<i>Chaetozone sp.1</i>	
		14	<i>Chaetozone sp.2</i>	
		15	<i>Monticellina sp.</i>	
	Capitellidae		16	<i>Heteromastus filiformis</i>
		17	<i>Heteromastus sp.4</i>	
		18	<i>Capitellethus branchiferus</i>	
Maldanidae		19	<i>Axiothella obockensis</i>	
Opheliidae		20	<i>Ophelina sp. 1</i>	
Phyllodocidae		21	<i>Phyllodoce sp.</i>	

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด
		22	<i>Eteone</i> sp.
	Eulepethidae	23	<i>Grubeulepis geayi</i>
	Nereididae	24	<i>Tylonereis heterochaeta</i>
		25	<i>Neanthes caudata</i>
		26	<i>Neanthes</i> sp.
	Glyceridae	27	<i>Glycera alba</i>
		28	<i>Glycera natalensis</i>
		29	<i>Glycera</i> sp.
	Goniadidae	30	<i>Goniadopsis incerta</i>
	Onuphidae	31	<i>Diopatra amboinensis</i>
		32	<i>Diopatra sugokai</i>
	Eunicidae	33	<i>Marphysa macintoshi</i>
	Lumbrineridae	34	<i>Lumbrineris heteropoda</i>
		35	<i>Lumbrineris</i> sp. 1
		36	<i>Lumbrineris</i> sp. 2
		37	<i>Scoletoma</i> sp. 1
		38	<i>Scoletoma</i> sp. 2
		39	<i>Scoletoma</i> sp. 3
	Oweniidae	40	<i>Owenia fusiformis</i>
	Sabellidae	41	<i>Chone</i> sp.
Mollusca	Lucinidae	1	<i>Pillucina</i> sp.
	Mactridae	2	<i>Mactra cuneata</i>
	Pharidae	3	<i>Siliqua radiata</i>
	Tellinidae	4	<i>Tellina</i> sp. 1
		5	<i>Tellina</i> sp. 2
	Donacidae	6	<i>Donax incarnatus</i>
		7	<i>Donax cuneatus</i>
		8	<i>Donax faba</i>
	Corbiculidae	9	<i>Meretrix</i> sp.
	Veneridae	10	<i>Timoclea imbricata</i>

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด
		11	<i>Pitar</i> sp.
	Cardiidae	12	<i>Fragum fragum</i>
	Trochidae	13	<i>Umbonium vestiarium</i>
	Naticidae	14	<i>Natica vitellus</i>
		15	<i>Polinices mammilla</i>
	Nassaridae	16	<i>Nassarius pullus</i>
		17	<i>Nassarius livescens</i>
		18	<i>Nassarius jacksonianus</i>
		19	<i>Nassarius stolatus</i>
	Costellariidae	20	<i>Vexillum</i> sp.
	Turridae	21	<i>Turricula javana</i>
	Vitrinellidae	22	<i>Lodderia novemcarinata</i>
	Bullidae	23	<i>Atys cylindricus</i>
Crustacea	Diogenidae	1	<i>Diogenes klassi</i>
		2	<i>Diogenes dubius</i>
		3	<i>Diogenes planimanus</i>
	Matutidae	4	<i>Matuta victor</i>
	Ocypodidae	5	<i>Dotilla intermedia</i>
		6	<i>Ocypode macrocera</i>
		7	<i>Scopimera proxima</i>
	Macrothalmidae	8	<i>Macrophthalmus convexus</i>

ตารางที่ 9 แสดงสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในจังหวัดสตูล

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด
Polychaeta	Orbiniidae	1	<i>Scoloplos (Scoloplos) tumidus</i>
		2	<i>Scolelepis (Scolelepis) sp.</i>
	Spionidae	3	<i>Paraprionospio cf. oceanensis</i>
		4	<i>Paraprionospio sp.</i>
		5	<i>Prionospio (Prionospio) steenstrupi</i>
	Magellonidae	6	<i>Magelona cf. cincta</i>

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด
	Capitellidae	7	<i>Mediomastus</i> sp.
		8	<i>Heteromastus filiformis</i>
		9	<i>Heteromastus</i> sp. 1
		10	<i>Heteromastus</i> sp. 2
		11	<i>Heteromastus</i> sp. 3
	Maldanidae	12	<i>Euclymene annandalei</i>
	Opheliidae	13	<i>Ophelina</i> sp. 1
		14	<i>Ophelina</i> sp. 2
	Scalibregmatidae	15	<i>Asclerocheilus</i> sp.
	Phyllodocidae	16	<i>Anaitides</i> sp.
		17	<i>Phyllodoce</i> sp.
		18	<i>Lepidonotus</i> sp.
	Pilargidae	19	<i>Sigambra pettiboneae</i>
	Nereididae	20	<i>Neanthes caudata</i>
		21	<i>Dendronereis arborifera</i>
	Glyceridae	22	<i>Glycera alba</i>
		23	<i>Glycera natalensis</i>
		24	<i>Glycera</i> sp.
	Goniadidae	25	<i>Goniadopsis incerta</i>
	Amphinomidae	26	<i>Linopherus canariensis</i>
	Onuphidae	27	<i>Diopatra amboinensis</i>
		28	<i>Diopatra semperi</i>
		29	<i>Diopatra</i> sp. 1
	Lumbrineridae	30	<i>Scoletoma</i> sp. 1
		31	<i>Scoletoma</i> sp. 2
	Sternaspidae	32	<i>Sternaspis andamanensis</i>
		33	<i>Petersenaspis</i> sp.
	Terebellidae	34	<i>Lanice conchilega</i>
Mollusca	Arcidae	1	<i>Anadora granosa</i>
	Tellinidae	2	<i>Tellina</i> sp.1

คลาส	วงศ์	ลำดับที่	ชนิด
		3	<i>Tellina</i> sp. 2
	Donacidae	4	<i>Donax incarnates</i>
		5	<i>Donax faba</i>
	Psammobiidae	6	<i>Gari (Psammotaea) elongata</i>
	Corbiculidae	7	<i>Meretrix</i> sp.
	Veneridae	8	<i>Timoclea scabra</i>
		9	<i>Pitar</i> sp.
	Trochidae	10	<i>Umbonium vestiarium</i>
	Neritidae	11	<i>Clithon oualaniensis</i>
	Naticidae	12	<i>Natica tigrina</i>
		13	<i>Natica vitellus</i>
	Nassaridae	14	<i>Nassarius pullus</i>
		15	<i>Nassarius livescens</i>
		16	<i>Nassarius jacksonianus</i>
		17	<i>Nassarius stolatus</i>
		18	<i>Nassarius globosus</i>
	Turridae	19	<i>Turricula javana</i>
Crustacea	Diogenidae	1	<i>Diogenes klassi</i>
	Leucosiidae	2	<i>Philyra olivacea</i>
	Matutidae	3	<i>Matuta victor</i>
	Ocypodidae	4	<i>Dotilla intermedia</i>
		5	<i>Dotilla myctiroides</i>
		6	<i>Ocypode macrocera</i>
		7	<i>Ocypode ceratophalma</i>
		8	<i>Scopimera proxima</i>
		9	<i>Macrophthalmus convexus</i>
	Macrothalmidae	10	<i>Camptandrium sexdentatum</i>
Brachiopoda	Lingulidae	1	<i>Lingula</i> sp.

4.5 ความชุกชุม ความหลากหลาย และความสม่ำเสมอของสัตว์หน้าดินในพื้นที่ศึกษา

การใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ตรวจสอบคุณภาพตะกอนดินชายหาดเนื่องจากแหล่งอาศัยของสัตว์เหล่านี้สัมพันธ์กับดินโดยตรงและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของชายหาด นอกจากนี้ สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ยังใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาในพื้นที่เก็บตัวอย่างเดียวกันได้ (Pocklington and Wells, 1992) สภาพของชายหาดสามารถประเมินได้จากความหลากหลายทางชีวภาพ (Borja et al., 2008; Borja et al., 2000; Borja et al., 2012) ซึ่งวัดโดยค่าพื้นฐานคือ species richness และ species diversity ดัชนีชีวภาพนี้จะสะท้อนตัวแปรทางนิเวศ ซึ่งหากมี species richness และ species diversity สูง แสดงว่าระบบนิเวศนั้นอยู่ในสภาพดีกว่าระบบนิเวศที่มีความหลากหลายต่ำกว่า ดังนั้นจึงศึกษา species diversity, evenness, richness และ dominant index ของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เพื่อประเมินชายหาดจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล การวิเคราะห์ species richness ใช้สมการ Magalef richness index (D) ซึ่งแสดงจำนวนและชนิดของสิ่งมีชีวิตที่พบในแหล่งนั้น ๆ หากมีค่าสูงแสดงว่ามีความชุกชุมสูง ซึ่งสถานีเก็บตัวอย่าง TR-PM st1 มีจำนวนชนิดสูงสุดเท่ากับ 42 ชนิด มีค่า species richness เท่ากับ 5.80 รองลงมาคือ KB-NM st3 พบ 40 ชนิด แต่ค่า species richness สูงกว่าโดยมีค่าเท่ากับ 6.15 ส่วนสถานีที่พบชนิดสิ่งมีชีวิตน้อยที่สุดคือ TR-YL st3 พบเพียง 5 ชนิดและมีค่า species richness เท่ากับ 0.82 ส่วนสถานีเก็บตัวอย่างที่พบจำนวนชนิดและค่า species richness ต่ำที่สุดคือ KB-NT st2 พบจำนวนชนิดเท่ากับ 14 ชนิดและมีค่า species richness เท่ากับ 2.28 ที่จังหวัดสตูล พบจำนวนชนิดมากที่สุดคือสถานี ST-PR st1 โดยพบ 39 ชนิด และมีค่า species richness สูงที่สุดคือ 6.21 และพบจำนวนชนิดน้อยที่สุดที่สถานี ST-BB st6 จำนวน 14 ชนิด และมีค่า species richness เท่ากับ 2.25

ค่า species diversity ใช้สมการของ Shanon-Weiner diversity index (H) แสดงความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต หากมีค่าสูงจะบ่งชี้พื้นที่อาศัย และมีแหล่งอาหารเหมาะสมสำหรับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ซึ่งผลการศึกษานี้พบว่า ค่า species diversity ที่สูงที่สุดคือ 3.08 ที่สถานี ST-PR ในขณะที่มีค่าน้อยที่สุดที่สถานี TR-YL st3 มีค่า species diversity เท่ากับ 1.30

ค่า evenness ใช้หาความเท่าเทียมกันของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในสถานีที่ศึกษา ซึ่งจะมีผลแปรผกผันกับ species dominance index ที่ใช้อธิบายความเด่นของชนิด ค่าของ evenness ตลอดฤดูกาลมีค่าอยู่ในช่วง 0.53 ถึง 0.95 ในจังหวัดกระบี่ค่า evenness สูงสุดที่สถานี KB-NT st1 (0.88) และมีค่า species dominance ต่ำที่สุด (0.08) ส่วนสถานีที่มีค่า evenness ต่ำสุดอยู่ที่ KB-AN st3 ซึ่งมีค่าความชุกชุมของชนิดสูงสุดด้วย (1,265 ตัว/2.25 m²) และมีค่า species dominance สูงที่สุด (0.19) ส่วนสถานีเก็บตัวอย่างที่จังหวัดตรังแสดงค่า evenness สูง

ที่สุดที่สถานี TR-PM st3 (0.95) และมีค่า species dominance ต่ำสุด (0.05) ที่สถานี TR-PM st4 มีค่า evenness ต่ำที่สุด (0.62) ส่วนค่า species dominance สูงที่สุดที่สถานี TR-YL st1 (0.37) ซึ่งพบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เพียง 9 ชนิด ในจังหวัดสตูล ST-PR st1 มีค่า evenness สูงที่สุด (0.84) ในขณะที่สถานี ST-BB st6 มีค่าต่ำสุด (0.53) ในทางตรงข้ามที่สถานี ST-PR st1 มีค่า species dominance ต่ำสุด (0.06) และที่สถานี ST-BB st6 มีค่าสูงสุด (0.43) ดัชนีชีวภาพของ 30 สถานี ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงความชุกชุม, จำนวนชนิด, species richness (D), species diversity index (H), evenness index (J) และ species dominance index (C) ของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี ตลอด 3 ฤดูกาล

สถานี	ฤดูกาล	ความชุกชุม (ตัว)	จำนวน ชนิด	D	H	J	C
KB-NT st1	SWM	95	7	1.32	1.53	0.79	0.27
	NEM	126	13	2.48	2.26	0.88	0.12
	SM	182	11	1.92	1.94	0.81	0.19
	Y	403	22	3.50	2.72	0.88	0.08
KB-NT st2	SWM	83	5	0.91	1.33	0.82	0.32
	NEM	108	9	1.71	1.95	0.89	0.16
	SM	106	8	1.50	1.82	0.87	0.19
	Y	297	14	2.28	2.16	0.82	0.14
KB-NT st3	SWM	70	8	1.65	1.58	0.76	0.31
	NEM	122	8	1.46	1.95	0.94	0.15
	SM	160	6	0.99	1.38	0.77	0.31
	Y	352	16	2.56	2.29	0.83	0.13
KB-AN st1	SWM	129	10	1.85	1.25	0.54	0.47
	NEM	117	6	1.05	1.51	0.85	0.26
	SM	217	11	1.86	1.81	0.76	0.20
	Y	463	20	3.10	2.32	0.78	0.12

สถานี	ฤดูกาล	ความชุกชุม (ตัว)	จำนวน ชนิด	D	H	J	C
KB-AN st2	SWM	175	10	1.74	1.23	0.53	0.45
	NEM	129	4	0.62	0.76	0.55	0.61
	SM	935	13	1.75	1.70	0.66	0.24
	Y	1239	23	3.09	2.18	0.70	0.15
KB-AN st3	SWM	484	15	2.26	1.42	0.52	0.44
	NEM	80	6	1.14	1.48	0.82	0.25
	SM	701	14	1.98	1.75	0.66	0.20
	Y	1265	24	3.22	2.08	0.65	0.19
KB-NM st1	SWM	47	10	2.34	1.74	0.76	0.26
	NEM	93	6	1.10	1.49	0.83	0.28
	SM	115	15	2.95	2.15	0.79	0.16
	Y	255	22	3.79	2.31	0.75	0.16
KB-NM st2	SWM	182	15	2.69	1.82	0.67	0.26
	NEM	133	14	2.66	2.19	0.83	0.15
	SM	214	12	2.05	2.03	0.82	0.17
	Y	529	26	3.99	2.52	0.77	0.12
KB-NM st3	SWM	192	20	3.61	2.29	0.76	0.14
	NEM	94	13	2.64	2.21	0.86	0.15
	SM	281	24	4.10	2.29	0.72	0.19
	Y	567	40	6.15	2.76	0.75	0.12
TR-PM st1	SWM	375	26	4.25	2.45	0.75	0.15
	NEM	422	21	3.37	1.89	0.62	0.32
	SM	371	22	3.56	2.51	0.81	0.12
	Y	1168	42	5.80	2.76	0.74	0.14

สถานี	ฤดูกาล	ความชุกชุม (ตัว)	จำนวน ชนิด	D	H	J	C
TR-PM st2	SWM	150	14	2.62	2.25	0.85	0.13
	NEM	534	20	3.08	2.14	0.71	0.18
	SM	334	19	3.13	2.42	0.82	0.13
	Y	1018	36	5.05	2.89	0.81	0.08
TR-PM st3	SWM	96	7	1.36	1.73	0.89	0.20
	NEM	232	13	2.28	2.38	0.93	0.09
	SM	127	7	1.34	1.89	0.97	0.10
	Y	455	18	2.78	2.75	0.95	0.05
TR-PM st4	SWM	154	5	0.79	0.70	0.43	0.69
	NEM	48	2	0.26	0.51	0.74	0.67
	SM	159	13	2.37	1.77	0.69	0.29
	Y	361	14	2.21	1.64	0.62	0.30
TR-PM st5	SWM	87	7	1.37	1.65	0.85	0.24
	NEM	71	8	1.70	1.95	0.94	0.14
	SM	351	18	2.97	2.43	0.84	0.10
	Y	509	27	4.17	2.86	0.87	0.07
TR-PM st6	SWM	183	7	1.16	1.55	0.80	0.25
	NEM	23	5	1.31	1.52	0.94	0.23
	SM	366	17	2.75	1.76	0.62	0.27
	Y	572	26	3.94	2.40	0.74	0.14
TR-CM st1	SWM	288	10	2.14	1.50	0.65	0.01
	NEM	43	8	2.00	1.92	0.92	0.11
	SM	31	5	1.16	1.47	0.92	0.25
	Y	362	22	3.56	2.16	0.70	0.01

สถานี	ฤดูกาล	ความชุกชุม (ตัว)	จำนวน ชนิด	D	H	J	C
TR-CM st2	SWM	51	6	1.47	1.48	0.83	0.18
	NEM	78	8	1.68	1.83	0.88	0.16
	SM	51	7	1.60	1.74	0.89	0.17
	Y	180	16	2.89	2.32	0.84	0.12
TR-CM st3	SWM	62	7	1.67	1.64	0.84	0.10
	NEM	52	6	1.38	1.68	0.94	0.12
	SM	39	4	0.82	1.03	0.75	0.46
	Y	153	15	2.78	2.41	0.89	0.08
TR-YL st1	SWM	136	3	0.41	0.43	0.39	0.79
	NEM	28	4	0.97	1.12	0.81	0.37
	SM	53	7	1.59	1.80	0.93	0.17
	Y	217	9	1.49	1.40	0.64	0.37
TR-YL st2	SWM	48	3	0.52	0.78	0.71	0.55
	NEM	50	4	1.00	1.09	0.79	0.06
	SM	64	3	0.49	0.50	0.45	0.74
	Y	162	6	0.98	1.52	0.85	0.22
TR-YL st3	SWM	70	3	0.47	0.83	0.75	0.49
	NEM	41	5	1.16	1.57	0.98	0.15
	SM	23	3	0.64	1.03	0.94	0.37
	Y	134	5	0.82	1.30	0.81	0.32
ST-PR st1	SWM	185	15	2.68	2.39	0.88	0.12
	NEM	93	15	3.09	2.32	0.86	0.15
	SM	176	19	3.48	2.48	0.84	0.12
	Y	454	39	6.21	3.08	0.84	0.06

สถานี	ฤดูกาล	ความชุกชุม (ตัว)	จำนวน ชนิด	D	H	J	C
ST-PR st2	SWM	86	8	1.57	1.81	0.87	0.20
	NEM	134	14	2.65	1.86	0.70	0.27
	SM	43	7	1.60	1.82	0.93	0.18
	Y	263	17	2.87	2.09	0.74	0.19
ST-PR st3	SWM	285	8	1.24	0.87	0.42	0.62
	NEM	75	6	1.16	1.65	0.92	0.21
	SM	112	12	2.33	2.26	0.91	0.12
	Y	472	17	2.60	1.88	0.66	0.29
ST-BB st1	SWM	64	4	0.72	1.05	0.76	0.44
	NEM	257	13	2.16	1.99	0.77	0.20
	SM	172	12	2.14	1.74	0.70	0.28
	Y	493	25	3.87	2.44	0.76	0.13
ST-BB st2	SWM	70	5	0.94	1.07	0.66	0.44
	NEM	274	18	3.03	2.10	0.73	0.20
	SM	121	10	1.88	1.57	0.68	0.30
	Y	465	22	3.42	2.28	0.74	0.15
ST-BB st3	SWM	74	4	0.70	0.82	0.59	0.58
	NEM	254	14	2.35	1.93	0.73	0.23
	SM	163	11	1.96	1.62	0.67	0.33
	Y	491	24	3.71	2.33	0.73	0.15
ST-BB st4	SWM	82	4	0.68	0.50	0.36	0.78
	NEM	407	17	2.66	1.87	0.66	0.28
	SM	73	8	1.63	1.77	0.85	0.23
	Y	562	22	3.32	2.18	0.71	0.19

สถานี	ฤดูกาล	ความชุกชุม (ตัว)	จำนวน ชนิด	D	H	J	C
ST-BB st5	SWM	70	4	0.71	0.78	0.56	0.60
	NEM	210	12	2.06	1.73	0.70	0.25
	SM	234	14	2.38	1.42	0.54	0.43
	Y	514	25	3.84	2.22	0.69	0.18
ST-BB st6	SWM	74	3	0.46	0.58	0.53	0.68
	NEM	153	8	1.39	1.36	0.66	0.34
	SM	95	7	1.32	1.02	0.53	0.56
	Y	322	14	2.25	1.40	0.53	0.43

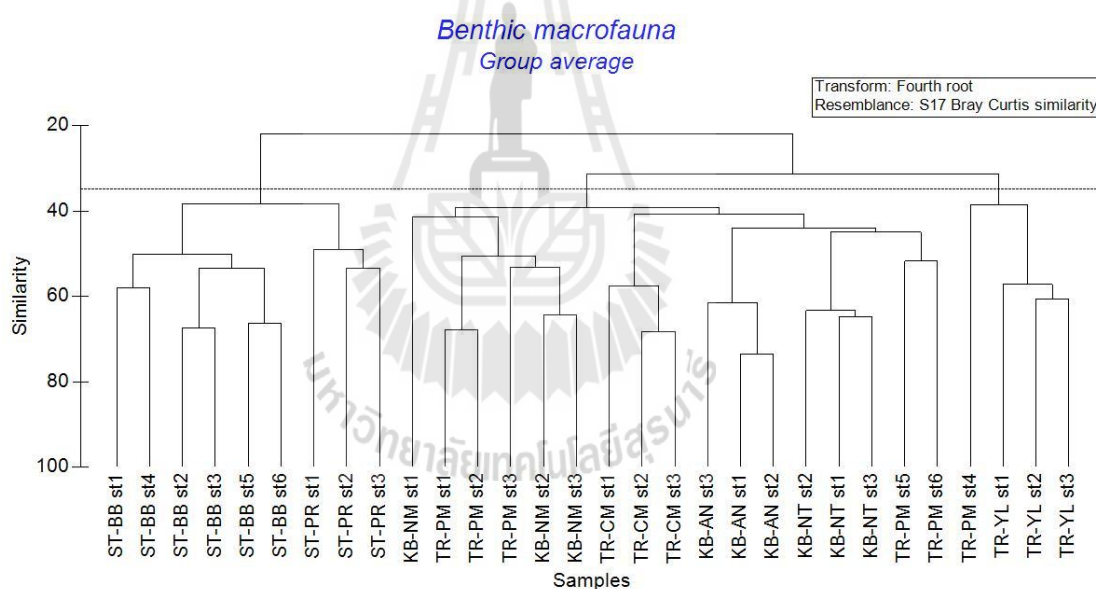
หมายเหตุ: SWM = ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้, NEM = ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ, SM = ฤดูร้อน,
Y = รอบ 1 ปี

4.6 ความคล้ายคลึงกันของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของสถานีที่ศึกษา

ความคล้ายคลึงกันของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ใช้วิธีวิเคราะห์ cluster analysis และ nonmetric multidimensional scaling (MDS) ซึ่งข้อมูลของความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ (ตัว/2.25 m²) จะนำมาหารากที่สองเพื่อลดผลกระทบจากค่าความเด่นของชนิดในสังคม และเลือกวิเคราะห์ความคล้ายคลึงตามสมการของ Bray and Curtis similarity

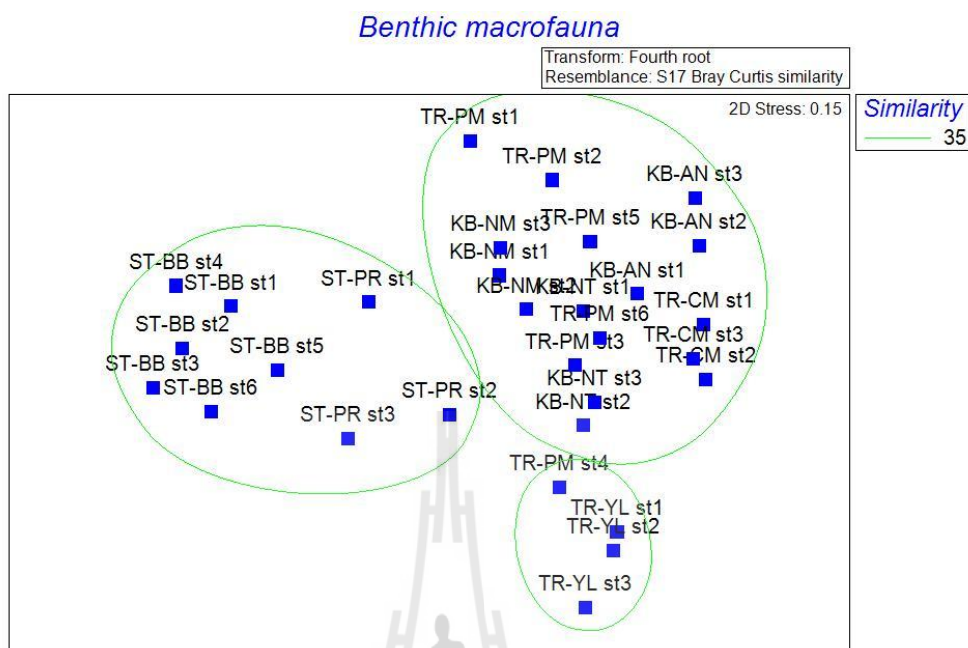
ความคล้ายคลึงกันของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ระหว่างสถานีเก็บตัวอย่างจะสัมพันธ์กับความชุกชุมและจำนวนชนิดที่พบ เมื่อทดสอบด้วยสมการของ Bray and Curtis similarity สามารถสร้างกลุ่มความคล้ายคลึงได้ 3 กลุ่ม ซึ่ง 3 กลุ่มนี้มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ 35% โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่าง 9 สถานีจากจังหวัดสตูล กลุ่ม 2 ประกอบด้วย 17 สถานีจากจังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง กลุ่ม 3 ประกอบด้วยสถานี TR-PM st4, TR-YL st1, TR-YL st2 และ TR-YL st3 จากจังหวัดตรัง ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงว่าสังคมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูลมีลักษณะเดียวกัน แต่แตกต่างจากสถานีเก็บตัวอย่างของจังหวัดกระบี่และจังหวัดตรังซึ่งถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน เมื่อดูผลของการศึกษาชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของจังหวัดสตูลพบว่าชนิดและจำนวนของสัตว์ที่แตกต่างจากพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่และจังหวัดตรัง จากตารางที่ 7, 8 และ 9 แสดงว่าสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่จังหวัดสตูลเหมือนกับจังหวัดกระบี่หรือจังหวัดตรัง 41 ชนิด ในขณะที่จังหวัดกระบี่และจังหวัดตรังมีความเหมือนกันถึง 58 ชนิดส่วนสัตว์

หน้าดินที่พบทั้งในพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูลมีถึง 26 ชนิด ประกอบด้วยโพลีคีต 11 ชนิด มอลลัสก์ 9 ชนิด และ ครัสเตเชียน 6 ชนิด โดยโพลีคีตชนิดที่พบทั้ง 3 จังหวัดประกอบด้วย *Scoloplos (Scoloplos) tumidus*, *Scolelepis (Scolelepis) sp.*, *Prionospio (Prionospio) steenstrupi*, *Phyllodoce sp.*, *Neanthes caudata*, *Glycera alba*, *Glycera natalensis*, *Glycera sp.*, *Goniadopsis incerta*, *Scoletoma sp. 2*, และ *Scoletoma sp. 3*. มอลลัสก์ ประกอบด้วย *Donax incarnatus*, *Donax faba*, *Umbonium vestiarium*, *Natica vitellus*, *Nassarius pullus*, *Nassarius livescens*, *Nassarius jacksonianus*, *Nassarius stolatus* and *Turricula javana* และครัสเตเชียนประกอบด้วย *Diogenes klassi*, *Matuta victor*, *Dotilla intermedia*, *Ocypode macrocera*, *Scopimera proxima* และ *Macrophthalmus convexus* นอกจากนี้ความคล้ายของสังคมสัตว์หน้าดินทั้งหมดมีค่าปานกลางที่ 20% ภาพแสดงการจัดกลุ่มความคล้ายคลึงของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงการจัดกลุ่ม (cluster analysis) ความคล้ายคลึงกันของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี ด้วยสังคมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่

และผลของการจัดกลุ่มด้วย multidimensional scaling (MDS) แสดงการจัดกลุ่มแบบเดียวกับ cluster analysis ที่ความคล้ายคลึงที่ 35% ซึ่งผลของค่า stress ที่คำนวณจาก MDS เท่ากับ 0.15 โดยหากค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.20 มีค่าอยู่ในระดับดีมาก (Clark and Warwick, 2001) ภาพ 2 มิติ แสดงการจัดกลุ่มความคล้ายคลึงของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ ด้วย multidimensional scaling analysis แสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงการจัดกลุ่มด้วย Two-dimensional MDS จากรากที่สองของสังคัมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (stress value = 0.15)

ชนิดและจำนวนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในสถานีเก็บตัวอย่าง TR-PM st4, TR-YL st1, TR-YL st2 และ TR-YL st3 ซึ่งเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และฤดูร้อนแสดงผลแตกต่างจากสถานีเก็บตัวอย่างอื่น ๆ ซึ่งความแตกต่างของสถานีเก็บตัวอย่างอื่น ๆ เกิดจากชนิดและจำนวนที่พบ แต่ใน 4 สถานีดังกล่าวมีจำนวนชนิดที่เก็บตัวอย่างได้น้อยกว่าในสถานีอื่น ๆ นอกจากนี้กลุ่มของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบใน 4 สถานีนี้คือ ครัสเตเชียนมากกว่าสัตว์ในกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งการพบสัตว์หน้าดินน้อยในสถานีเก็บตัวอย่างดังกล่าวไม่พบว่าเป็นผลมาจากมลภาวะของสถานีที่ศึกษา แต่อาจเกิดจากลักษณะทางกายภาพของสถานีที่ศึกษา โดยสถานีทั้ง 4 มีลักษณะเป็นชายหาดเปิดรับการปะทะของคลื่นโดยตรงและมีความชันมากกว่าสถานีอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ได้ (Jaramillo et al., 1995)

4.7 ความสัมพันธ์ของดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับสัตว์หน้าดิน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของชายหาดในประเทศไทยยังมีน้อย การศึกษานี้จึงได้หาความสัมพันธ์ของสังคัมของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลงและตัวแปรทางนิเวศของ 8 ชายหาด โดยการหาปัจจัยหลัก (Principle Component

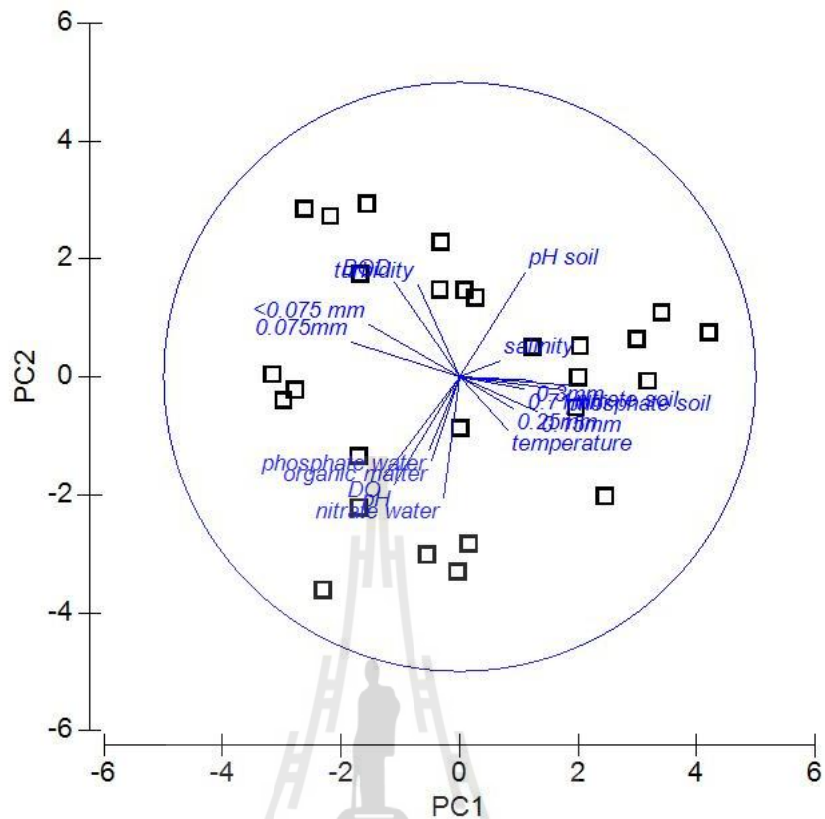
Analysis หรือ PCA) และหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพ (ตัวแปรตาม) และตัวแปรทางสิ่งแวดล้อม (ตัวแปรต้น) ด้วย stepwise linear regression

4.7.1 การวิเคราะห์ปัจจัยหลักด้วย Principal Component Analysis (PCA)

การวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (PCA) เป็นสถิติตัวแปรเชิงพหุที่ใช้หาความสัมพันธ์เชิงเส้นของกลุ่มตัวแปรและสกัดตัวแปรที่ไม่สัมพันธ์ออก (Simeonov et al., 2003) ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของกลุ่มของตัวแปรขนาดใหญ่ด้วยการลดขนาดของกลุ่มให้เล็กลงโดยมีการสูญเสียของข้อมูลเดิมน้อยที่สุด (Singh et al., 2004) ซึ่ง PCA นี้้นำมาประยุกต์ใช้เชิงนิเวศโดยค่าตัวแปรที่นำมาประมวลผลคือ ดัชนีทางนิเวศทั้ง 18 ดัชนี (ตารางที่ 11, 12 และ 13) ตัวแปรทางนิเวศจะถูกแปลงค่าด้วย draftsman plot ก่อนการวิเคราะห์ ซึ่งผลของ PCA ที่ได้ให้ค่าที่ดีที่สุดของความสัมพันธ์ได้หลายแบบ

ผลการศึกษานี้พบว่าปัจจัยทางนิเวศสามารถนำมาหาความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพได้ โดยให้ค่า eigenvalue ที่เหมาะสม โดยปัจจัยที่มีค่า eigenvalue มากกว่า 1 จะนำมาแปรผล (Fabrigar et al., 1999) จากการศึกษาได้ผลปัจจัยที่ดีที่สุดคือ 2 แบบ

ผลการศึกษาตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่แสดงค่า PC1 (eigenvalue = 4.72) ซึ่งอธิบายผลได้สูงสุดที่ 26.1% โดยสัมพันธ์ทางบวกสูงคือปริมาณไนเตรตและฟอสเฟต และสัมพันธ์ทางลบสูงคืออนุภาคตะกอนขนาด 0.075 mm และ <0.075 mm ส่วนอีก 13 ปัจจัยให้สัมพันธ์ปานกลางทั้งทางบวกและลบ แต่ปริมาณไนเตรตใน PC1 นี้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ น้อย ส่วน PC2 แสดงค่าสัมพันธ์ทางบวกสูงคือ ความเป็นกรด-เบสในดิน ความชุ่มชื้น และ BOD ส่วน DO และปริมาณไนเตรตในน้ำมีค่าสัมพันธ์ทางลบสูง และ PC2 สามารถอธิบายผลได้ 20.1% และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางนิเวศและดัชนีความหลากหลายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ด้วย stepwise linear regression ดังตารางที่ 14 ให้ผลสนับสนุน PC1 ซึ่งปริมาณฟอสเฟตในน้ำ ความเค็ม ความชุ่มชื้น ปริมาณไนเตรตในตะกอนดิน และขนาดอนุภาคตะกอน 0.71 mm เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อดัชนีชีวภาพของชายหาดจังหวัดกระบี่ ผลของการวิเคราะห์ PCA ค่า eigenvalue และตัวแปรทั้งหมดแสดงในภาพที่ 11 และตารางที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงปัจจัยหลักด้วยตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ โดยขนาดของเส้นแสดงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบ

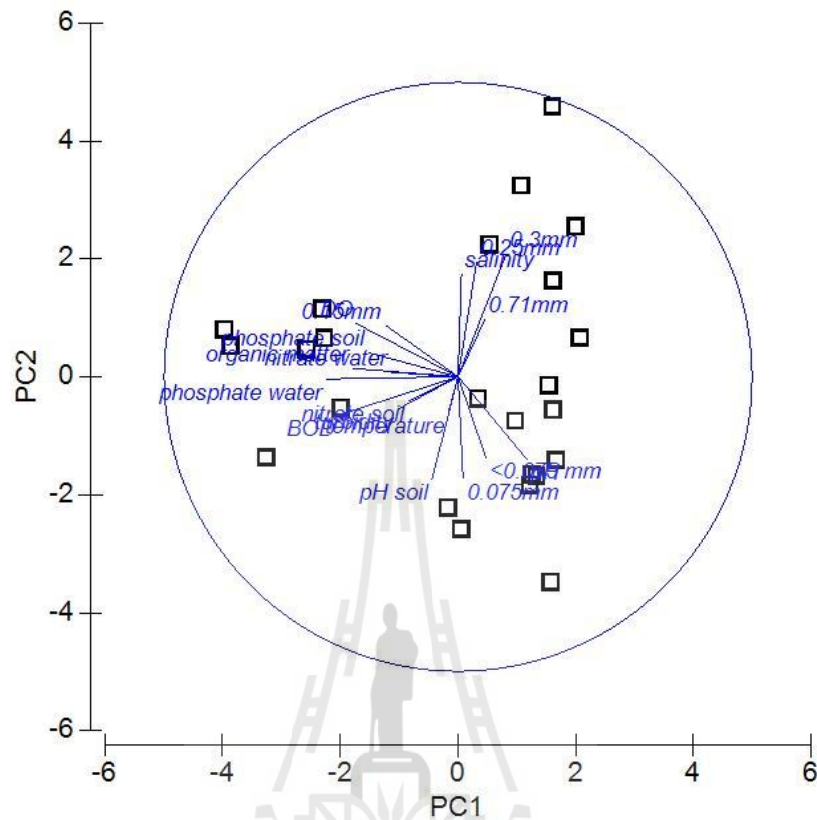
□ = สถานีเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 11 แสดงผลสรุปของสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นของตัวแปรทางนิเวศที่เป็นองค์ประกอบ และค่า eigenvalue ขององค์ประกอบที่ดีที่สุด 2 แบบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดกระบี่

Eigenvectors (ค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบตัวแปรทางนิเวศ)		
ตัวแปร	PC1	PC2
pH in sediment	0.223	0.356
nitrate in sediment	0.375	-0.029
phosphate in sediment	0.350	-0.044
organic matter	-0.094	-0.284
Sediment particle sizes		
0.71mm	0.218	-0.041

Eigenvectors (ค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบตัวแปรทางนิเวศ)		
ตัวแปร	PC1	PC2
0.3 mm	0.245	-0.012
0.25 mm	0.182	-0.109
0.15 mm	0.261	-0.118
0.075 mm	-0.367	0.117
<0.075 mm	-0.307	0.178
pH	-0.224	-0.369
DO	-0.253	-0.338
temperature	0.162	-0.179
salinity	0.135	0.054
nitrate in water	-0.055	-0.413
phosphate in water	-0.103	-0.248
turbidity	-0.140	0.312
BOD	-0.220	0.320
Eigenvalues	4.72	3.63
Variation (%)	26.2	20.1
Cumulative Variation (%)	26.2	46.4

ภาพที่ 12 และตารางที่ 12 แสดงผลสรุปของ PCA ของพื้นที่ศึกษาจังหวัดตรัง โดยรูปแบบความสัมพันธ์องค์ประกอบของตัวแปร PC1 สามารถอธิบายผลได้ 22.5% และมีค่า eigenvalue เท่ากับ 4.06 ปัจจัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ทางลบสูงมี 5 ตัวแปร ได้แก่ ปริมาณฟอสเฟตในดิน ปริมาณสารอินทรีย์ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ปริมาณฟอสเฟตในน้ำ และ BOD ปัจจัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ทางลบและทางบวกต่ำได้แก่ ขนาดอนุภาคตะกอนดิน 0.71 mm, 0.25 mm, 0.075 mm, <0.075 mm และค่าความเค็มของน้ำ ส่วนตัวแปรอื่น ๆ มีสัมประสิทธิ์เป็นบวกและลบปานกลาง ส่วนรูปแบบ PC2 แสดงค่าปัจจัยที่มีสัมประสิทธิ์ทางลบสูงคือ ความเป็นกรด-เบส ในดินและอนุภาคตะกอนดินขนาด 0.075 mm ในขณะที่อนุภาคตะกอนดินขนาด 0.3 mm, 0.25 mm และ ความเค็มมีสัมประสิทธิ์ทางบวกสูง ซึ่งผลของการวิเคราะห์ stepwise linear regression ให้ผลสอดคล้องกับ PC1 และ PC2 โดยปริมาณฟอสเฟตในตะกอนดิน อนุภาคตะกอนดินขนาด 0.3 mm อุณหภูมิและความเค็ม เป็นปัจจัยหลักของพื้นที่ศึกษาจังหวัดตรัง



ภาพที่ 12 แสดงปัจจัยหลักด้วยตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรัง โดยขนาดของเส้น แสดงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบ

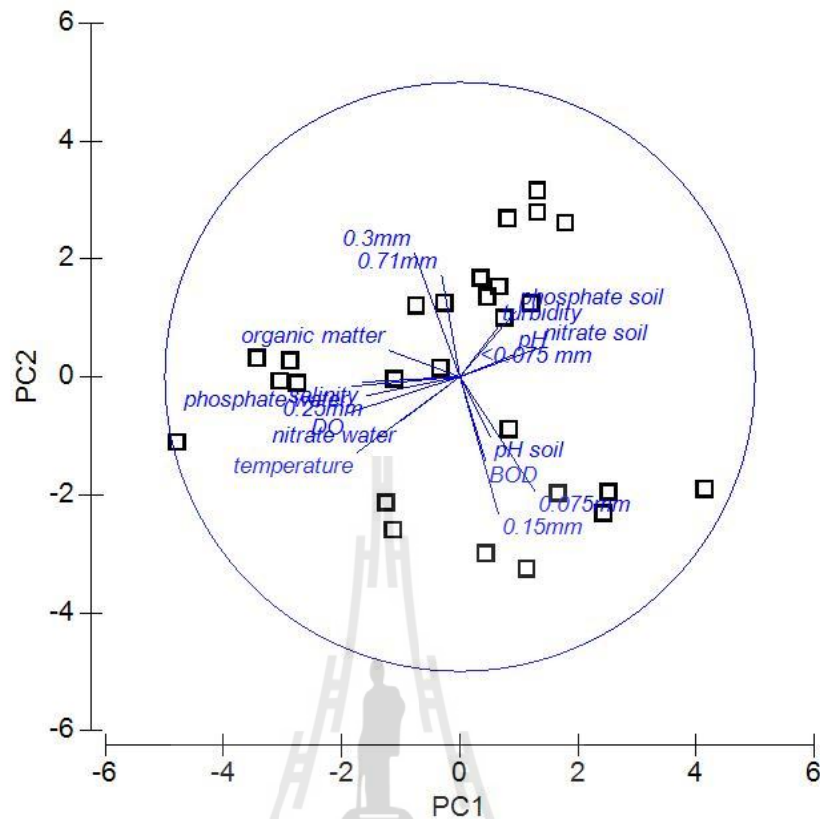
□ = สถานีเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 12 แสดงผลสรุปของสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นของตัวแปรทางนิเวศที่เป็นองค์ประกอบ และค่า eigenvalue ขององค์ประกอบที่ดีที่สุด 2 แบบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดตรัง

Eigenvectors (ค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบตัวแปรทางนิเวศ)		
ตัวแปร	PC1	PC2
pH sediment	-0.089	-0.347
nitrate in sediment	-0.170	-0.083
phosphate in sediment	-0.304	0.081
organic matter	-0.357	0.028
Sediment particle sizes		
0.71 mm	0.091	0.194

Eigenvectors (ค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบตัวแปรทางนิเวศ)		
ตัวแปร	PC1	PC2
0.3 mm	0.164	0.418
0.25 mm	0.062	0.388
0.15 mm	-0.247	0.175
0.075 mm	0.017	-0.345
<0.075 mm	0.094	-0.274
pH	0.234	-0.281
DO	-0.346	0.181
temperature	-0.034	-0.123
salinity	0.012	0.350
nitrate in water	-0.226	0.015
phosphate in water	-0.450	-0.008
turbidity	-0.202	-0.108
BOD	-0.405	-0.130
Eigenvalues	4.06	3.77
Variation (%)	22.5	21.0
Cumulative Variation (%)	22.5	43.5

ผลการศึกษารองคประกอบของตัวแปรทางนิเวศของพื้นที่ศึกษาจังหวัดสตูลแสดงว่า PC1 แสดงปัจจัยที่มีสัมประสิทธิ์ทางลบสูงคือ อนุภาคดินขนาด 0.25 mm ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเค็ม และปริมาณฟอสเฟตในน้ำ ซึ่งอธิบายผลได้ 23.3% และมีค่า eigenvalue เท่ากับ 4.19 ส่วนอนุภาคตะกอนดินขนาด 0.71 mm, <0.075 mm และ BOD เป็นองค์ประกอบรอง และตัวแปรอื่นๆ มีค่าสัมประสิทธิ์ทางลบและทางบวกปานกลาง ผลของการวิเคราะห์ PCA ค่า eigenvalue และตัวแปรทั้งหมดแสดงในภาพที่ 13 และตารางที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงปัจจัยหลักด้วยตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล โดยขนาดของเส้น แสดงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบ

□ = สถานีเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 13 แสดงผลสรุปของสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นของตัวแปรทางนิเวศที่เป็นองค์ประกอบ และค่า eigenvalue ขององค์ประกอบที่ดีที่สุด 2 แบบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดสตูล

Eigenvectors		
(ค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบตัวแปรทางนิเวศ)		
ตัวแปร	PC1	PC2
pH sediment	0.103	-0.205
nitrate in sediment	0.272	0.099
phosphate in sediment	0.189	0.222
organic matter	-0.239	0.089
Sediment particle sizes		
0.71 mm	-0.062	0.346
0.3 mm	-0.154	0.419

Eigenvectors (ค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบตัวแปรทางนิเวศ)		
ตัวแปร	PC1	PC2
0.25 mm	-0.314	-0.063
0.15 mm	0.131	-0.466
0.075 mm	0.253	-0.388
<0.075 mm	0.056	0.024
pH	0.184	0.076
DO	-0.381	-0.124
temperature	-0.350	-0.258
salinity	-0.332	-0.018
nitrate in water	-0.202	-0.152
phosphate in water	-0.367	-0.032
turbidity	0.130	0.170
BOD	0.087	-0.288
Eigenvalues	4.19	3.62
Variation (%)	23.3	20.1
Cumulative variation (%)	23.3	43.3

4.7.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศด้วย stepwise linear regression

สังคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ซับซ้อน ตัวแปรทางนิเวศที่แตกต่างกันจะทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่มีความแตกต่างกันด้วย (Kratzer et al., 2006) ซึ่งการใช้สถิติเชิงพหุในการวิเคราะห์จึงมีความจำเป็น (Koklu et al., 2010) ในการศึกษาที่ใช้ stepwise multiple linear regression ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางนิเวศ (ตัวแปรคุณภาพน้ำ 8 ตัวแปร และตัวแปรคุณภาพดิน 10 ตัวแปร) และดัชนีชีวภาพ (4 ตัวแปร) ตัวแปรทางนิเวศทุกฤดูกาลในแต่ละสถานีจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่ง multiple linear regressions จะจำแนกความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรด้วยค่านัยสำคัญ ($p < 0.05$) หรือนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ซึ่งค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นต้องไม่เท่ากับศูนย์ และเพื่อยืนยันความสัมพันธ์ว่าไม่ได้เกิดจาก autocorrelation จึงทดสอบด้วยค่า Durbin and Watson score

ดัชนีชีวภาพของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทั้ง 4 ดัชนี นำมาทดสอบหาความสัมพันธ์กับปัจจัยทางนิเวศ ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีชีวภาพของสถานีเก็บตัวอย่าง 26 สถานี มีความสัมพันธ์กับตัวแปรทางนิเวศ โดยมีค่า r^2 อยู่ในช่วง 0.199 ถึง 0.745 ตัวแปรคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์ต่อดัชนีชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณฟอสเฟต ปริมาณไนเตรต ความเค็ม อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลาย และความขุ่น ส่วนตัวแปรคุณภาพตะกอนดินที่มีความสัมพันธ์ต่อยังปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณไนเตรต ปริมาณฟอสเฟต ความเป็นกรด-เบส และขนาดของอนุภาคตะกอนดินที่มีความสัมพันธ์ต่อดัชนีชีวภาพ ได้แก่ 0.71 mm, 0.3 mm และ 0.075 mm

สังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของสถานีเก็บตัวอย่างในจังหวัดกระบี่ 4 สมการดังนี้
 สมการ (1) สมการถดถอยระหว่าง species richness (D) และปัจจัยทางนิเวศ ซึ่งสมการนี้อธิบายความสัมพันธ์ของ species richness ว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ แต่ค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ ($r^2=0.199$) และสมการนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้เพราะสามารถอธิบายผลได้เพียง 19% แต่อย่างไรก็ตามค่า p มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 และ 0.02 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทางนิเวศกับดัชนีทางชีวภาพ สมการ (2) อธิบายความสัมพันธ์ของ species diversity (H) ว่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณฟอสเฟตและไนเตรตในน้ำ สมการ (3) แสดงความสัมพันธ์สูง ($r^2 = 0.745$) ระหว่าง evenness index (J) และปัจจัยทางนิเวศโดยมีความสัมพันธ์ทางลบกับขนาดอนุภาคตะกอนดิน 0.71 mm ปริมาณไนเตรตในดิน ปริมาณฟอสเฟตในน้ำและความขุ่น ในขณะที่ความเค็มมีความสัมพันธ์ทางบวก สมการ (4) แสดงความสัมพันธ์ทางบวกระหว่าง species dominance (C) และปริมาณไนเตรต และฟอสเฟตในดินแต่ความเค็มมีความสัมพันธ์ทางลบ ($r^2 = 0.605$) สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศของพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่แสดงดังตารางที่ 14 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศแสดงใน ภาพที่ C1.1(a) - C1.1(k)

ตารางที่ 14 แสดงผลสรุปของสมการ stepwise linear regression ของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและปัจจัยทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่

ดัชนีชีวภาพ	สมการ
D	= 2.821 + 0.253 (DO).....(1) Durbin-Watson score ^a 1.120 r^2 0.199 p 0.000 – 0.020*
H	= 1.908 – 2.920 (Phosphate in water) – 0.33 (Nitrate in water).....(2) Durbin-Watson score ^a 0.939

ดัชนีชีวภาพ	สมการ
	r^2 0.345
	p 0.000 - 0.044*
J	= 1.422 - 0.05 (Sediment particle size 0.71 mm) + 0.73 (salinity) - 0.18 (Nitrate in sediment) - 0.693 (Phosphate in water) - 0.05 (Turbidity).....(3)
	Durbin-Watson score ^a 2.445
	r^2 0.745
	p 0.000 - 0.028*
C	= 1.807 + 1.094 (Phosphate in water) + 0.017 (Nitrate in sediment) - 0.051 (Salinity).....(4)
	Durbin-Watson score ^a 1.353
	r^2 0.605
	p 0.000 - 0.037*

หมายเหตุ : * มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

^a ถ้าค่า Durbin-Watson score อยู่ในช่วง 0.531-2.531 แสดงว่าไม่มี autocorrelation ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ($n=27$) (Montgomery et al., 2001)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศจะไม่นำค่าของสถานี TR-PM st4, TR-YL st1, TR-YL st2 และ TR-YL st3 มาใช้ในสมการ เนื่องจากค่าของทั้ง 4 สถานีไม่แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศด้วยวิธี stepwise regression model ($P > 0.05$) และสังคมของสัตว์หน้าดินก็มีความต่างจากสถานีอื่น ๆ ซึ่งกลุ่มของสัตว์หน้าดินอาจจะได้รับผลจากปัจจัยทางนิเวศอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรที่ศึกษา สมการที่ได้จากการวิเคราะห์ของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรังแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียง 2 สมการ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศพบว่า species richness มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณฟอสเฟตในตะกอนดิน ในขณะที่อนุภาคดินขนาด 0.3 mm มีความสัมพันธ์ทางลบ (สมการ (5), $r^2 = 0.402$, $p = 0.000 - 0.014$) ส่วน species diversity มีความสัมพันธ์ทางบวกกับอุณหภูมิน้ำ และความเค็ม (สมการ (6), $r^2 = 0.553$, $p = 0.000 - 0.001$) แต่ evenness และ species dominance ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรทางนิเวศ ($p > 0.05$) ซึ่งผลการศึกษาพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดตรังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยทางนิเวศเพียงบางดัชนี แม้ไม่รวม

ผลข้อมูลจากสถานี TR-PM st4, TR-YL st1, TR-YL st2 และ TR-YL st3 จากผลการศึกษานี้จำนวนชนิดของสัตว์หน้าดินพบว่าบางสถานีในจังหวัดตรังเมื่อจำนวนชนิดลดลง แต่ค่า evenness และ species dominance ยังคงที่ ซึ่งผลนี้อาจกระทบต่อสมการความสัมพันธ์ สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศของพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดตรังแสดงดังตารางที่ 15 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศแสดงในและภาพที่ C1.2(a) - C1.2(d)

ตารางที่ 15 แสดงผลสรุปของสมการ stepwise linear regression ของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและปัจจัยทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรัง

ดัชนีชีวภาพ	สมการ
D	= 1.456 + 0.780 (Phosphate in sediment) – 0.028 (Sediment size 0.3 mm).....(5) Durbin-Watson score ^a 1.552 r^2 0.402 p 0.000 – 0.014*
H	= – 21.829 + 0.658 (Temperature) + 0.143 (Salinity).....(6) Durbin-Watson score ^a 1.568 r^2 0.553 p 0.000 – 0.001**
J	= --- No statistically significant (p>0.05)
C	= --- No statistically significant (p>0.05)

หมายเหตุ : * มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

^a ถ้าค่า Durbin-Watson score อยู่ในช่วง 0.554-2.554 แสดงว่าไม่มี autocorrelation ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม (n=27) (Montgomery et al., 2001)

สมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยทางนิเวศของพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดัชนี species richness มีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณฟอสเฟตในน้ำ (สมการ (7), $r^2 = 0.411$) ส่วน species diversity และ evenness มี

ความสัมพันธ์ทางบวกกับอนุภาคตะกอนดินขนาด 0.075 mm แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณฟอสเฟตในน้ำ (สมการ (8), $r^2 = 0.629$ และสมการ (9), $r^2 = 0.520$) ส่วนผลของสมการ (10) สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์มีค่าค่อนข้างสูง (0.702) ซึ่งสมการนี้อธิบายความสัมพันธ์ของ species dominance ว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณฟอสเฟตในน้ำและมีความสัมพันธ์ทางลบกับ pH ในตะกอนดิน สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศของพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดตรังแสดงดังตารางที่ 16 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศแสดงในและภาพที่ C1.3(a) - C1.3(g)

ตารางที่ 16 แสดงผลสรุปของสมการ stepwise linear regression ของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและปัจจัยทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล

ดัชนีชีวภาพ	สมการ
D	= 2.066 – 0.027 (Phosphate in water).....(7) Durbin-Watson score ^a 1.748 r^2 0.411 p 0.000**
H	= 1.597 – 0.018 (Phosphate in water) + 0.015 (Sediment size 0.075 mm).....(8) Durbin-Watson score ^a 1.526 r^2 0.629 p 0.000 – 0.011*
J	= 0.685 + 0.06 (Sediment size 0.075) – 0.03 (Phosphate in water)....(9) Durbin-Watson score ^a 2.336 r^2 0.520 p 0.000 – 0.006**
C	= 0.727 + 0.007 (Phosphate in water) – 0.079 (Sediment pH).....(10) Durbin-Watson score ^a 1.760 r^2 0.702 p 0.000 – 0.004**

หมายเหตุ : * มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

^a ถ้าค่า Durbin-Watson score อยู่ในช่วง 0.531-2.531 แสดงว่าไม่มี autocorrelation ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม (n=27) (Montgomery et al., 2001)

4.8 การประยุกต์ใช้ Marine Biotic Index (AMBI) ประเมินคุณภาพชายหาด

การสร้าง AZTI's Marine Biotic Index (AMBI) เริ่มขึ้นเมื่อปี 2543 และหลังจากนั้นไม่กี่ปีก็ได้มีการออกแบบซอฟต์แวร์เพื่อประเมินคุณภาพทางนิเวศของชายฝั่งยุโรป ซึ่งซอฟต์แวร์นี้เดิมทีใช้วิเคราะห์การตอบสนองของสังคมสัตว์ในชายฝั่งต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งโดยธรรมชาติและมนุษย์ทำให้เปลี่ยนแปลงในพื้นที่ชายฝั่งที่เป็นตะกอนดินเลน (Borja et al., 2000; Borja et al., 2008; Borja et al., 2012) การศึกษาของ Borja and Muxika (2005) อ้างว่ามีการประยุกต์ใช้ AMBI ในพื้นที่ต่าง ๆ ดังนี้ มหาสมุทรแอตแลนติก ทะเลบอลติก ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ทะเลนอร์วีเจียน และชายฝั่งทั้งหมดในยุโรป อีกทั้งใช้ในแถบ ฮองกง อูรุกวัย และบราซิล นอกจากนี้ AMBI ยังมีการประยุกต์ใช้ในประเทศไทยเพื่อประเมินคุณภาพชะวากทะเลที่ปากพอง นครศรีธรรมราช โดยใช้ประชาคมโพลีคีต (Nootchareon, 2009) โดยผู้เขียนสรุปว่ากลุ่มสัตว์ชนิดเด่น ชนิดบ่งชี้ และค่า AMBI สามารถใช้ประเมินคุณภาพแม่น้ำปากพองได้

ในการศึกษานี้ใช้ซอฟต์แวร์ เวอร์ชัน 5.0 สำหรับ window 7 ที่ได้มีการปรับปรุงข้อมูลชนิดสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เมื่อเดือนมิถุนายน 2557 เพื่อนำมาประยุกต์ใช้คำนวณและประเมินคุณภาพชายหาด ข้อมูลชนิดและจำนวนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทั้ง 30 สถานี จะถูกป้อนเข้าไปในโปรแกรมเพื่อคำนวณค่า AMBI ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถกำหนดกลุ่มทางนิเวศของสัตว์หน้าดินตามกลุ่มทางนิเวศได้ 5 กลุ่ม คือ กลุ่ม I, กลุ่ม II, กลุ่ม III, กลุ่ม IV และ กลุ่ม V (ตารางที่ 17) และโปรแกรม AMBI สามารถกำหนดกลุ่มของโพลีคีตได้ 58 ชนิด จากทั้งหมด 65 ชนิด ซึ่งการกำหนดกลุ่มทางนิเวศนี้บางชนิดใช้วงศ์เป็นตัวกำหนดกลุ่ม ชนิดของโพลีคีตที่กำหนดไว้ในกลุ่มทางนิเวศ 5 กลุ่ม ประกอบด้วย 15 ชนิดในกลุ่ม I, 19 ชนิดในกลุ่ม II, 8 ชนิดในกลุ่ม III, 15 ชนิดในกลุ่ม IV, 1 ชนิดในกลุ่ม V และอีก 7 ชนิดไม่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม AMBI ส่วนมอลลัสก์ส่วนใหญ่ถูกกำหนดไว้ในกลุ่ม I ซึ่งมี 19 ชนิด ในขณะที่กลุ่ม II มี 11 ชนิด มีเพียงชนิดเดียวที่ถูกกำหนดไว้ในกลุ่ม III และมีอีก 6 ชนิดที่ไม่ได้กำหนดไว้โดยโปรแกรม AMBI แต่โปรแกรมนี้ยังขาดการกำหนดกลุ่มครัสเตเชียนไว้ในกลุ่มทางนิเวศ มีเพียงปูเสฉวนเท่านั้นที่ถูกกำหนดไว้ โดยปูเสฉวน *Diogenes* spp. ทั้ง 3 ชนิด ถูกกำหนดไว้ในกลุ่ม II และนอกจากนี้ brachiopod ยังถูกจัดไว้ในกลุ่ม I ชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดและการกำหนดกลุ่มทางนิเวศตาม AMBI แสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดและการกำหนดกลุ่มทางนิเวศตาม AMBI

No.	ชนิด	การกำหนดกลุ่มตาม AMBI	กลุ่ม
	Polychaetes		
1	<i>Scoloplos (Leodamas) gracilis</i>	<i>Scoloplos</i> sp.	I
2	<i>Scoloplos (Scoloplos) marsupialis</i>	<i>Scoloplos (Scoloplos) marsupialis</i>	I
3	<i>Scoloplos (Scoloplos) tumidus</i>	<i>Scoloplos</i> sp.	I
4	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 1</i>	<i>Scoloplos</i> sp.	I
5	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 2</i>	<i>Scoloplos</i> sp.	I
6	<i>Scoloplos (Scoloplos) sp. 3</i>	<i>Scoloplos</i> sp.	I
7	<i>Magelona cf. cincta</i>	<i>Magelona cincta</i>	I
8	<i>Magelona conversa</i>	Magellonidae	I
9	<i>Magelona sacculata</i>	Magellonidae	I
10	<i>Euclymene annandalei</i>	<i>Euclymene annandalei</i>	I
11	<i>Axiothella obockensis</i>	<i>Axiothella</i> sp.	I
12	<i>Armandia</i> sp.	<i>Armandia</i> sp.	I
13	<i>Grubeulepis geayi</i>	<i>Grubeulepis geayi</i>	I
14	<i>Pisione</i> sp.	<i>Pisione</i> sp.	I
15	<i>Marphysa macintoshi</i>	Eunicidae	I
16	<i>Anaitides</i> sp.	<i>Anaitides</i> sp.	II
17	<i>Phyllodoce</i> sp.	<i>Phyllodoce</i> sp.	II
18	<i>Lepidonotus</i> sp.	<i>Lepidonotus</i> sp.	II
19	<i>Glycera natalensis</i>	Glyceranidae	II
20	<i>Glycera</i> sp.	<i>Glycera</i> sp.	II
21	<i>Diopatra amboinensis</i>	<i>Diopatra amboinensis</i>	II
22	<i>Diopatra semperi</i>	Onuphidae	II
23	<i>Diopatra sugokai</i>	Onuphidae	II
24	<i>Diopatra</i> sp. 1	Onuphidae	II
25	<i>Diopatra</i> sp. 2	Onuphidae	II
26	<i>Lumbrineris heteropoda</i>	<i>Lumbrineris heteropoda</i>	II

No.	ชนิด	การกำหนดกลุ่มตาม AMBI	กลุ่ม
27	<i>Lumbrineris</i> sp. 1	<i>Lumbrineris</i> sp.	II
28	<i>Lumbrineris</i> sp. 2	<i>Lumbrineris</i> sp.	II
29	<i>Scoletoma</i> sp. 1	<i>Scoletoma</i> sp.	II
30	<i>Scoletoma</i> sp. 2	<i>Scoletoma</i> sp.	II
31	<i>Scoletoma</i> sp. 3	<i>Scoletoma</i> sp.	II
32	<i>Owenia fusiformis</i>	<i>Owenia fusiformis</i>	II
33	<i>Lanice conchilega</i>	<i>Lanice conchilega</i>	II
34	<i>Chone</i> sp.	<i>Chone</i> sp.	II
35	<i>Scolelepis (Scolelepis)</i> sp.	<i>Scolelepis</i> sp.	III
36	<i>Dispio latilamella</i>	<i>Dispio</i> sp.	III
37	<i>Mediomastus</i> sp.	<i>Mediomastus</i> sp.	III
38	<i>Asclerocheilus</i> sp.	<i>Asclerocheilus</i> sp.	III
39	<i>Eteone</i> sp.	<i>Eteone</i> sp.	III
40	<i>Neanthes</i> sp.	<i>Neanthes</i> sp.	III
41	<i>Tylonereis heterochaeta</i>	<i>Tylonereis</i> sp.	III
42	<i>Sternaspis andamanensis</i>	<i>Sternaspis</i> sp.	III
43	<i>Paraprionospio</i> cf. <i>oceanensis</i>	<i>Paraprionospio oceanensis</i>	IV
44	<i>Paraprionospio</i> sp.	<i>Paraprionospio</i> sp.	IV
45	<i>Prionospio (Prionospio) steenstrupi</i>	<i>Prionospio steenstrupi</i>	IV
46	<i>Aphelochaeta</i> sp.	<i>Aphelochaeta</i> sp.	IV
47	<i>Timarete</i> sp.	<i>Timarete</i> sp.	IV
48	<i>Chaetozone</i> sp. 1	Cirratulidae	IV
49	<i>Chaetozone</i> sp. 2	Cirratulidae	IV
50	<i>Monticellina</i> sp.	<i>Monticellina</i> sp.	IV
51	<i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Heteromastus filiformis</i>	IV
52	<i>Heteromastus</i> sp. 1	<i>Heteromastus</i> sp.	IV
53	<i>Heteromastus</i> sp. 2	<i>Heteromastus</i> sp.	IV
54	<i>Heteromastus</i> sp. 3	<i>Heteromastus</i> sp.	IV
55	<i>Heteromastus</i> sp. 4	<i>Heteromastus</i> sp.	IV
56	<i>Neanthes caudata</i>	<i>Neanthes caudata</i>	IV

No.	ชนิด	การกำหนดกลุ่มตาม AMBI	กลุ่ม
57	<i>Glycera alba</i>	<i>Glycera alba</i>	IV
58	<i>Capitellus branchiferus</i>	Capitellidae	V
59	<i>Ophelina</i> sp. 1	No assigned	-
60	<i>Ophelina</i> sp. 2	No assigned	-
61	<i>Sigambra pettiboneae</i>	No assigned	-
62	<i>Dendronereis arborifera</i>	No assigned	-
63	<i>Goniadopsis incerta</i>	No assigned	-
64	<i>Linopherus canariensis</i>	No assigned	-
65	<i>Peternaspis</i> sp.	No assigned	-
	Mollusks		
1	<i>Pillucina</i> sp.	Lucinidae	I
2	<i>Mactra olorina</i>	Mactridae	I
3	<i>Mactra cuneata</i>	Mactridae	I
4	<i>Siliqua fasciata</i>	Pharidae	I
5	<i>Siliqua radiata</i>	Pharidae	I
6	<i>Tellina</i> sp. 1	Tellinidae	I
7	<i>Tellina</i> sp. 2	Tellinidae	I
8	<i>Donax cuneatus</i>	<i>Donax</i> sp.	I
9	<i>Donax incarnatus</i>	<i>Donax</i> sp.	I
11	<i>Donax faba</i>	<i>Donax</i> sp.	I
12	<i>Donax scortum</i>	<i>Donax</i> sp.	I
13	<i>Gari (Psammotaea) elongata</i>	Psammobiidae	I
14	<i>Meretrix</i> sp.	<i>Meretrix</i> sp.	I
15	<i>Anomalocardia squamosa</i>	Veneridae	I
16	<i>Paphia gallus</i>	<i>Paphia gallus</i>	I
17	<i>Timoclea scabra</i>	Veneridae	I
18	<i>Timoclea imbricata</i>	Veneridae	I
19	<i>Circe scripta</i>	Veneridae	I
20	<i>Turricula javana</i>	<i>Turricula javana</i>	I
21	<i>Pitar</i> sp.	<i>Pitar</i> sp.	II

No.	ชนิด	การกำหนดกลุ่มตาม AMBI	กลุ่ม
22	<i>Umbonium vestiarius</i>	<i>Umbonium vestiarius</i>	II
23	<i>Cerithium coralium</i>	<i>Cerithium</i> sp.	II
24	<i>Natica tigrina</i>	<i>Natica tigrina</i>	II
25	<i>Natica vitellus</i>	<i>Natica vitellus</i>	II
26	<i>Polinices mammilla</i>	Naticidae	II
27	<i>Nassarius pullus</i>	<i>Nassarius</i> sp.	II
28	<i>Nassarius livescens</i>	<i>Nassarius</i> sp.	II
29	<i>Nassarius jacksonianus</i>	<i>Nassarius</i> sp.	II
30	<i>Nassarius stolatus</i>	<i>Nassarius</i> sp.	II
31	<i>Nassarius globosus</i>	<i>Nassarius</i> sp.	II
32	<i>Fragum fragum</i>	Cardiidae	III
33	<i>Anadora granosa</i>	No assigned	-
34	<i>Chlamys</i> sp.	No assigned	-
35	<i>Clithon oualaniensis</i>	No assigned	-
36	<i>Vexillum</i> sp.	No assigned	-
37	<i>Lodderia novemcarinata</i>	No assigned	-
38	<i>Atys cylindricus</i>	No assigned	-
	Crustaceans		
1	<i>Diogenes klassi</i>	<i>Diogenes</i> sp.	II
2	<i>Diogenes dubius</i>	<i>Diogenes</i> sp.	II
3	<i>Diogenes planimanus</i>	<i>Diogenes</i> sp.	II
4	<i>Philyra olivacea</i>	No assigned	-
5	<i>Philyra platycheira</i>	No assigned	-
6	<i>Matuta victor</i>	No assigned	-
7	<i>Dotilla intermedia</i>	No assigned	-
8	<i>Dotilla myctiroides</i>	No assigned	-
9	<i>Ocypode macrocera</i>	No assigned	-
10	<i>Ocypode ceratophthalma</i>	No assigned	-
11	<i>Scopimera proxima</i>	No assigned	-
12	<i>Macrophthalmus convexus</i>	No assigned	-

No.	ชนิด	การกำหนดกลุ่มตาม AMBI	กลุ่ม
13	<i>Camptandrium sexdantatum</i> Brachiopods	No assigned	-
1	<i>Lingula</i> sp.	<i>Lingula</i> sp.	I

จากการกำหนดกลุ่มข้างต้น สังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของการศึกษานี้สามารถใช้ได้กับสถานีเก็บตัวอย่าง 26 สถานี เนื่องจากสถานี TR-PM st4, TR-YL st1, TR-YL st2 และ TR-YL st3 พบตัวอย่างน้อยและไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ด้วยโปรแกรม AMBI ถ้าค่า AMBI ต่ำแสดงถึงพบสัตว์หน้าดินกลุ่มที่มีความไวต่อสิ่งแวดล้อมมาก และแสดงถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมดี และในทางตรงข้ามค่า AMBI ที่มีค่าสูงจะสัมพันธ์กับการพบกลุ่มสัตว์หน้าดินที่มีความทนทานสูง และคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่ำ ส่วนค่า M-AMBI เป็นการคำนวณค่าให้ง่ายขึ้น โดยมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 การแปลผลค่า AMBI ในโปรแกรมนี้เป็นดังนี้ ค่าระหว่าง 0 - 1 = ไม่ถูกรบกวน/ไม่มีมลพิษ (undisturbed/unpolluted), 2 - 3 = ถูกรบกวนเพียงเล็กน้อย/มีมลพิษเพียงเล็กน้อย (slightly disturbed/slightly polluted), 4 - 5 = ถูกรบกวนปานกลาง/มีมลพิษปานกลาง (moderately disturbed/meanly polluted), 6 = ถูกรบกวนมาก/มีมลพิษมาก (heavily disturbed/heavily polluted), 7 = ถูกรบกวนรุนแรง/มีมลพิษรุนแรง (extremely disturbed/ extremely polluted) ผลการวิเคราะห์ค่า AMBI พบว่าค่าเฉลี่ย AMBI ของสถานีเก็บตัวอย่างอยู่ระหว่าง 0.49 - 2.32 (ตารางที่ 19) ค่าเหล่านี้สามารถแปลผลสภาพแวดล้อมของสถานีเก็บตัวอย่างได้ว่าอยู่ในระดับไม่มีการรบกวน (undisturbed) ถึงมีการรบกวนเพียงเล็กน้อย (slightly disturbed) สำหรับผลของฤดูกาลพบว่าสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล แต่กลุ่มทางนิเวศยังคงอยู่ในกลุ่ม I และกลุ่ม II สถานีเก็บตัวอย่างในจังหวัดตรังบางฤดูกาลพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของชนิดสัตว์หน้าดินกลุ่ม IV สูง ยกเว้นที่สถานี TR-PM st1 นอกจากนี้ที่สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ (KB-NT st3) และในบางฤดูกาลที่สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล 2 สถานี (ST-PR st1 และ ST-BB st2) มีเปอร์เซ็นต์สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในกลุ่ม IV สูง สถานีเก็บตัวอย่าง KB-NM st1 และ KB-NM st3 ของหาดน้ำเมา และสถานี TR-PM st1, TR-PM st2 และ TR-PM st6 ของหาดปากเมง พบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในกลุ่ม V ซึ่งชนิดที่พบนี้จัดเป็นชนิดฉวยโอกาส (first-order opportunistic species) การรบกวนตะกอนดินในพื้นที่มักทำให้เกิดการแพร่กระจายของกลุ่มฉวยโอกาส อันเนื่องจากการแก่งแย่งในพื้นที่ลดลง (McLachlan and Brown, 2006) แม้จะพบกลุ่มสัตว์หน้าดินในกลุ่ม V แต่ผลการศึกษานี้พบกลุ่มฉวยโอกาสนี้จำนวนน้อยและพบกลุ่มที่มีความไวต่อสิ่งแวดล้อมจำนวนมากว่า เปอร์เซ็นต์ชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ตามกลุ่มทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่าง 26 สถานีตลอด 3 ฤดูกาลแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงเปอร์เซ็นต์ชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ตามกลุ่มทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่าง 26 สถานีตลอด 3 ฤดูกาล

สถานี	ฤดูกาล	กลุ่มทางนิเวศ				
		I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)
KB-NT st1	SWM	74.1	0.0	11.1	14.8	0.0
	NEM	34.0	56.6	0.0	9.4	0.0
	SM	74.1	12.4	1.8	11.8	0.0
KB-NT st2	SWM	52.3	0.0	15.9	31.8	0.0
	NEM	50.6	35.3	0.0	14.1	0.0
	SM	34.0	41.2	0.0	24.7	0.0
KB-NT st3	SWM	43.3	0.0	26.7	30.0	0.0
	NEM	52.5	28.8	0.0	18.8	0.0
	SM	92.4	0.0	0.0	7.6	0.0
KB-AN st1	SWM	69.8	11.9	4.8	13.5	0.0
	NEM	67.0	20.0	0.0	13.0	0.0
	SM	60.7	26.7	0.0	12.6	0.0
KB-AN st2	SWM	86.0	0.0	7.0	7.0	0.0
	NEM	91.5	2.3	0.0	6.2	0.0
	SM	55.4	44.6	0.0	0.0	0.0
KB-AN st3	SWM	87.5	10.2	0.0	2.3	0.0
	NEM	62.8	21.8	0.0	15.4	0.0
	SM	80.7	18.5	0.0	0.7	0.0
KB-NM st1	SWM	73.2	17.1	2.4	7.3	0.0
	NEM	65.6	11.8	5.4	17.2	0.0
	SM	58.7	25.0	0.0	5.8	10.6
KB-NM st2	SWM	7.9	82.8	1.3	7.9	0.0
	NEM	65.6	32.0	0.0	2.5	0.0
	SM	52.7	37.9	0.0	9.3	0.0
KB-NM st3	SWM	32.4	58.4	0.0	2.2	7.0
	NEM	58.2	26.6	8.9	6.3	0.0

สถานี	ฤดูกาล	กลุ่มทางนิเวศ				
		I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)
	SM	30.9	56.9	0.7	7.8	3.7
TR-PM st1	SWM	41.9	30.4	1.8	10.0	15.9
	NEM	80.3	18.1	1.6	0.0	0.0
	SM	23.5	68.1	0.6	6.8	1.0
TR-PM st2	SWM	17.1	71.4	2.9	5.7	2.9
	NEM	35.9	55.4	2.2	6.6	0.0
	SM	20.3	43.5	5.2	28.4	2.6
TR-PM st3	SWM	27.1	57.6	0.0	15.3	0.0
	NEM	46.5	40.8	1.3	11.4	0.0
	SM	47.7	0.0	20.9	31.4	0.0
TR-PM st5	SWM	63.5	11.5	7.7	17.3	0.0
	NEM	51.9	11.5	26.9	9.6	0.0
	SM	42.2	29.0	4.0	24.7	0.0
TR-PM st6	SWM	84.7	0.0	3.2	12.1	0.0
	NEM	26.1	73.9	0.0	0.0	0.0
	SM	12.1	38.9	1.4	46.6	1.1
TR-CM st1	SWM	81.9	14.9	0.0	3.1	0.0
	NEM	40.5	37.8	5.4	16.2	0.0
	SM	7.7	46.2	0.0	46.2	0.0
TR-CM st2	SWM	52.2	2.2	0.0	45.7	0.0
	NEM	17.9	42.3	0.0	39.7	0.0
	SM	31.1	35.6	0.0	33.3	0.0
TR-CM st3	SWM	45.6	54.4	0.0	0.0	0.0
	NEM	32.6	21.7	0.0	45.7	0.0
	SM	0.0	24.2	0.0	75.8	0.0
ST-PR st1	SWM	38.3	22.5	5.8	33.3	0.0
	NEM	7.2	79.7	0.0	13.0	0.0
	SM	24.5	44.0	20.8	10.7	0.0
ST-PR st2	SWM	69.8	24.5	0.0	5.7	0.0

สถานี	ฤดูกาล	กลุ่มทางนิเวศ				
		I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)
ST-PR st3	NEM	39.7	38.1	1.6	20.6	0.0
	SM	46.9	37.5	0.0	15.6	0.0
	SWM	80.6	0.0	0.0	19.4	0.0
ST-BB st1	NEM	76.1	16.9	0.0	7.0	0.0
	SM	42.2	26.7	20.0	11.1	0.0
	SWM	81.3	18.8	0.0	0.0	0.0
ST-BB st2	NEM	9.4	43.4	7.8	39.3	0.0
	SM	59.9	14.3	25.9	0.0	0.0
	SWM	60.0	28.6	8.6	2.9	0.0
ST-BB st3	NEM	19.3	63.7	6.7	10.4	0.0
	SM	51.3	21.4	18.8	8.5	0.0
	SWM	78.4	13.5	8.1	0.0	0.0
ST-BB st4	NEM	24.4	69.5	0.0	6.1	0.0
	SM	14.6	72.9	9.0	3.5	0.0
	SWM	87.8	2.4	6.1	3.7	0.0
ST-BB st5	NEM	42.3	20.2	16.1	21.4	0.0
	SM	4.4	82.4	13.2	0.0	0.0
	SWM	91.7	0.0	8.3	0.0	0.0
ST-BB st6	NEM	33.6	64.7	0.9	0.9	0.0
	SM	72.8	17.4	2.3	7.5	0.0
	SWM	81.1	14.9	0.0	4.1	0.0
	NEM	76.0	13.0	0.0	11.0	0.0
	SM	82.2	11.1	6.7	0.0	0.0

หมายเหตุ : SWM = ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้, NEM = ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ, SM = ฤดูร้อน

จากการประยุกต์ใช้สังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เพื่อประเมินคุณภาพชายหาด ผลการศึกษาสามารถจำแนกสถานภาพทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม I (undisturbed habitat) ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่าง 11 สถานี กลุ่ม II ประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัด

ตรังทั้งหมด และสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่และสตูลบางสถานี (ตารางที่ 19 ภาพที่ 14a, 14b และ 14c) การศึกษาของ Weisberg et al. (1997) ระบุว่าสังคมสัตว์หน้าดินตอบสนองต่อคุณภาพของแหล่งอาศัยเมื่อมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อม ใน 3 ขั้นตอนคือ 1) ความชุกชุมเพิ่มขึ้น 2) ความหลากหลายเพิ่มขึ้น 3) สัตว์ชนิดเด่นเปลี่ยนจากกลุ่มที่ทนทานต่อมลพิษเปลี่ยนเป็นกลุ่มที่มีความไวต่อมลพิษ กลุ่มสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในการศึกษานี้ส่วนใหญ่พบในกลุ่ม I และกลุ่ม II และผลของตัวแปรคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย ดังนั้นผลการประเมินคุณภาพชายหาดทางเคมีและสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่จึงมีความสอดคล้องกัน แต่อย่างไรก็ตามบางสถานีพบสัตว์หน้าดินกลุ่มคริสต์เตียนมาก แต่ก็ไม่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม AMBI และโพลีคีตบางชนิดที่พบมากในจังหวัดสตูล เช่น *Dendronereis arborifera* ไม่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมเช่นกัน ซึ่งผลนี้อาจทำให้เกิดการแปลผลผิดพลาดได้ (minor misinterpretation) ดังนั้นเพื่อการแปลผลที่สมบูรณ์และเพื่อการติดตามตรวจสอบในระยะยาว กลุ่มของคริสต์เตียนควรนำมาใช้ในการประเมินชายหาดด้วย แม้ว่าการใช้ค่า AMBI สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสังคมสัตว์หน้าดินที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม แต่ค่า AMBI นั้นได้จากการแปลผลชนิดสัตว์ที่พบในน้ำน้าแถบยุโรปมากกว่าแถบเอเชีย ดังนั้นการศึกษาและกำหนดกลุ่มทางนิเวศของสัตว์หน้าดินควรใช้สัตว์ในสภาพแวดล้อมที่มีอยู่เดิมในถิ่นนั้นและกำหนดกลุ่มทางนิเวศของพื้นที่เอง (Borja et al., 2012) เป็นที่น่าสนใจว่าที่สถานี KB-AN st1, KB-AN st2 และ KB-AN st3 มีกิจกรรมของมนุษย์จำนวนมาก ซึ่งอาจจะปล่อยของเสียลงสู่ระบบนิเวศทางทะเล แต่กลุ่มของสังคมสัตว์หน้าดินที่พบไม่แสดงผลกระทบจากมลพิษและสารอินทรีย์ ดังนั้นแสดงว่าพื้นที่ศึกษาดังกล่าวยังสามารถรองรับและยังไม่มีผลกระทบจากของเสียชุมชนบ่ง

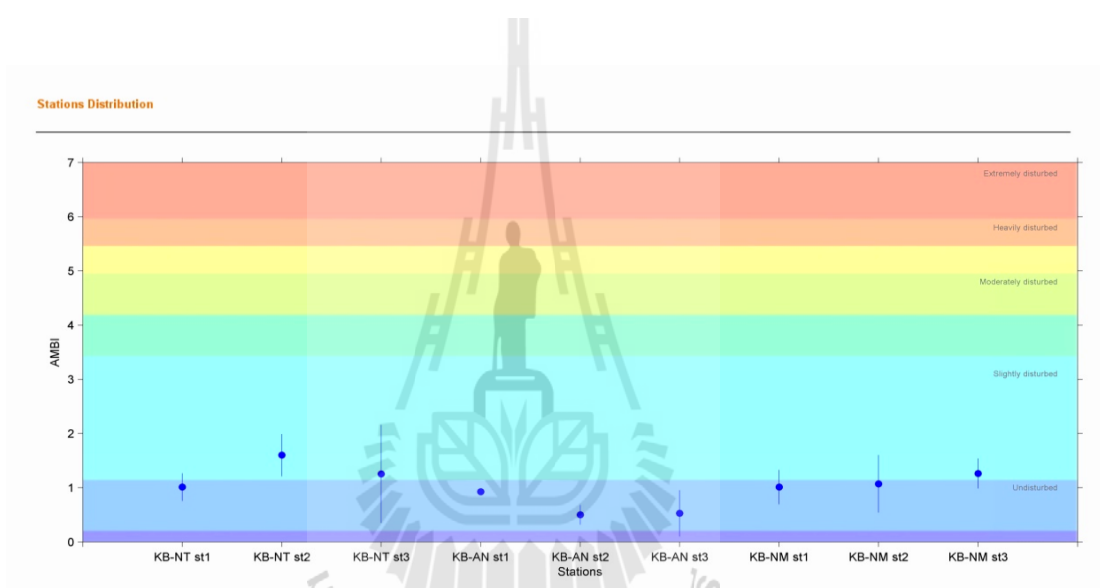
จากผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในน้ำและในดิน อุณหภูมิ ความขุ่น และขนาดอนุภาคตะกอนดิน มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสัตว์หน้าดิน ซึ่งตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างของสถานีต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลง และระยะทางจากปากแม่น้ำมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมในแหล่งอาศัยเหล่านี้ (Borja et al., 2000)

ตารางที่ 19 แสดงผลสรุปค่า AMBI และสถานภาพทางนิเวศที่ประเมินโดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่

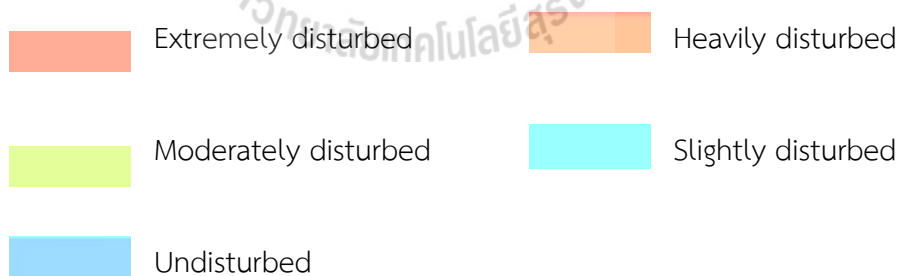
สถานี	จำนวนชนิด	AMBI	M-AMBI	สถานภาพทางนิเวศ
KB-NT st1	22	1.01	0.82	Undisturbed
KB-NT st2	14	1.60	0.65	Slightly disturbed
KB-NT st3	16	1.26	0.70	Slightly disturbed
KB-AN st1	20	0.93	0.76	Undisturbed

สถานี	จำนวนชนิด	AMBI	M-AMBI	สถานภาพทางนิเวศ
KB-AN st2	23	0.50	0.79	Undisturbed
KB-AN st3	24	0.53	0.78	Undisturbed
KB-NM st1	22	1.01	0.77	Undisturbed
KB-NM st2	26	1.07	0.82	Undisturbed
KB-NM st3	40	1.26	0.95	Slightly disturbed
TR-PM st1	42	1.21	0.97	Slightly disturbed
TR-PM st2	36	1.67	0.91	Slightly disturbed
TR-PM st3	18	1.59	0.78	Slightly disturbed
TR-PM st5	27	1.42	0.87	Slightly disturbed
TR-PM st6	26	1.51	0.80	Slightly disturbed
TR-CM st1	22	1.53	0.74	Slightly disturbed
TR-CM st2	16	2.18	0.67	Slightly disturbed
TR-CM st3	15	2.32	0.66	Slightly disturbed
ST-PR st1	39	1.85	0.92	Slightly disturbed
ST-PR st2	17	1.15	0.66	Undisturbed
ST-PR st3	17	0.98	0.64	Undisturbed
ST-BB st1	25	1.31	0.76	Slightly disturbed
ST-BB st2	22	1.24	0.72	Slightly disturbed
ST-BB st3	24	1.09	0.75	Undisturbed
ST-BB st4	22	1.26	0.71	Slightly disturbed
ST-BB st5	25	0.65	0.77	Undisturbed
ST-BB st6	14	0.49	0.59	Undisturbed

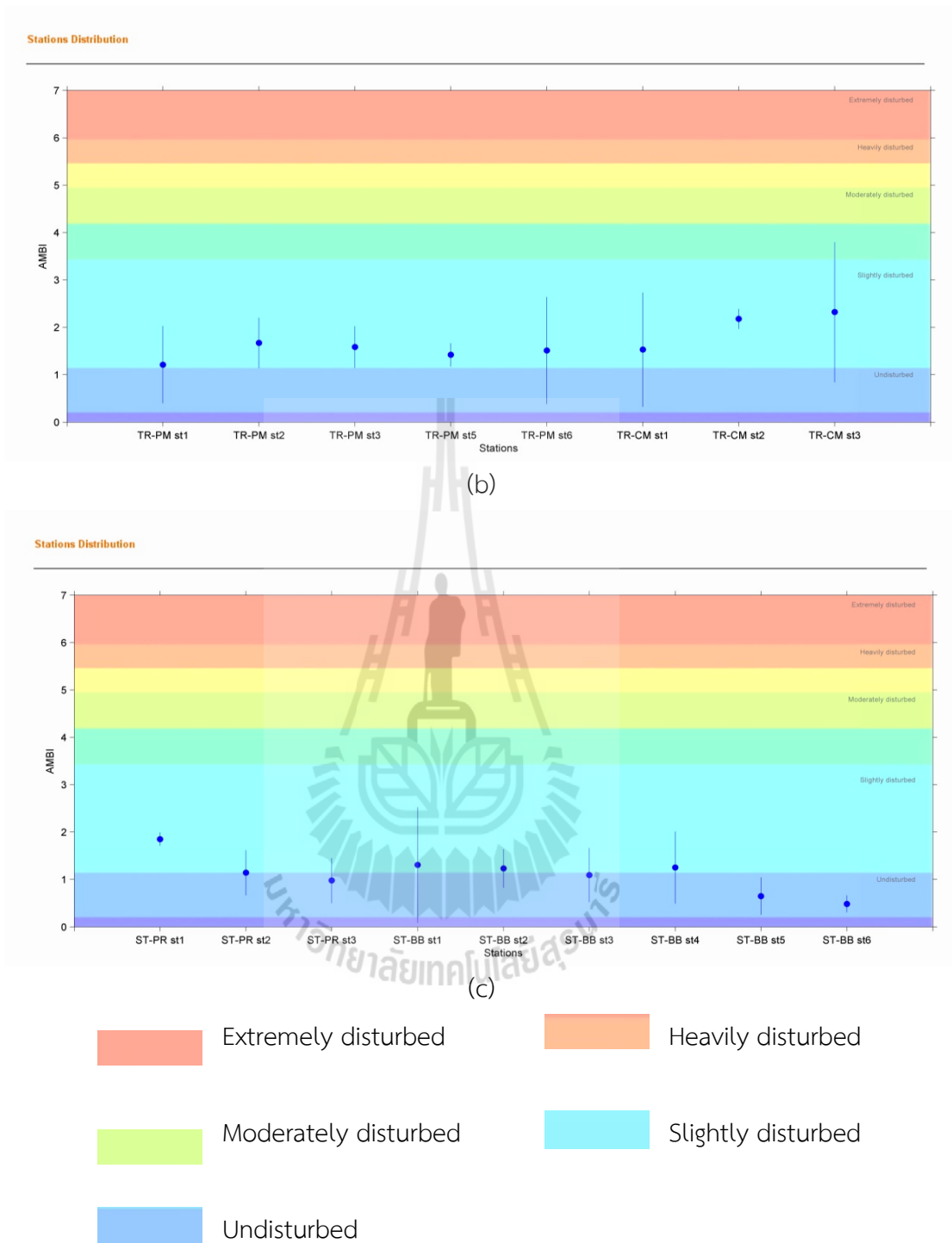
ในสภาพแวดล้อมชายฝั่งของยุโรป สารอินทรีย์และยูโทรฟิเคชันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสังคมสัตว์หน้าดิน (Pearson and Rosenberg, 1987) และแหล่งที่ก่อให้เกิดผลกระทบส่วนใหญ่จะเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ ลดอัตราการละลายออกซิเจนส่งผลต่อการกระจายเชิงพื้นที่ของสัตว์ในบริเวณนั้น (Borja et al., 2003) ในการศึกษาที่ผลของค่า AMBI มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาดูตัวแปรทางนิเวศ และตัวแปรนี้แตกต่างจากตัวแปรที่ศึกษาในน้ำยุโรป และสังคมของสัตว์หน้าดินในชายหาดที่ศึกษาขึ้นกับปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม แร่ธาตุ และขนาดของอนุภาคดินมากกว่าปริมาณสารอินทรีย์ BOD และการลดลงของออกซิเจน



(a)



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า AMBI ของสังคมสัตว์หน้าดินทั้งสามฤดูกาล (a) สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ 9 สถานี (b) สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรัง 8 สถานี และ (c) สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล 9 สถานี



ภาพที่ 14 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า AMBI ของสังคมสัตว์หน้าดินทั้งสามฤดูกาล (a) สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่ 9 สถานี (b) สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรัง 8 สถานี และ (c) สถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล 9 สถานี

สัตว์กลุ่มครัสเตเชียนเป็นกลุ่มที่พบมากในสถานีเก็บตัวอย่าง แต่ไม่ได้ถูกกำหนดกลุ่มทางนิเวศไว้ ซึ่งจิ้งนัส *Ocypode* ในวงศ์ Ocypodidae พบได้ทั่วโลก และเป็นกลุ่มที่ศึกษามากในระบบนิเวศหาดทราย นอกจากนี้ยังเป็นกลุ่มที่มีการศึกษาพฤติกรรมไว้มากที่สุด และอาศัยอยู่แบบกึ่งถาวรในชายหาด ส่วนจิ้งนัส *Dotilla* พบแพร่กระจายอยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ซึ่งมีส่วนปากสามารถดูดกินสารอินทรีย์จากทรายได้ (McLachlan and Brown, 2006) และการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า *Dotilla myctiroides* พบมากในเขตน้ำขึ้นน้ำลงของหาดทรายซึ่งสามารถใช้ติดตามตรวจสอบโลหะหนักในชายหาดได้ (Zulkifli et al., 2012) การศึกษาของ Barros (2001) และ Neves and Bemvenuti (2006) พบว่าปูลมจะมีการแพร่กระจายสูงในบริเวณที่มีผลกระทบจากมนุษย์น้อยกว่า Yong and Lim (2009) รายงานว่ากิจกรรมของมนุษย์ส่งผลต่อความชุกชุมของ *Ocypode ceratophthalma* และใช้สัตว์ชนิดนี้เพื่อประเมินผลกระทบของมนุษย์ในชายหาดประเทศสิงคโปร์ ระบบนิเวศชายหาดมีความซับซ้อน และการประเมินคุณภาพชายหาดยังต้องมีการพัฒนาวิธีการเพื่อให้ครบทุกด้าน การใช้สัตว์หน้าดินที่มีความจำเพาะต่อแหล่งอาศัยและมีความแม่นยำในการใช้เป็นดัชนีบ่งชี้จึงมีความจำเป็น ซึ่งครัสเตเชียนก็เป็นกลุ่มที่ควรจะมีนำไปใช้ในการประเมินด้วย AMBI

ปัจจุบันการประเมินคุณภาพชายหาดมีความสำคัญในการจัดการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย (Pollution control department, 2012) และการติดตามตรวจสอบในปัจจุบันเลือกใช้การตรวจสอบคุณภาพน้ำและตะกอนดิน อย่างไรก็ตามการติดตามตรวจสอบนี้ยังไม่สามารถประเมินผลกระทบของสารมลพิษต่อสิ่งมีชีวิตได้โดยตรง และการศึกษาพบว่าสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในแหล่งอาศัยมีความสัมพันธ์กับตัวแปรทางนิเวศ ดังนั้นการใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เพื่อประเมินคุณภาพชายหาดจึงสามารถทำได้และมีความรวดเร็วในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตโดยตรง นอกจากการประเมินด้านกายภาพ และเคมีแล้ว การประเมินด้านชีวภาพก็มีความสำคัญและควรเพิ่มไปในโปรแกรมการติดตามตรวจสอบคุณภาพชายหาดของประเทศไทย

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการประเมินคุณภาพชายหาดจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล โดยใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ ศึกษาในพื้นที่ 8 ชายหาด คือ หาดนพรัตน์ธารา หาดอ่าวนาง หาดน้ำเมา หาดปากเมง หาดเจ้าไหม หาดหยงหลิง หาดปากบารา และหาดปากบาง ตัวแปรทางนิเวศที่ศึกษาได้แก่ คุณภาพน้ำ 8 ตัวแปร คุณภาพตะกอนดิน 4 ตัวแปร และขนาดอนุภาคดิน 6 ขนาด เก็บตัวอย่าง 3 ฤดูกาล ประกอบด้วย ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กันยายน-ตุลาคม 2555) ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ธันวาคม 2555) และฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน 2556)

ผลการศึกษาคคุณภาพน้ำ ตัวแปรคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของประเทศไทย ยกเว้นค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณออกซิเจนละลายในสถานีเก็บตัวอย่างบางสถานี ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานเล็กน้อยแต่คุณภาพน้ำก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ยังเจริญได้ดี ชนิดของตะกอนดินจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในสภาพเป็นกลางถึงเป็นกรด และมีปริมาณแร่ธาตุและปริมาณสารอินทรีย์แตกต่างกัน อีกทั้งขนาดอนุภาคตะกอนดินก็มีความแตกต่างกันในแต่ละจังหวัดที่ศึกษา ชายหาดจังหวัดกระบี่มีขนาดอนุภาคชนิด very fine sand และ fine sand ส่วนชายหาดจังหวัดตรังมีขนาดอนุภาคชนิด very fine sand และ medium sand ในขณะที่จังหวัดสตูลมีขนาดอนุภาคชนิด fine sand และ medium sand นอกจากนี้ตัวแปรทางนิเวศของสถานีที่ศึกษา ยังมีความคล้ายคลึงกันสูงที่ 83%

สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบทั้ง 8 ชายหาด ทั้งหมด 116 ชนิด อยู่ใน 51 วงศ์, 20 ออร์เดอร์, 5 คลาส และ 4 ไฟลัม (Polychaeta, Mollusca, Arthropoda และ Brachiopoda) จำนวนชนิดที่พบมากที่สุดคือโพลีคีต รองลงมาคือมอลลัสก์ ครัสเตเชียน และบราซิโอพอด ตามลำดับ ความคล้ายคลึงกันของสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของแต่ละชายหาด พบว่าสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่และตรัง ถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน ส่วนสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูลอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ความคล้ายคลึงกันของสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดอยู่ที่ 21% สถานีที่พบชนิดสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มากที่สุดในจังหวัดตรังคือ ชายหาดปากเมงสถานี 1 จังหวัดกระบี่พบมากที่สุดที่หาดน้ำเมาสถานี 3 และจังหวัดสตูลพบมากที่สุดที่หาดปากบาราสถานี 1 ส่วนสถานีที่พบชนิดสัตว์หน้าดินขนาดเล็กน้อยที่สุดในจังหวัดตรัง คือหาดหยงหลิงสถานี 3 จังหวัดกระบี่พบน้อยที่สุดที่หาดนพรัตน์ธาราสถานี 2 และจังหวัดสตูลพบน้อยที่สุดที่หาดปากบางสถานี 6

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis) สามารถสกัดปัจจัยรอง ออก และแสดงองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยหลักได้ นอกจากนี้การหาความสัมพันธ์ของดัชนีชีวภาพและ ตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมด้วย stepwise multiple linear regression แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร คุณภาพน้ำคือ ปริมาณฟอสเฟตในน้ำ ปริมาณไนเตรตในน้ำ ความเค็ม และอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์ กับดัชนีชีวภาพทั้ง 4 ดัชนีคือ Margalef richness index (D), Shannon-Wiener diversity index (H), Species equitability or Evenness index (J) และ Species dominance index (C) ($p < 0.05$) ส่วนคุณภาพดินมีเพียงปริมาณฟอสเฟตในดินและความเป็นกรด-เบสของดินที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพ ($p < 0.05$) และอนุภาคตะกอนดินขนาด 0.71 mm, 0.3 mm และ 0.075 mm มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพ ($p < 0.05$) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้มีความสำคัญในการกำหนด โครงสร้างของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในชายหาดสภาพธรรมชาติ หรือถูกรบกวนเพียงเล็กน้อย

การประยุกต์ใช้สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในการประเมินคุณภาพชายหาดด้วยการคำนวณค่าจาก โปรแกรม AMBI สามารถจำแนกชายหาดได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม 1 ยังไม่ถูกรบกวน ประกอบด้วย 11 สถานีจากจังหวัดกระบี่ และจังหวัดสตูล ดังนี้ หาดนพรัตน์ธาราสถานี 1, หาดอ่าวนางทั้ง 3 สถานี หาดน้ำเมาสถานี 1 และ 2, หาดปากบาราสถานี 2 และ 3, หาดปากบางสถานี 3, 5 และ 6 ส่วนกลุ่ม II ถูกรบกวนเพียงเล็กน้อยประกอบด้วย 15 สถานี จากจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล ดังนี้ หาดนพรัตน์ ธาราสถานี 2 และ 3, หาดน้ำเมาสถานี 3, หาดในจังหวัดตรังทั้งหมด 8 สถานี, หาดปากบาราสถานี 1 หาดปากบางสถานี 1, 2 และ 4 อย่างไรก็ตามการศึกษาในระยะยาว และการกำหนดสัตว์หน้าดินตาม กลุ่มทางนิเวศตามรูปแบบสัตว์ในพื้นที่ควรมีการศึกษาโดยละเอียดต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การติดตามตรวจสอบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ควรทำในระยะยาว ซึ่งทำให้สามารถระบุตัว แปรทางนิเวศที่มีผลจากการเปลี่ยนแปลงจากธรรมชาติหรือจากมนุษย์ได้

5.2.2 การเพิ่มจำนวนตัวแปรทางนิเวศที่ศึกษา เช่น ความชันของหาด การตกตะกอนของดิน ระยะทางจากปากแม่น้ำ จะทำให้เข้าใจแหล่งและระบบนิเวศของกลุ่มสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในพื้นที่ ชายหาดได้

5.2.3 ควรมีการศึกษาและกำหนดกลุ่มทางนิเวศของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ของชายหาดฝั่ง ทะเลอันดามัน

5.2.4 เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลการติดตามตรวจสอบคุณภาพชายหาด นอกจากการ ประเมินด้านกายภาพ และเคมีแล้ว ควรประเมินด้านชีวภาพในการติดตามตรวจสอบคุณภาพชายหาด ของประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2552). **ภูมิอากาศของประเทศไทย** [on-line]. Available: http://www.weather.go.th/info/knowledge_weather02_n.html.
- จำลอง โตอ่อน. (2545ก). **รายงานการวิจัยเรื่อง สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเกาะลอย อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี**. สถานีวิจัยประมงศรีราชา คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จำลอง โตอ่อน. (2545ข). **รายงานการวิจัยเรื่อง สัตว์ทะเลหน้าดินบริเวณพื้นที่ห้วยทะเล อำวบางพระ จังหวัดชลบุรี**. สถานีวิจัยประมงศรีราชา คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนกพร จันทร์ขันธ์ และจิตติมา आयุตตะกะ. (2550). **รายงานการวิจัยเรื่อง ประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ในแหล่งห้วยทะเลกระบือ จังหวัดพังงา**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฐิติมา ทองศรีพงษ์. (2542). ผลกระทบของการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งในนาุ้งที่มีต่อสัตว์หน้าดินบริเวณปากแม่น้ำจันทบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐวดี บันติวิวัฒน์กุล ข้อดีเยาะ พรชัย สมัยพลยุทธ์ และณัฐพล วิเชียรเพชร. (2553ก). **สัตว์ทะเลหน้าดิน ในแหล่งห้วยทะเลบริเวณเกาะพังงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี**. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2553 “ความหลากหลายทางชีวภาพทะเลไทย: อุปสรรค และโอกาส” ณ โรงแรมรอยัลภูเก็ต ซิตี้ จังหวัดภูเก็ต วันที่ 28-30 มิถุนายน 2553. [สาระสังเขป]
- ณัฐวดี บันติวิวัฒน์กุล ข้อดีเยาะ พรชัย ปิ่นฤทัย ฤคดี ชะลอ ราชเดิม และพัชรินทร์ ดาวตุ่น. (2553ข). **สัตว์ทะเลหน้าดิน ในแหล่งห้วยทะเลบริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร**. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2553 “ความหลากหลายทางชีวภาพทะเลไทย: อุปสรรค และโอกาส” ณ โรงแรมรอยัลภูเก็ต ซิตี้ จังหวัดภูเก็ต วันที่ 28-30 มิถุนายน 2553. [สาระสังเขป]
- ภัทรภร ยะหมื่น. (2550). **รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาความหลากหลายของชนิดสัตว์ทะเลหน้าดิน บริเวณหาดทรายแก้ว เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

- เมธาวี เบญจบรรพต. (2550). การใช้สัตว์หน้าดินในการบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- รัชณี พุทธรักษา. (2552). ประชาคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- รัชณี พุทธรักษา และเสาวภา อังสุภาณิช. (2553). ประชาคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2553 “ความหลากหลายทางชีวภาพทะเลไทย: อุปสรรค และโอกาส” ณ โรงแรมรอยัลภูเก็ต ซิตี้ จังหวัดภูเก็ต วันที่ 28-30 มิถุนายน 2553. [สาระสังเขป]
- วราริน วงษ์พานิช. (2551). เอกสารวิชาการเรื่อง การศึกษาสัตว์พื้นทะเลบริเวณป่าชายเลนอำเภอภูเก็ต. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน จังหวัดภูเก็ต.
- วราริน วงษ์พานิช และศิริวรรณ เรื่องแก้ว. (2553). ประชาคมสัตว์พื้นทะเลบริเวณแนวหญ้าทะเลแหลมเจ้าขรัว จังหวัดพังงา. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2553 “ความหลากหลายทางชีวภาพทะเลไทย: อุปสรรค และโอกาส” ณ โรงแรมรอยัลภูเก็ต ซิตี้ จังหวัดภูเก็ต วันที่ 28-30 มิถุนายน 2553. [สาระสังเขป]
- สุเทพ เจือละออง สุธิดา กาญจน์อดิเรกกลาก และผาณิต ภัยผ่องแผ้ว. (2553). ประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณปากแม่น้ำพังราด จังหวัดจันทบุรี. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2553 “ความหลากหลายทางชีวภาพทะเลไทย: อุปสรรค และโอกาส” ณ โรงแรมรอยัลภูเก็ต ซิตี้ จังหวัดภูเก็ต วันที่ 28-30 มิถุนายน 2553. [สาระสังเขป]
- สุเมตต์ ปุจฉาการ. (2547). รายงานการวิจัยเรื่อง สัตว์ทะเลหน้าดินบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สมถวิล จริตควร และวิภูษิต มั่นทะจิตร. (2534). รายงานการวิจัยเรื่อง สัตว์ทะเลหน้าดินและสภาวะแวดล้อมบางประการบริเวณพัทธยาถึงท่าเทียบเรือแหลมฉะบับ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- เอกรินทร์ รอดเจริญ. (2552). ประชาคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณเกาะหนู จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- Allen, C.J. (2010). **Ecology of the intertidal crab *Dotilla intermedia* from tseunami impacted beaches in Thailand**. Ph.D. thesis, University of Southampton, UK.
- Allen, C.J., Clark, P.F., Paterson, G.L.J., Hawkins, L.E., and Aryuthaka, C. (2011). New record of *Dotilla intermedia* (Brachyura: Ocypodidae) from Thailand. **Marine Biodiversity Records**. 4(e11): 1-6.
- Aller, R. C. (1994). Bioturbation and remineralization of sedimentary organic matter: effects of redox oscillation. **Chemical Geology**. 114: 331-345.
- APHA, AWWA. And WEF. (1998). **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20th ed. (eds. Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., and Eaton, A.D.). Washington DC: American Public Health Association.
- Arias, A., Barroso, R., Anadon, N., and Paira, P.C. (2013). On the occurrence of the fireworm *Eurythoe complanata* complex (Annelida, Amphinomidae) in the Mediteranean Sea with an updated revision of the alien Mediteranean amphinomids. **Zookeys**. 337: 19-33.
- Balogun, K. J., Ladigbolu, I. A., and Ariyo, A. A. (2011). Ecological assessment of coastal shallow lagoon in Lagos, Nigeria: A bio-indicator approach. **Journal of Applied Science and Environmental Management**. 15(1): 41-46.
- Barros, F. (2001). Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impact on exposed sandy beaches. **Biological Conservation**. 4: 87-90.
- Barroso, R., and Paira, P. C. (2007). Amphinomidae (Annelida: Polychaeta) from Rocaas atoll, Northeast Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**. 65(3): 357-362.
- Belan, J.A. (2003). Benthos abundance pattern and species composition in conditions of pollution in Amursky Bay (the Peter the Great Bay, the Sea of Japan). **Marine Pollution Bulletin**. 46: 1111-1119.
- Blake, J.A., (1996). Family Magelonidae Cunningham and Ramage, 1888, In J.A. Blake, B. Hilbig, and P. Scott (eds.). **Taxonomic Atlas of the Benthic Fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel**. (vol. 6., pp. 253-262). Santa Barbara, California: Santa Barbara Museum of Natural History.

- Boggemann, M., Bienhold, C., and Goudron, S.M. (2011). A new species of Glyceridae (Annelida: Polychaeta) recovered from organic substrate experiments at cold seeps in the Eastern Mediterranean Sea. **Marine Biodiversity**. 42(1): 47-54.
- Boggemann, M., and Eible-Jacobsen, D. (2002). The glyceridae and goniadidae (Annelida: Polychaeta) of the bioshelf project, Andaman Sea, Thailand. **Phuket Marine Biological Center Special Publication**. 24: 149-196.
- Boon, A.R., Gittenberger, A., and van Loon, W.M.G.M. (2011). **Review of marine benthic indicators and metrics for the WFD and design of an optimized BEQI**. Deltares. Water Framework Directive of Netherlands.
- Borja, A. Franco, J., and Perez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. **Marine Pollution Bulletin**. 40(12): 1100-1114.
- Borja, A., Mader, J., and Muxika, I. (2012). Instructions for the use of the AMBI index software (Version 5.0). **Revista de Investigacion Marina, AZTI-Tecnalia**. 19(3): 71-82.
- Borja, A. and Muxika, I. (2005). Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. **Marine Pollution Bulletin**. 50: 787-789.
- Borja, A., Muxika, I., and Franco, J. (2003). The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. **Marine Pollution Bulletin**. 46: 835-845.
- Borja, A., Bricker, S.B., Dauer, D.M., Demetriades, N.T., Ferreira, J.G., Forbes, A.T., Hutchings, X., Jia, P., Kenchington, R., Marques, J.C., and Zhu, C. (2008). Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. **Marine Pollution Bulletin**. 56: 1519-1537.
- Bush, L. (2006). **Identification and distribution of the polychaete family Cirratulidae from the Las Perlas archipelago, Panama**. Master thesis, Heriot-Watt University, Edinburgh.

- Chan, W.M.F. (2009). New nereidid records (Annelid: Polychaeta) from mangroves and sediment flats of Singapore. **Raffles Bulletin of Zoology**. 22: 159-172.
- Chantanathawej, B., and Bussarawit, S. (1987). Quantitative survey of the macrobenthic fauna along the west coast of Thailand in the Andaman Sea. **Phuket Marine Biological Center Research Bulletin**. 47: 1-23.
- Chongprasith, P. and Praekuvanich, E. (2003). Coastal pollution management in Thailand. In **Diffususe Pollution Conference 2003** (pp 77-83). Dublin. poster papers.
- Christensen, P. B., Rysgaard, S., Sloth, N. P., Dalsgaard, T., and Schwaerter, S. (2000). Sediment remineralization, nutrient fluxes, denitrification and dissimilatory nitrate reduction in an estuarine fjord with sea cage trout farms. **Aquatic Microbial Ecology**. 21: 73-84.
- Cinar, M. E. (2007). Re-description of *Timarete punctata* (Polychaeta: Cirratulidae) and its occurrence in the Mediteranean Sea. **Scientia Marina**. 71(4): 755-764.
- Clark, K. R. and Warwick, R. M. (2001). **Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation**. 2nd edition. PRIMER-E Plymouth.
- Colosio, F., Abbiati, M., and Airoldi, L. (2007). Effects of beach nourishment on sediments and benthic assemblages. **Marine Pollution Bulletin**. 54: 1197-1206.
- Cupa, M., Parapar, J., and Hutchings, P. (2012). Phylogeny of Oweniidae (Polychaeta) based on morphological data and taxonomic revision of Australian fauna. **Zoological Journal of the Linnean Society**. 166: 236-278.
- Dauvin, C.J., Thiebaut, E., Gesteira, J.L.G., Ghertsos, K., Gentil, F., Ropert, M., and Sylvand, B. (2004). Spatial structure of a subtidal macrobenthic community in the Bay of Veys (Western Bay of Seine, English channel). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 307: 215-235.
- Dauvin, J., Rullet, T., Desroy, N. and Janson, A. (2007). The ecological quality status of the Bay of Sciene and the Seine estuary: Use of biotic indices. **Marine Pollution Bulletin**. 55(1-6): 241-257.

- Dauvin, J., Bellan, G., and Bellan-Santini, D. (2010). Benthic indicators: From subjectivity to objectivity- Where is the line?. **Marine Pollution Bulletin**. 60: 947-953.
- Dean, H.K. (1998). The Pilargidae (Annelida: Polychaeta) of the Pacific Coast of Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**. 46(6): 47-62.
- Dean, H.K., and Blake, J.A. (2009). *Monticellina* (Polychaeta: Cirratulidae) from the Pacific coast of Costa Rica with descriptions of six new species. **Zoosymposia**. 2: 105-126.
- Delgado-Blas, V.H. (2006). Partial revision of *Scoletepis* (Polychaeta: Spionidae) from the Grand Caribbean Region, with the description of two new species and a key to species recorded in the area. **Contributions to Zoology**. 75(1/2): 75-97.
- De Pas, L., Neto, J.M., Marques, J.C., and Laborda, A.J. (2008). Response of intertidal macrobenthic communities to long term human induced changes in the EO estuary (Asturias, Spain): Implication for environmental management. **Marine Environmental Research**. 66: 288-299.
- Diaz, R. J. and Rosenberg, R. (1995). Marine benthic hyposia: A review of its ecological effects and the behavioral responses of benthic macrofauna. **Oceanography and Marine Biology**. 33: 245-303.
- Diaz, R. J. and Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. **Science**. 321: 626-629.
- Dorgham, M. M., Handy, R., El-Rashidy, H. H., Atta, M. M., and Musco, L. (2014). Distribution patterns of shallow water polychaetes (Annelida) along the coast of Alexandria, Egypt (Eastern Mediteranian). **Mediterranean Marine Science**. 15(3): 635-649.
- Dunbar, S. G., Coates, M., and Kay, A. (2003). Marine hermit crabs as indicators of freshwater inundation on tropical shores. **Memoirs of Museum Vitoria**. 60(1): 27-34.
- Eleftheriou, A., and McIntyre, A. (2005). **Methods for the study of marine benthos**. 3rd. Oxford: Blackwell Publishing Company.

- Elias, R., and Rivero, M.S. (2009). Two new species of Cirratulidae (Annelida: Polychaeta) from Mar del Plata, Argentina (SW Atlantic). **Zoosymposia**. 2: 139-148.
- Environmental monitoring and support laboratory office of research and development. (1986). **Manual for identification of marine invertebrates: A guide to some common estuarine macroinvertebrates of the big bend region, Tampa bay, Florida**. United States Environmental Protection Agency. Ohio, U.S.A.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., and Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. **Psychological Methods**. 4(3): 272-299.
- Fauvel, P. (1953). **The fauna of India including Pakistan, Ceylon, Burma and Malaya: Annelida Polychaeta**. Allahabad: The Indian Press, 507 p.
- Fauchald, K. (1977). **The polychaete worms: Definitions and keys to the orders, families and genera**. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 28. 188 p.
- Fitzhugh, K. (1989). A systematic revision of the Sabellidae-Caobangiidae-Sabellongidae complex (Annelida: Polychaeta). **Bulletin of the American Museum of Natural History number 192**. 1-104.
- Forster, S. and Graf, G. (1995). Impact of irrigation on oxygen flux into the sediment: intermittent pumping by *Callianassa* subterranean and “piston-pumping” by *Lanice conchilega*. **Marine Biology**. 123: 335-346.
- Gage, J.D. (2001). **Macrobenthos**. Scottish Association for Marine Science, Academic Press. 15 p.
- Garwood, P.R. (2007). **Family Maldanidae: A guide to species in waters around the British Isles**. NMBAQC 2006 taxonomic workshop, Dove Marine Laboratory.
- Geetha, P. N., Thasneem, T. A., and Nandan, S. B. (2010). Macrobenthos and its relation to ecosystem dynamics in the Cochin estuary. In **Lake 2010: Wetlands, Biodiversity and Climate change 22nd – 24th December 2010** (pp 1-22). Bangalore, India: Indian Institute of Science.

- Gillet, P. (1989). *Axiiothella crozetensis*, a new species of maldanid polychaete from Crozet Islands (Indian ocean). **Proceedings of the Biological Society of Washington**. 102: 866-871.
- Glasby, C.J., and Hutchings, P.A. (2010). A new species of *Marphysa* Quatrefages, 1985 (Polychaeta: Eunicida: Eunicidae) from northern Australia and a review of similar taxa from the Indo-west Pacific including the genus *Nauphanta* Kinberg. **Zootaxa**. 2352: 29-45.
- Govindan, K. (2002). Marine benthos – a future perspective. In **Proceeding of the national seminar on creeks, estuaries and mangroves – pollution and conservation 2002** (pp. 28-30). Thane, India: Bandodkav College of Science.
- Grall, J., and Glemarec, M. (1997). Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the bay of breast. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 44: 43-53.
- Gray, J. S., Wu, R. S., and Or, Y. Y. (2002). Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. **Marine Ecology Progress Series**. 238: 249-279.
- Green, K.D. (2002). Capitellidae (Polychaeta) from the Andaman Sea. Phuket Marine Biological **Center Special Publication**. 24: 249-343.
- Guevara-Fletcher, C. E., Kintz, J. R. C., Mejea-Ladina, L. M., and Cortes, F. A. (2011). Benthic macrofauna associated with submerged bottoms of a tectonic estuary in Tropical Eastern Pacific. **Journal of Marine Biology**. 2011: 1-13.
- Hibberd, T., and Moore, K. (2009). **Field identification guide to Heard Island and Mcdonald Islands**. Fisheries Research and Development Corporation, Australia.
- Hinga, K. R. (2002). Effects of pH on coastal marine phytoplankton. **Marine Ecology Progress Series**. 238: 281-300.
- Huang, J., Yu, H., and Takeda, M. (1992). A review of the Ocypodid and Mictyrid crabs (Crustacean: Decapoda: Brachyura) in Taiwan. **Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica**. 31(3): 141-161.

- Hutchings, P.A., and Murray, A. (1984). Taxonomy of polychaetes from the Hawkesbury river and the southern estuaries of New South Wales, Australia. **Records of the Australian Museum**. 3: 1-118.
- Hyland, J., Balthis, L., Karakassis, I., Magni, P., Petrov, A., Shine, J., Vestergaard, O., and Warwick, R. (2005). Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. **Marine Ecology Progress Series**. 295: 91-103.
- Ingole, S. A. and Kadam, A. N. (2003). Pollution of some recreation beaches of Mumbai, Maharashtra. **Journal IAEM**. 30: 172-175.
- Jantarashote, K. (2003). **Country reports for BOBLME programme: Thailand**. BOBLME report. 51 p.
- Jaramillo, E., McLanchlan, A., and Dugan, J. (1995). Total sample area and estimates of species richness in exposed sandy beaches. **Marine Ecology Progress Series**. 119: 311-314.
- Jirkov, I.A., and Leontovich, M.K. (2013). Identification keys for Terebellomorpha (Polychaeta) of the eastern Atlantic and the North Polar Basin. **Invertebrate Zoology**. 10(2): 217-243.
- Jones, S.E. and Jago, C.E. (1993). In situ assessment of modification of sediment properties by burrowing invertebrates. **Marine Biology**. 115: 133-142.
- Karlson, K., Bonsdroff, E., and Rosenberg, R. (2007). The impact of benthic macrofauna for nutrient fluxes from Baltic Sea sediments. **AMBIO**. 36(2): 161-167.
- Kemp, S. (1919). Notes on Crustacea Decapoda in the Indian Museum XII, Scopimerinae. **Records of the Indian Museum**. 16: 305-348.
- Kenedy, A.D., and Jacoby, C.A. (1999). Biological indicators of marine environmental health: meiofauna- a neglected benthic component?. **Environmental Monitoring and Assessment**. 54: 47-68.
- Kim, T. K., Barry, J. P., and Micleli, F. (2013). The effects of intermittent exposure to low-pH and low-oxygen conditions on survival and growth of juvenile red abalone. **Biogeosciences**. 10: 7255-7262.

- Koklu, R., Sengorur, B., and Topal, B. (2010). Water quality assessment using multivariate statistical methods, a case study: Melen River system. **Water Resource Management**. 24(5): 959-978.
- Komai, T., Goshima, S., Murai, M. (1995). Crabs of the genus *Macrothalmus* of Phuket, Thailand (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae). **Bulletin of Marine Science**. 56(1): 103-149.
- Kratzer, E. B., Jackson, J. K., Arscott, D. B., Aufdenkampe, A. K., Dow, C. L., Kaplan, L. A., Newbold, J. D., and Sweeney, B. W. (2006). Macroinvertebrate distribution in relation to land use and water chemistry in New York City drinking-water-supply watersheds. **Journal of the North American Benthological Society**. 25: 954-976.
- Kumar, B.M., Katti, R.J., Moorthy, K.S.V., and D'Souza, R.K. (2004). Macrobenthos in relation characteristics of nearshore waters of Chitrapur, West coast of India receiving industrial effluents. **Asian Fisheries Science**. 17: 21-28.
- Levin, L. A. , Ekau, W., Gooday, A. J., Jorissen, F., Middelburg, J. J., Naqvi, S. W. A., Neira, C., Rabalais, N. N., and Zhang, J. (2009). Effects of natural and human-induced hypoxia on coastal benthos. **Biogeosciences**. 6: 2063-2098.
- Limpsaichol, P. (1992). **The Andaman Sea Coast, Thailand**. Phuket Marine Biological Centre. Phuket.
- Mackie, A.S.Y. (1991). A new species of *Scoloplos* (Polychaeta: Orbiniidae) from Hong Kong and a comparison with the closely related *Scoloplos marsupialis* Southern, 1921 from India. **Asian Marine Biology**. 8: 35-44.
- Map of Thailand. (2010). **Travel map of Thailand** [On-line]. Available: <http://www.mapofthailand.org/>.
- Marine Environmental Laboratory. (1995). **Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter**. Monaco : United Nations Environmental Programme.
- McLachlan, A. and Brown, A. (2006). **The ecology of sandy shores**. 2nd edition. London: Academic Press.

- McLaughlin, P.A. (2002). A review of the hermit-crab (Decapoda: Anomura: Paguridea) fauna of southern Thailand, with particular emphasis on the Andaman Sea, and descriptions of three new species. In **Proceedings of the International Workshop on the Crustacea of the Andaman Sea, Phuket Marine Biological Center, Department of Fisheries, Thailand, 29 November - 20 December 1998** (pp. 385-460). Phuket Marine Biological Center Special Publication, 23(2).
- Meksumpun, C., and Meksumpun, S. (1999). Polychaete-sediment relations in Rayong, Thailand. **Environmental Pollution**. 105: 447-456.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., and Vining, G. G. (2001). **Introduction to linear regression analysis**. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons.
- Moreira, J., and Parapar, J. (2002). Redescription of *Sigambra tentaculata* and re-establishment of *S. parva* (Polychaeta, Pilargidae) based upon type material. **Cahiers de Biologie Marine**. 43: 99-109.
- Mortimer, K., and Mackie, A.S.Y. (2003). The Magelonidae (Annelida: Polychaeta) from the Seychelles, with the description of three new species. **Hydrobiologia**. 496: 163-173.
- Mortimer, K., and Mackie, A.S.Y. (2009). Magelonidae (Polychaeta) from Hong Kong, China, with discussions on related species and redescrptions of three species. **Zoosymposia**. 2: 179-199.
- Mortimer, K., Cassà, S., Martin, D. and Gil, J. (2012). New records and new species of Magelonidae (Polychaeta) from the Arabian Peninsula, with a redescription of *Magelona pacifica* and a discussion on the magelonid buccal region. **Zootaxa**. 3331: 1-43.
- Naeini, A.B., and Rahimian, H. (2009). Intertidal scale worms (Polychaeta, Polynoidae and Sigalionidae) from the northern coasts of the Persian Gulf and Gulf of Oman. **ZooKeys**. 31: 53-71.
- Neves, F. M. and Bemvenuti, C. E. (2006). The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along the Rio Grande do Sui coast, Brazil. **Biological Conservation**. 133: 431-435.

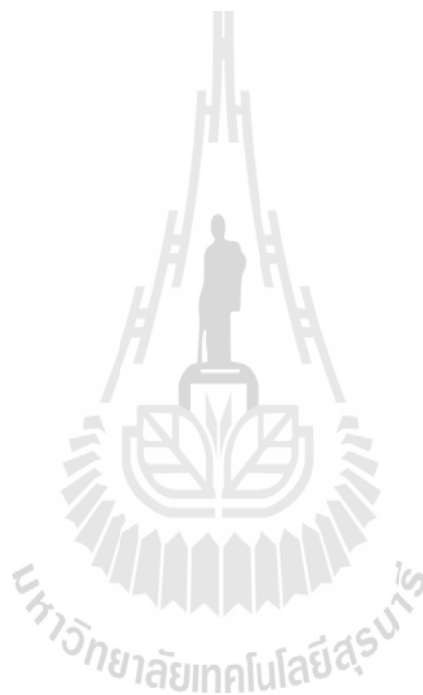
- Newell, R.C., Seiderer, L.J., Simpson, N.M., and Robinson, J.E. (2004). Impacts of marine aggregate dredging on benthic macrofauna off the South Coast of the United Kingdom. **Journal of Coastal Research**. 20(1): 115-125.
- Ng, P.K.L., Lai, J.C.Y., and Aungtonya, C. (2002). The box and moon crabs of Thailand, with description of a new species of *Calappa* (Crustacea: Brachyura: Calappidae, Matutidae). **Phuket Marine Biological Center Special Publication**. 23(2) 341-360.
- Nkwoji, J.A., Igbo, J.K., Adeleye, A.O. Obienu, J.A., and Tony-Obiagwu, M.J. (2010). Implications of bioindicators in ecological health: study of a coastal lagoon, Lagos, Nigeria. **Agriculture and Biology Journal of North America**. 1(4): 683-689.
- Nootchareon, D. (2009). **Polychaete in organic-enriched condition in Pak Phanang Bay, Nakhon Si Thammarat Province**. M.S. Thesis, Chulalongkorn University, Thailand.
- Nootmorn, P., Chayakun, R., and Chullasorn, S. (2003). **The Andaman ecosystem in Thailand**. Department of Fisheries. Bangkok.
- Office of the strategy management of Andaman. (2011). **Andaman development plan year 2010-2013** [on-line]. Available: <http://www.osmsouth-w.moi.go.th/submenu.php?page=37>.
- Office of the strategy management of South-border. (2011). **South-border development plan year 2010-2013** [on-line]. Available:<http://www.osm-south-border.go.th/develop/>.
- Oug, E. (2002). Lumbrineridae from the Andaman Sea, Thailand, with notes on Oeonidae and Dorvilleidae (Annelida: Polychaeta). **Phuket Marine Biological Center Special Publication**. 24: 117-138.
- Paxton, H. (1986). Generic revision and relationships of the family Onuphidae (Annelida: Polychaeta). **Record of the Australian Museum**. 38: 1-74.
- Pearson, T. H. and Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. **Oceanography and Marine Pollution Annual Review**. 16: 229-311.

- Pettibone, M.H. (1969). **Revision of the Aphroditoid polychaete of the family Eulepithidae Chamberlin (Eulepinae Darboux; Pareulepidae Hartman)**. Washington: Smithsonian Institute press.
- Pocklington, P. and Wells, P. G. (1992). Polychaetes key taxa for marine environmental quality monitoring. **Marine Pollution Bulletin**. 24(12): 593-598.
- Pollution Control Department. (2007). **Thailand Marine Water Quality Standard**. Pollution Control Department. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment.
- Pollution Control Department. (2010). **The forecast of oil spill and dispersion in the sea, impacts on natural resources and management and resolutions**. Bangkok: Kotchakorn Publishing.
- Pollution Control Department. (2012). **Thailand state of pollution report 2012**. Pollution Control Department. Ministry of Natural Resources and Environment. Bangkok.
- Pornpinatepong, S. (2005). Tidal circulation in Andaman Sea. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 27(2): 425-431.
- Poutiers, J.M. (1998). The living marine Resources of the Western Central Pacific. Volume I. Seaweeds, corals, bivalves and gastropods. In K.E. Carpenter and V.H. Niem (eds.). **FAO species identification guide for fisheries purposes**. (pp. 1-686). Rome: FAO.
- Rabaut, M., Guilini, K., Hoey, G. V. Vincx, M. and Degraer, S. (2007). A bio-engineered soft-bottom environment: The impact of *Lanice conchilega* on the benthic species-specific densities and community structure. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 75: 525-536.
- Simbora, N. and Zenetos, A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index. **Mediterranean Marine Science**. 3(2), 77-111.
- Sendall, K. and Salazar-Vallejo, S.I. (2013). Revision of *Sternaspis* Otto, 1821 (Polychaeta, Sternaspidae). **ZooKeys**. 286: 1-74.

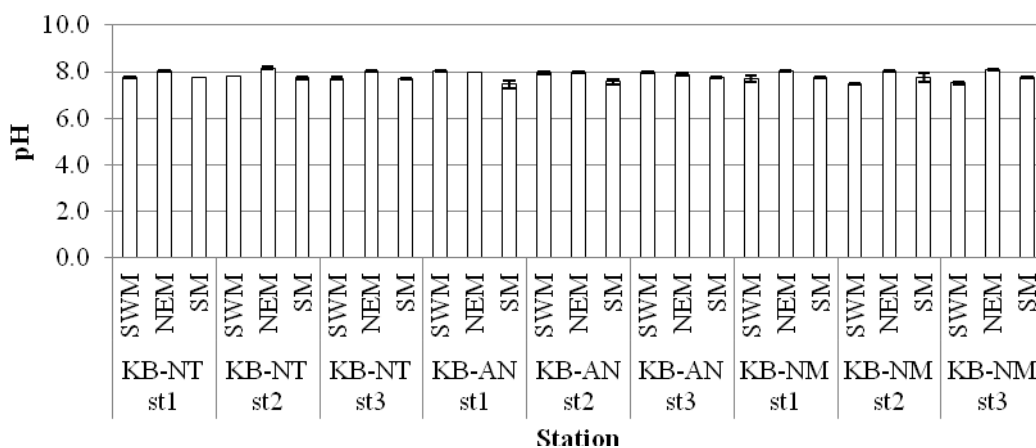
- Simeonov, V. J., Stratis, C. J., Samara, G. J., Zachariadis, D., Voutsas, A., Anthemidis, M., Sofriniou, T., and Kountzias, T. (2003). Assessment of the surface water quality in Northern Greece. **Water Resources**. 37(17): 4119-4124.
- Singh, K. P., Malik, A. D., Mohan, S., and Sinha, S. (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) - a case study. **Water resources**. 38(18): 3980-3992.
- Solis-Weiss, V., Aleffi, F., Bettoso, N., Rossin, P., Orel, G., and Fonda-Umani, S. (2004). Effects of industrial and urban pollution on the benthic macrofauna in the Bay of Muggia (industrial port of Trieste, Italy). **Science of the Total Environment**. 328: 247-263.
- Swennen, C., Moolenbeek, R.G., Ruttanadakul, N., Hobbelink, H., Dekker, H., and Hajisamae, S. (2001). **The mollusks of the Sothern Gulf of Thailand**. Bangkok: The Biodiversity Research and Training Program.
- Symboura, N., and Zenetos, A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic index. **Mediterranean Marine Science**. 3(2): 77-111.
- Tagliapietra, D. and Sigorini, M. (2010). Benthic fauna: Collection and identification. **Terra et Environment**. 80: 253-261.
- Tan, C.G.S., and Ng, P.K.L. (1999). A revision of the genus *Camptandrium stimpson*, 1858 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Camptandriidae). **Raffles Bulletin of Zoology**. 47(1): 194-219.
- Tan, L.T., and Chou, L.M. (1994). A new species of polychaete worm, *Tylonereis heterochaeta* (Polychaeta: Nereididae) from Singapore. **Raffles Bulletin of Zoology**. 42(3): 663-668.
- Tantikamton, K., Thanee, N., Jikpukdee, S., and Potter, M. (2015). Species diversity and ecological characteristics of benthic macroinvertebrates in the intertidal zone of Satun province, Thailand and the first record of *Petersenaspis* sp. **International Journal of Advances in Agricultural and Environmental Engineering**. 2(1):23-27.

- Todd, P.A., Ong, X., Chou, L.M. (2010). Impacts of pollution on marine life in Southeast Asia. **Biodiversity and Conservation**. 19: 1063-1082.
- Worsfold, T and Hall, D. (2010). **Guidelines for processing marine macrobenthic invertebrate sample: a processing requirements protocol**. National Marine Biological Quality Control Science, England.
- Uebelacker, J.M., and Johnson, P.G. (eds). (1984). **Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico**, Volume 2. Alabama: B. A. Vittor & Associates. 249 p.
- Uebelacker, J.M., and Jones, M.L. (eds). (1984). **Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of Mexico**, Volume 3. Alabama: B. A. Vittor & Associates. 197 p.
- Vander, P. M. (1997). Effect of model structure on the accuracy and uncertainty of results from water quality models. **Hydrological Processes**. 11(3): 227-239.
- Weisberg, S. B., Ranasinghe, J. A., Schaffner, L. C., Diaz, R. J., Dauer, D. M., and Frithsen, J. B. (1997). An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay. **Estuaries**. 12(1): 149-158.
- Williams, J.D. (2007). New records and description of four new species of spionids (Annelida: Polychaeta: Spionidae) from the Philippines: the genera *Dispio*, *Malaceros*, *Polydora*, and *Scolelepis*, with notes on palp ciliation patterns of the genus *Scolelepis*. **Zootaxa**. 1459: 1-35.
- Yamanashi, R. (1998). Ten species of *Pisione* (Annelida: Polychaeta: Pisionidae) from Japan and evolutionary trends in the genus based on comparison of male copulatory apparatus. **Publications of the Seto Marine Biological Laboratory**. 38(3/4): 83-145.
- Yokoyama. H. (2007). A revision of the genus *Paraprionospio* Caullery (Polychaeta: Spionidae) **Zoological Journal of the Linnean Society**. 151: 252-284.
- Yokoyama, H., and Sukumaran, S. (2012). First records of three *Paraprionospio* species (Polychaeta: Spionidae) from Indian waters. **Cahiers de Biologie Marine**. 53: 279-287.

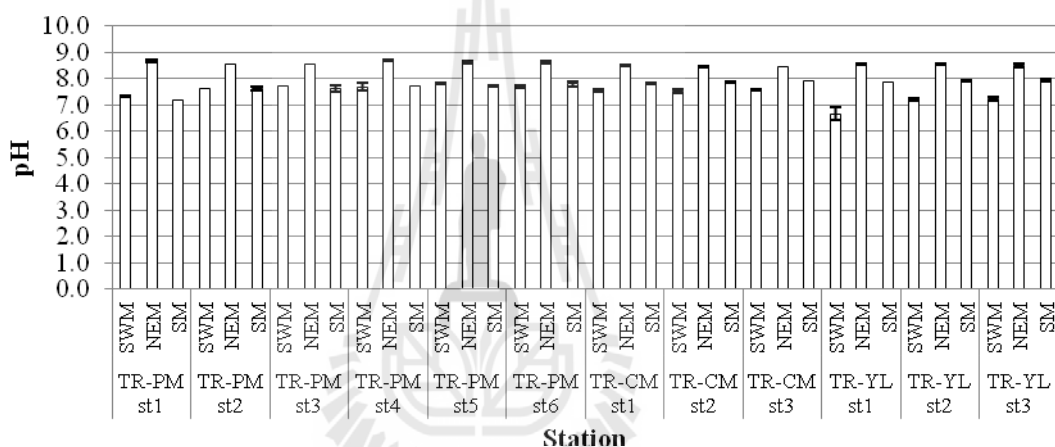
- Yong, A. Y. P. and Lim, S. S. L. (2009). The potential of *Ocypode ceratophthalmus* (Pallas, 1772) as a bioindicator of human disturbance on Singapore beaches. **Crustaceana**. 82(12): 1579-1597.
- Zulkifli, S. Z., Ismail, A., and Mohamat-Yusuff, F. (2012). Bioaccumulation of selected heavy metals in soldier crabs, *Dotilla myctiroides* (Decapoda: Ocypodidae) from Bagan Lalang, Selangor, Malaysia. **Acta Biologica Malaysiana**. 1(3): 94-100.



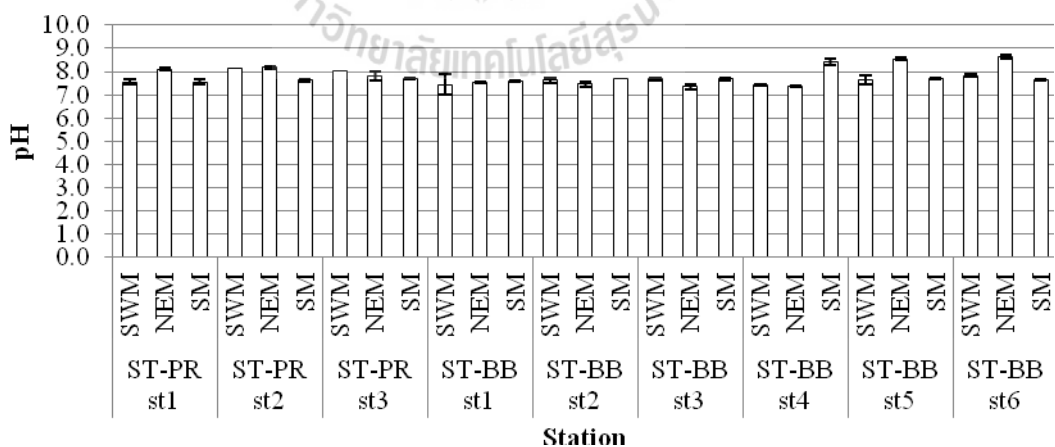




(a)

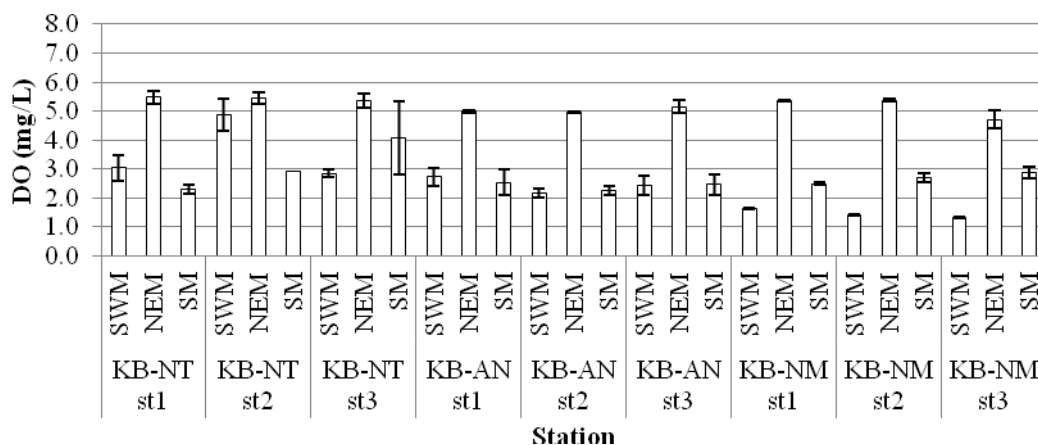


(b)

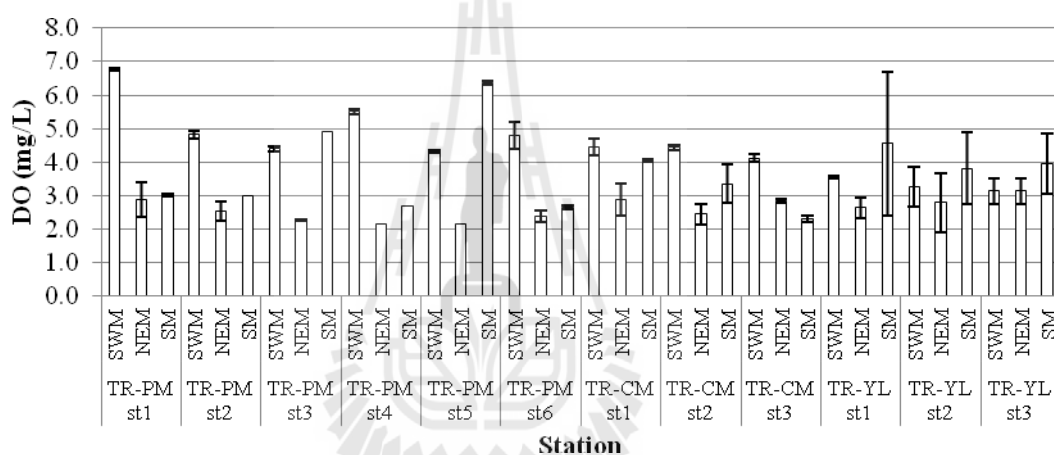


(c)

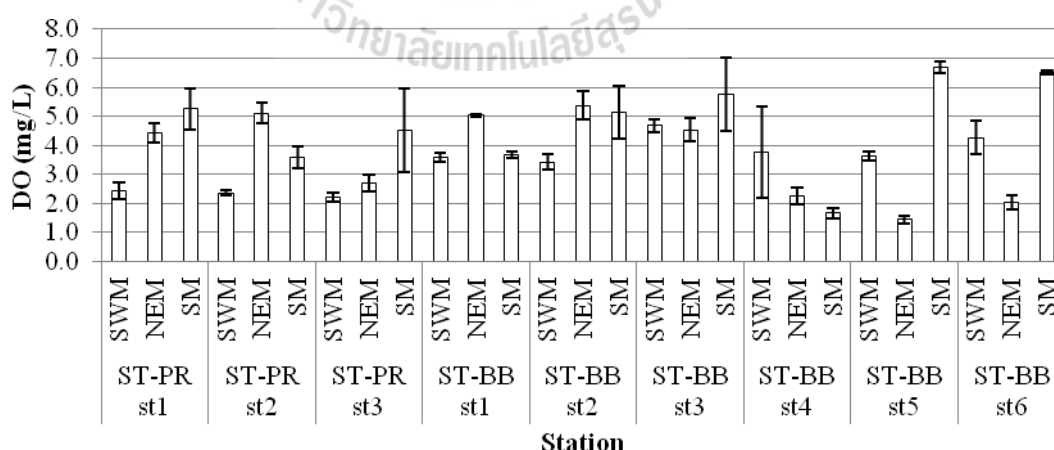
ภาพที่ A1.1 ความเป็นกรด-เบสของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

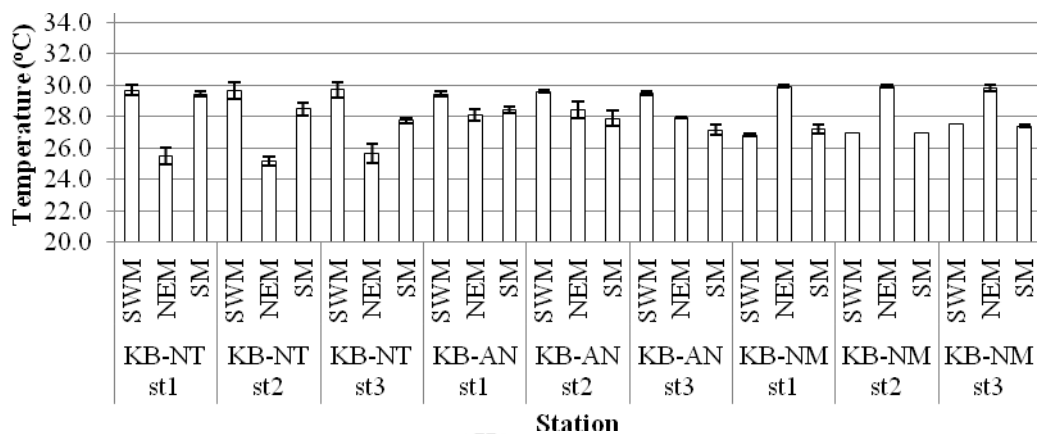


(b)

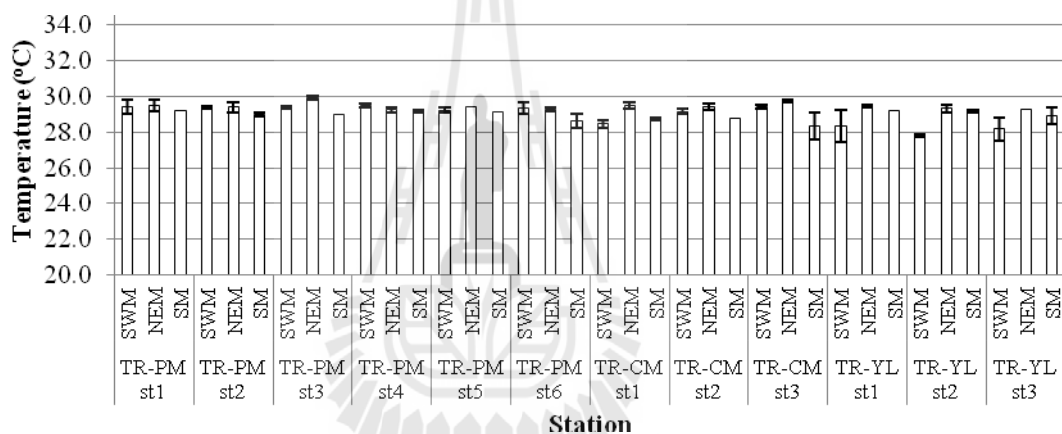


(c)

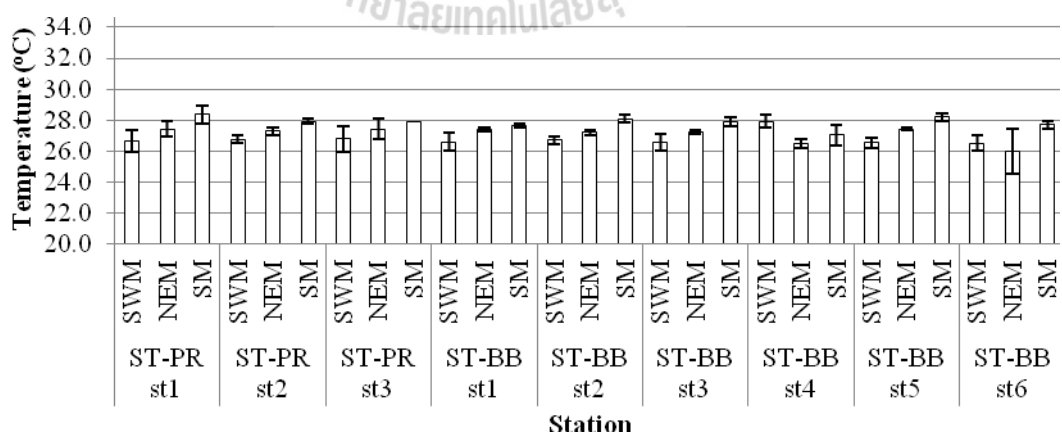
ภาพที่ A1.2 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

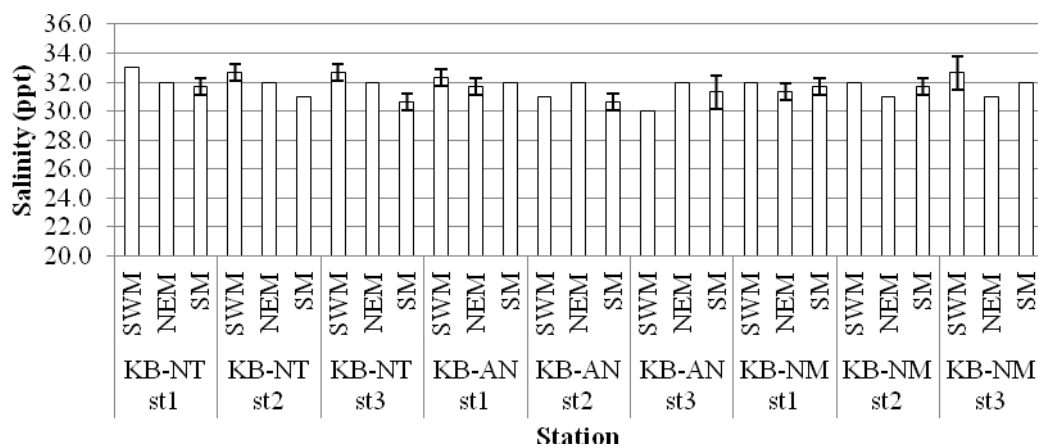


(b)

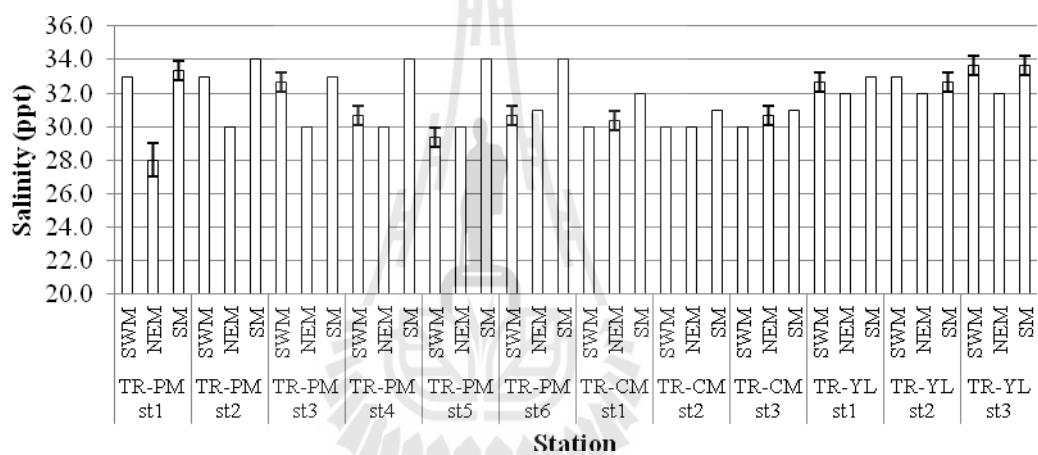


(c)

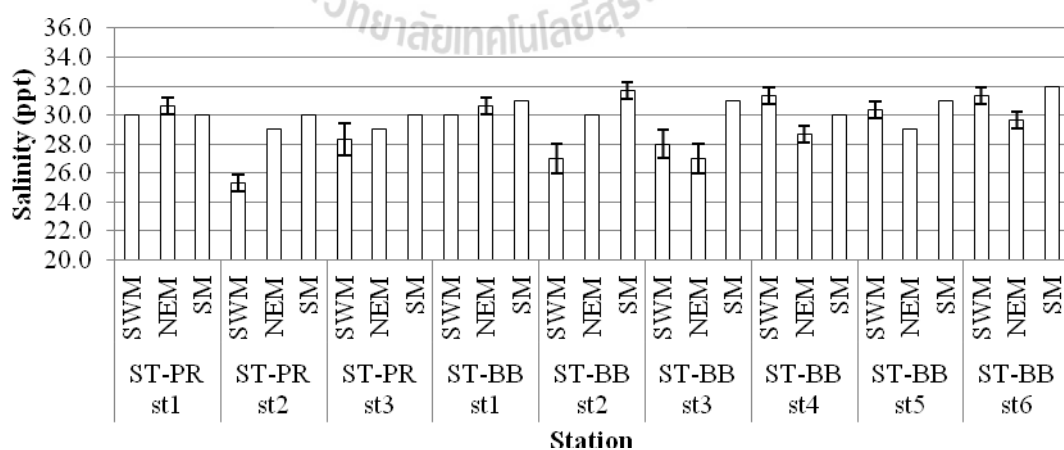
ภาพที่ A1.3 อุณหภูมิน้ำของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

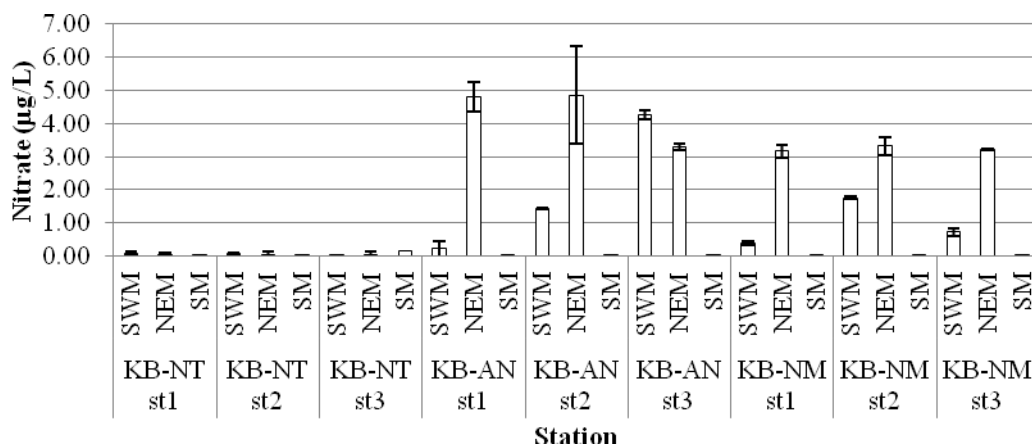


(b)

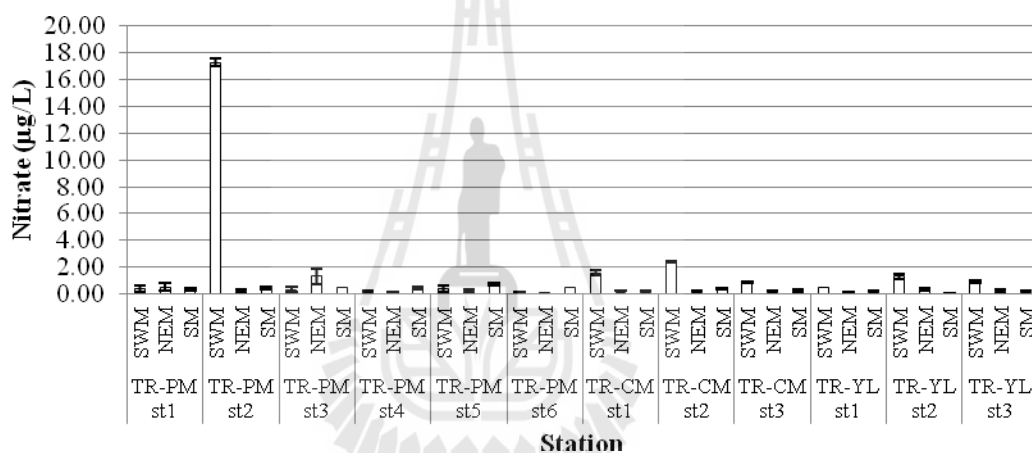


(c)

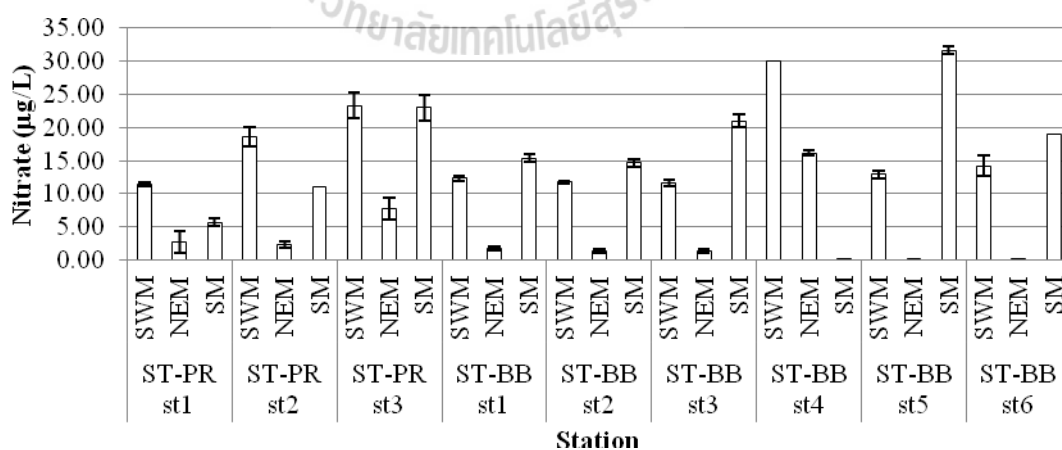
ภาพที่ A1.4 ความเค็มของน้ำของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

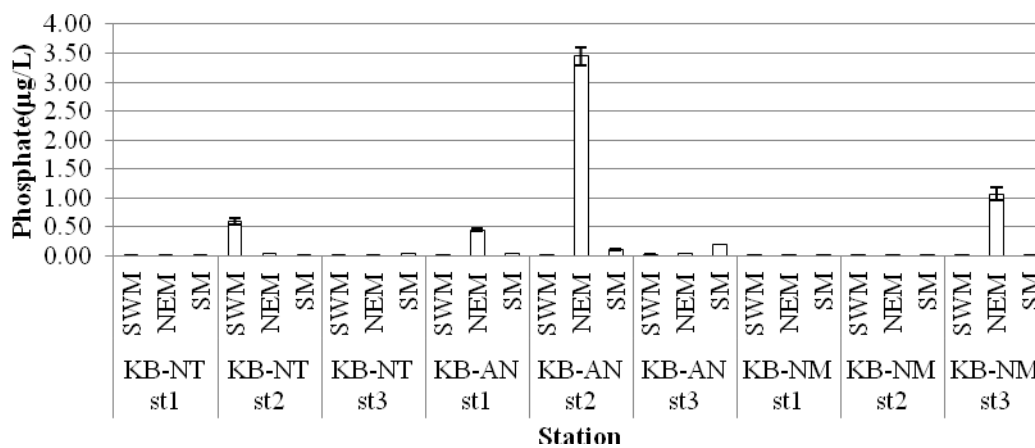


(b)

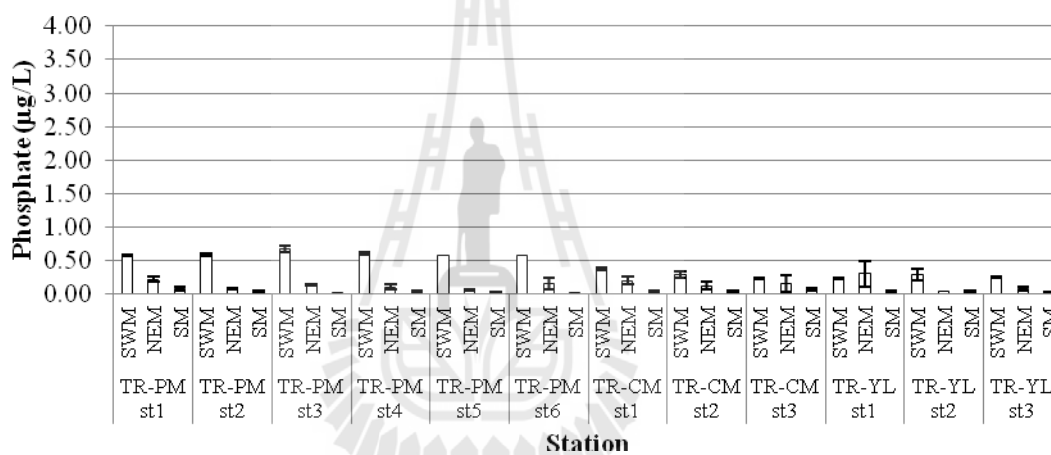


(c)

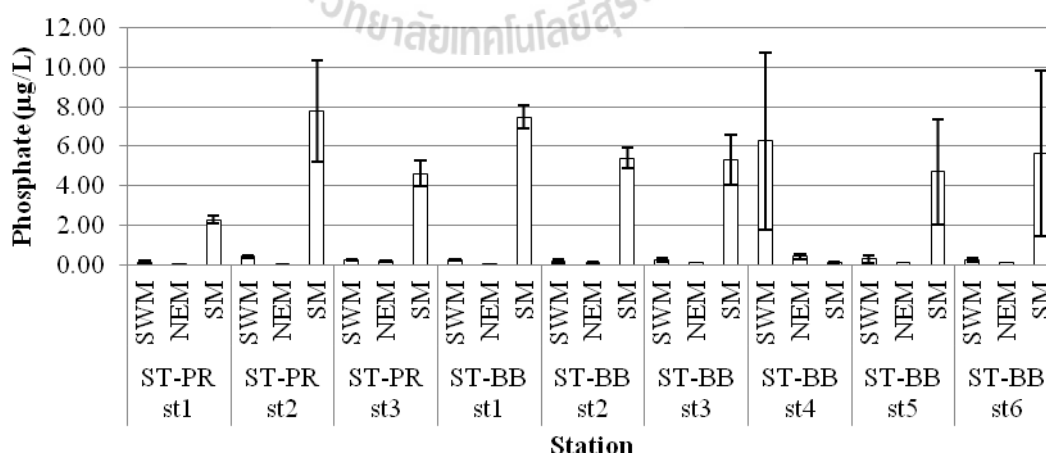
ภาพที่ A1.5 ปริมาณไนเตรตในน้ำของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

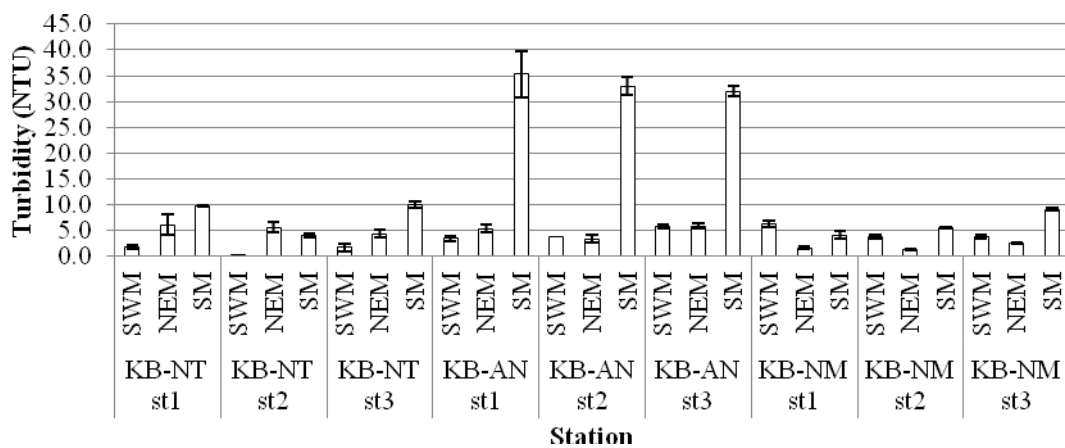


(b)

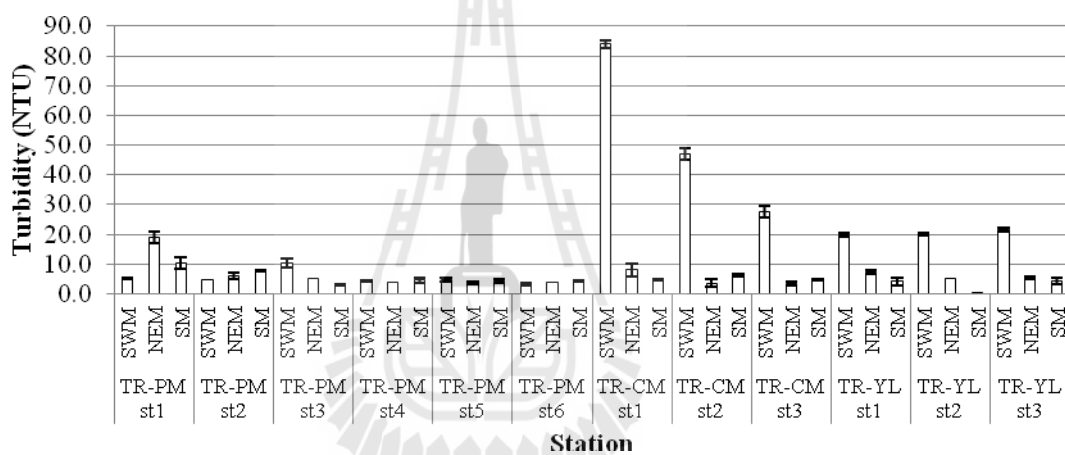


(c)

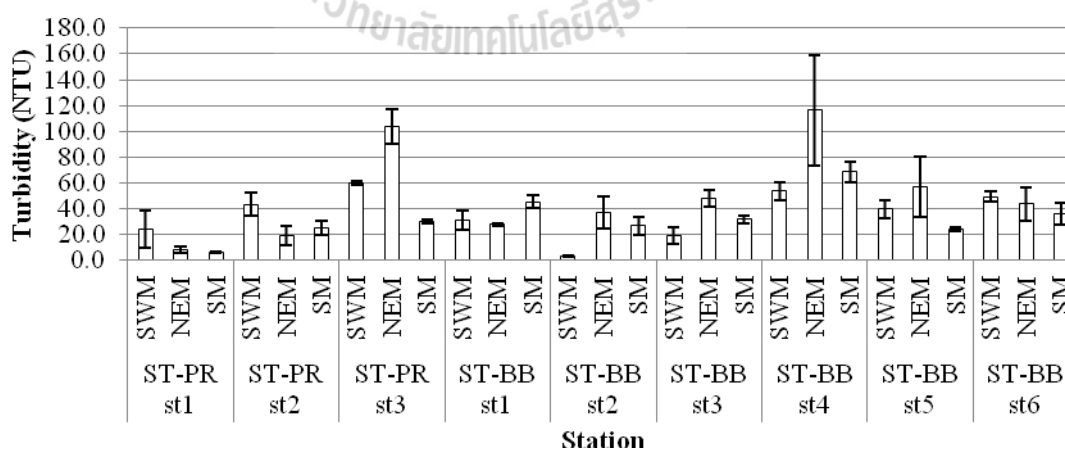
ภาพที่ A1.6 ปริมาณฟอสเฟตในน้ำของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

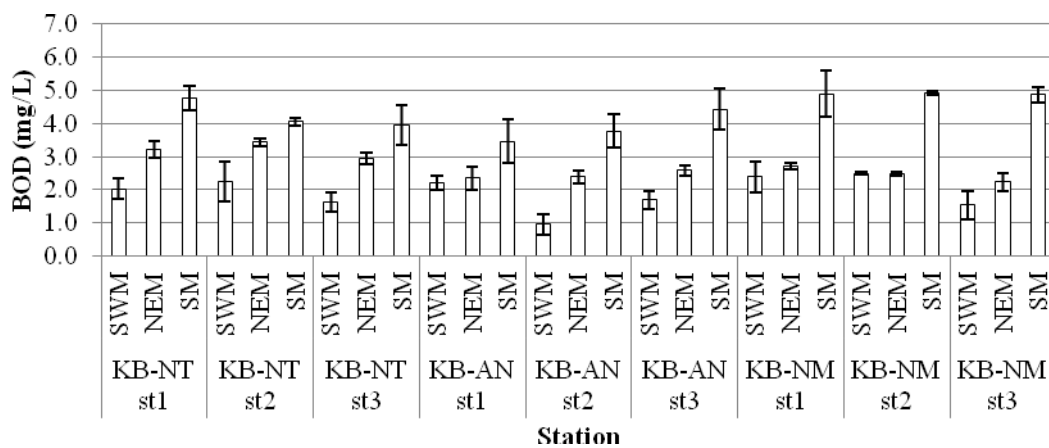


(b)

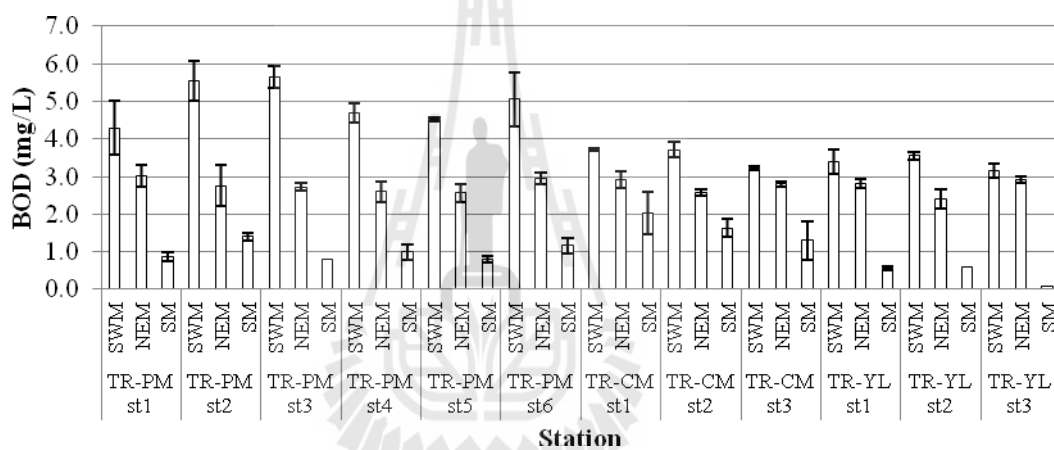


(c)

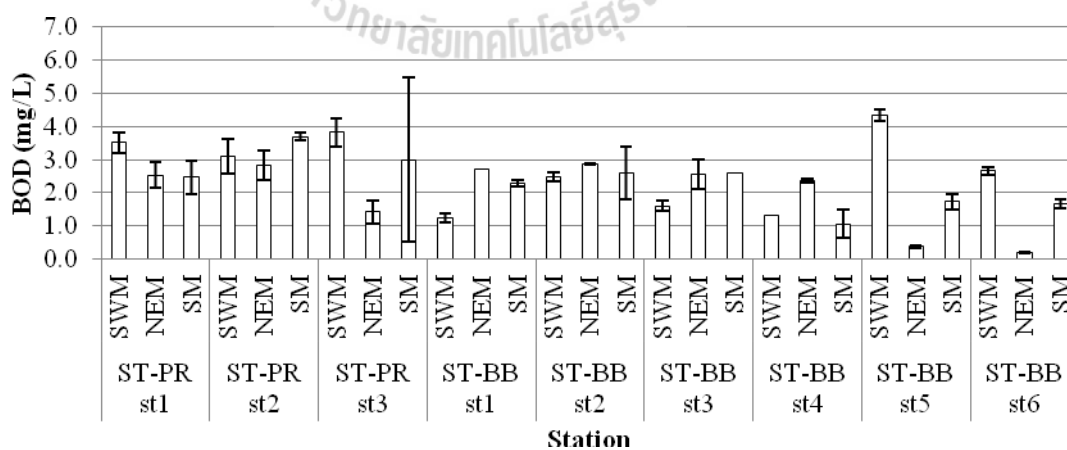
ภาพที่ A1.7 ความขุ่นของน้ำสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

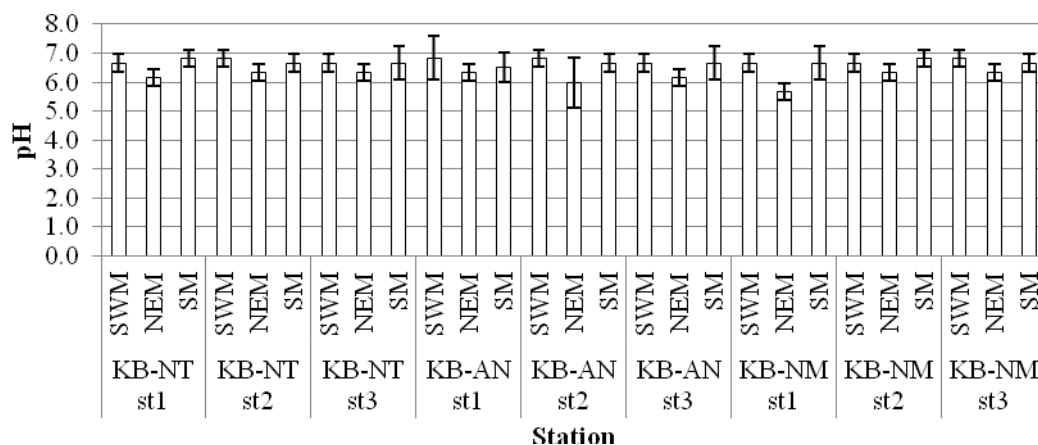


(b)

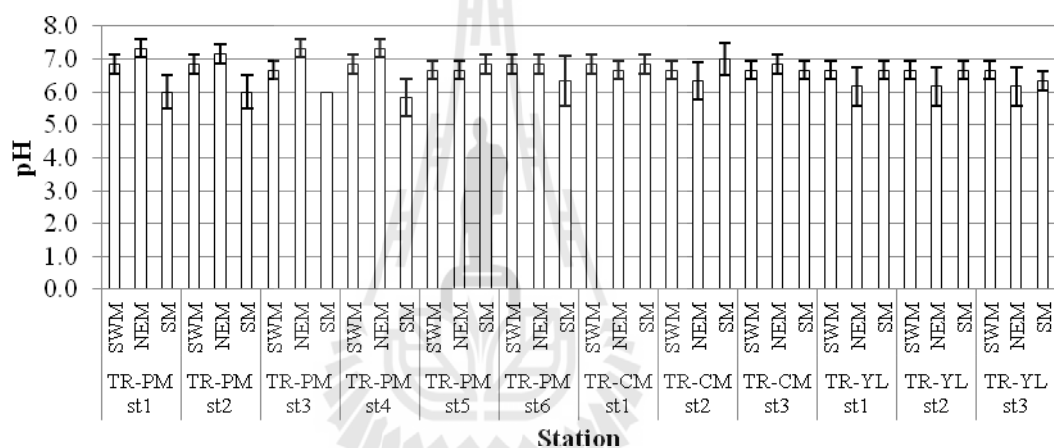


(c)

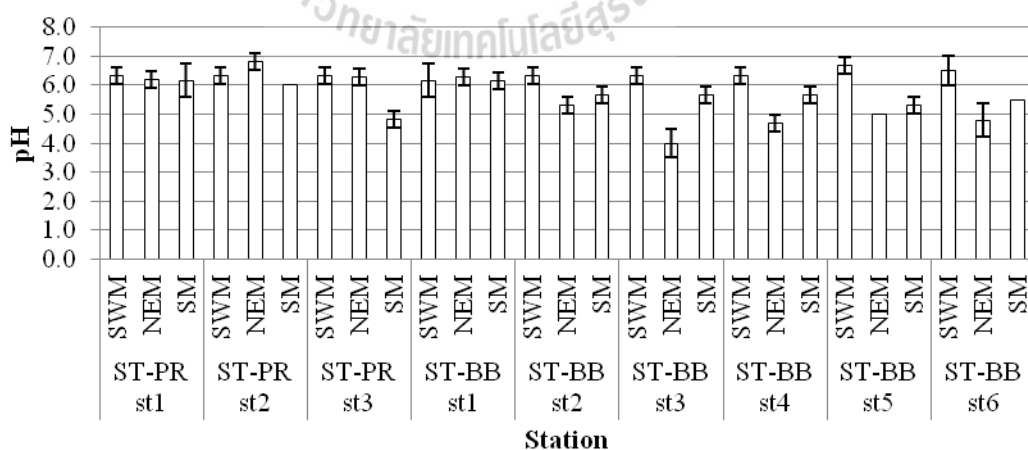
ภาพที่ A1.8 BOD ของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

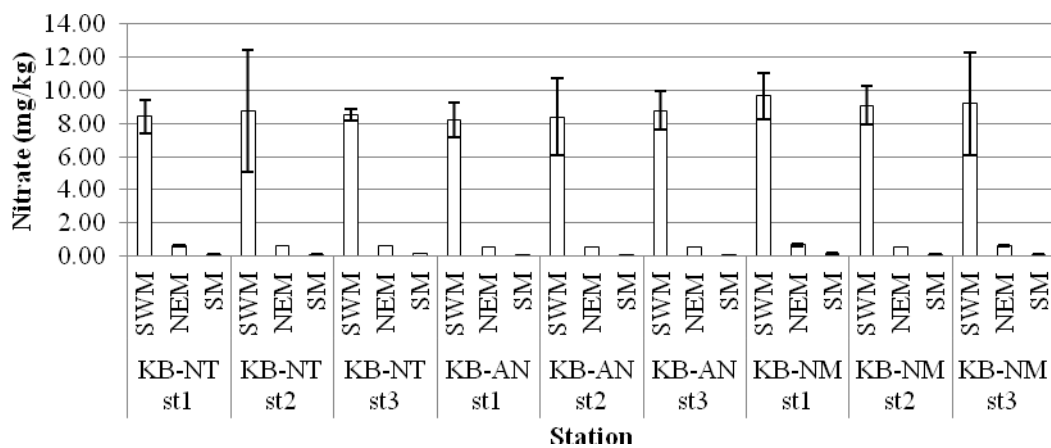


(b)

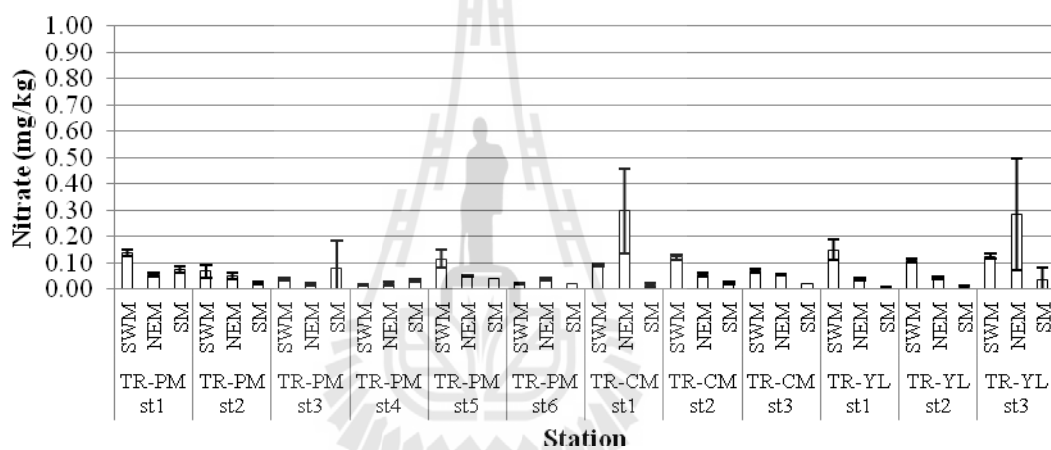


(c)

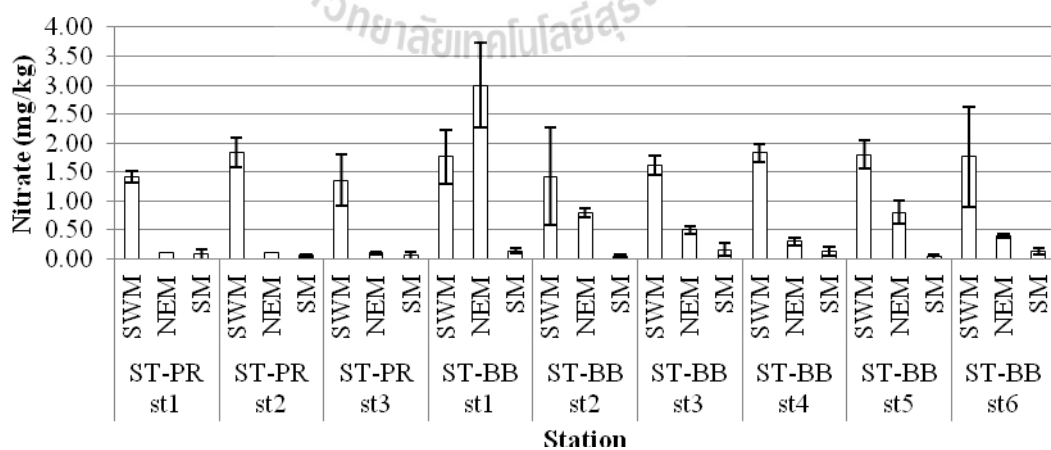
ภาพที่ A2.1 ความเป็นกรด-เบสในดินของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

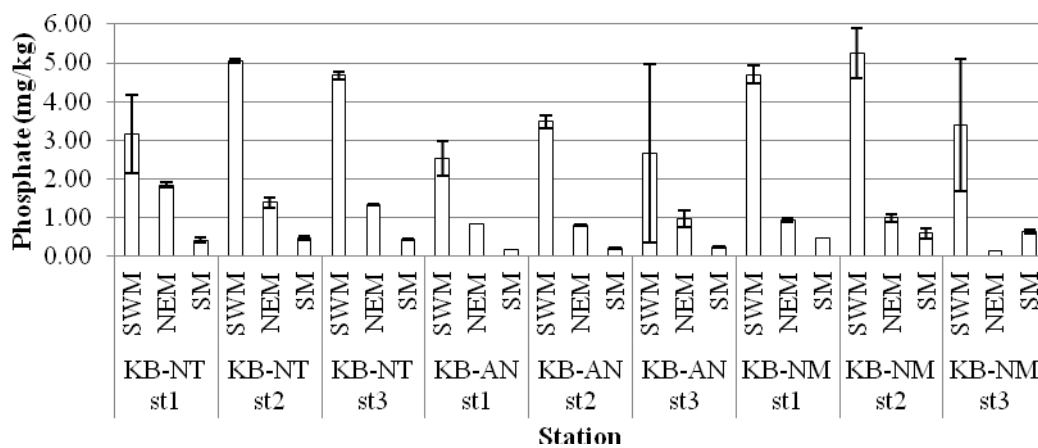


(b)

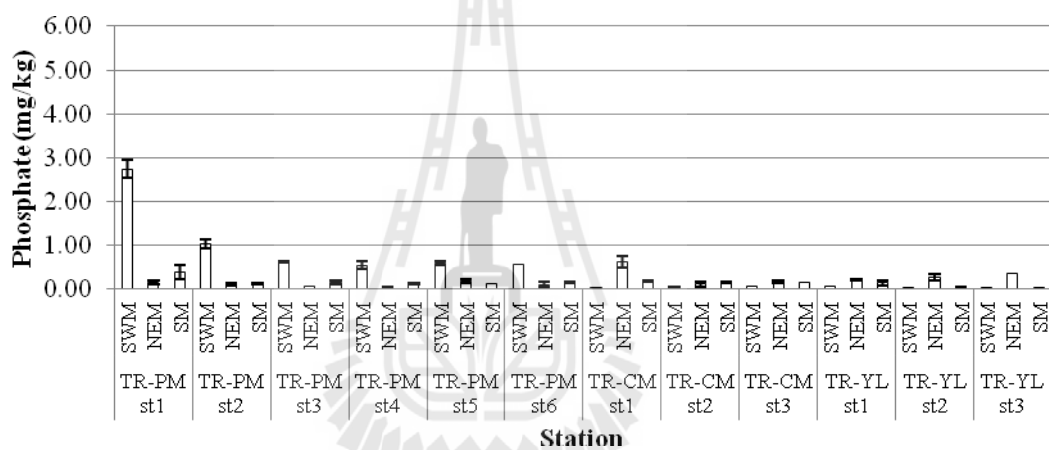


(c)

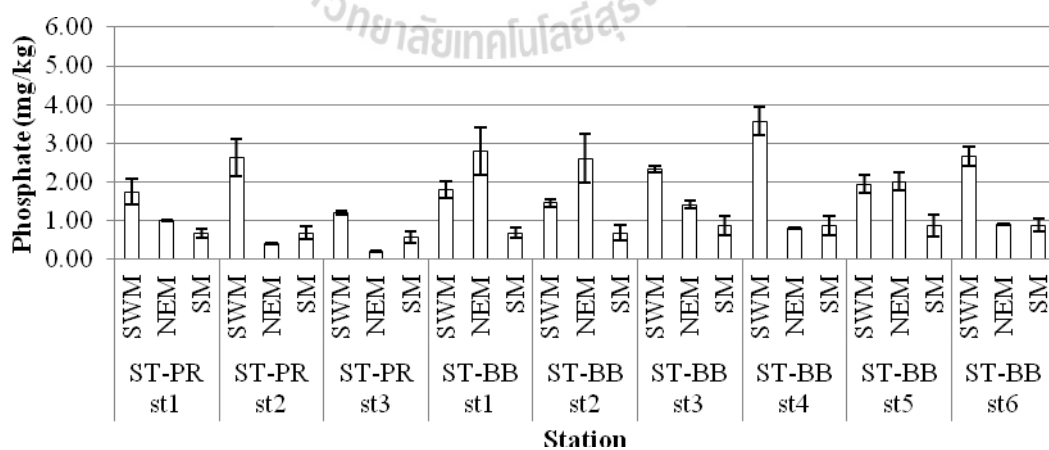
ภาพที่ A2.2 ปริมาณไนเตรตในตะกอนดินของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

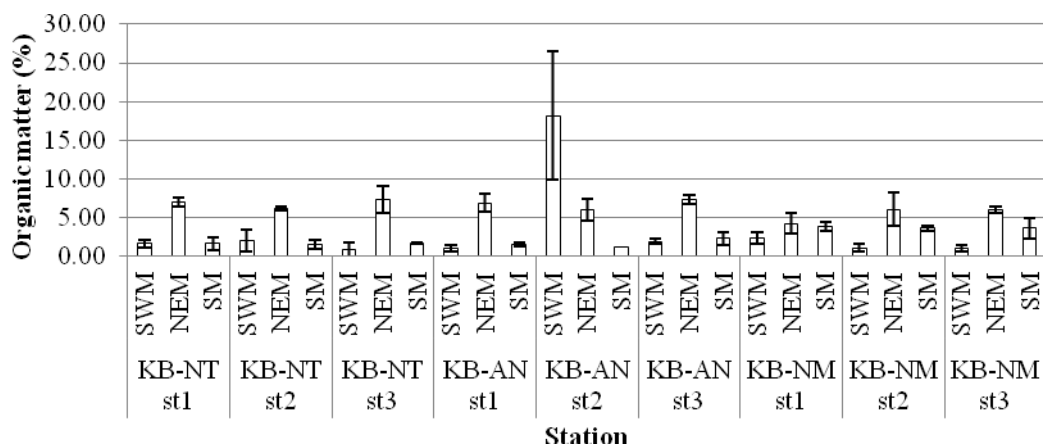


(b)

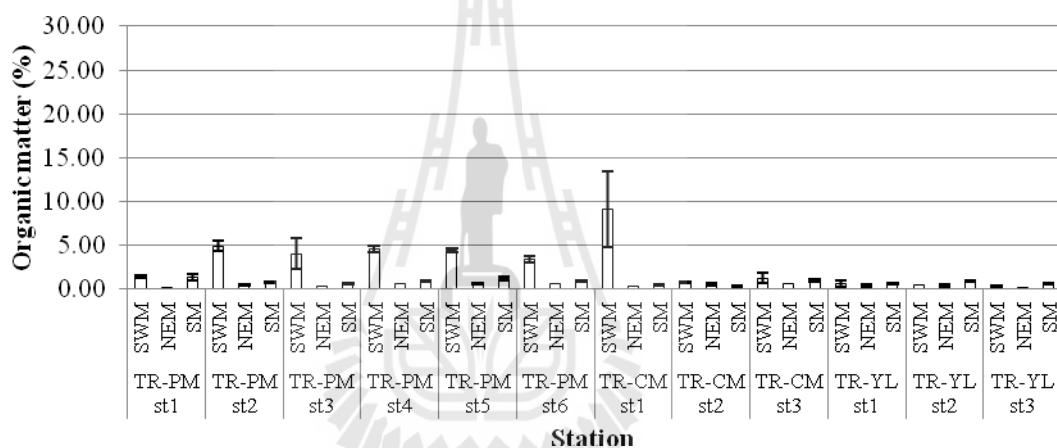


(c)

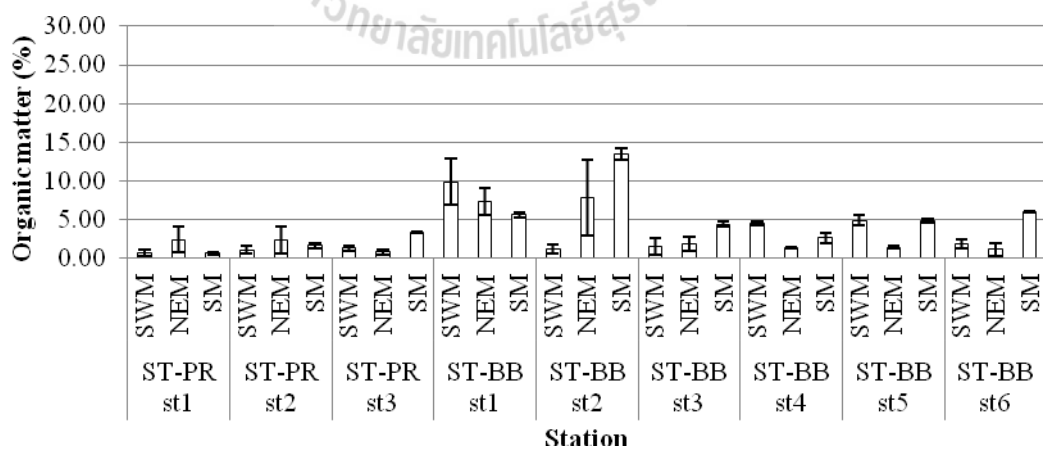
ภาพที่ A2.3 ปริมาณฟอสเฟตในตะกอนดินของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)

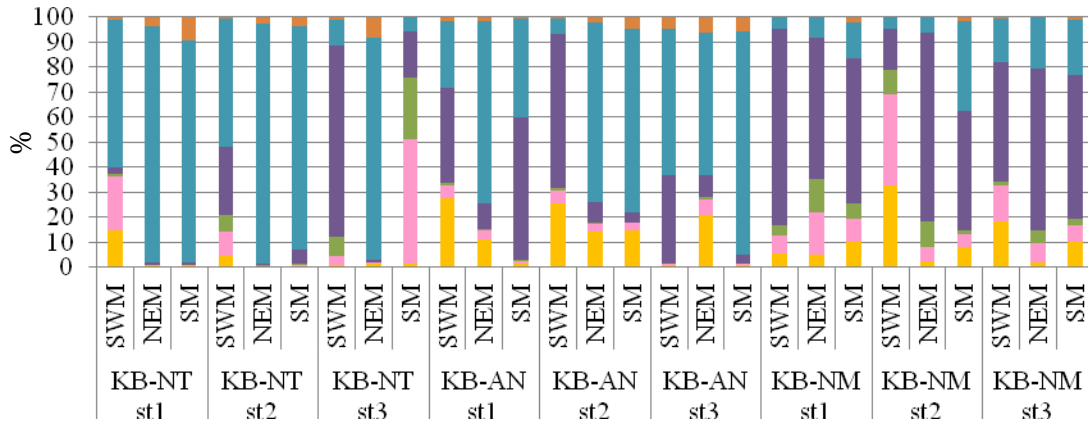


(b)

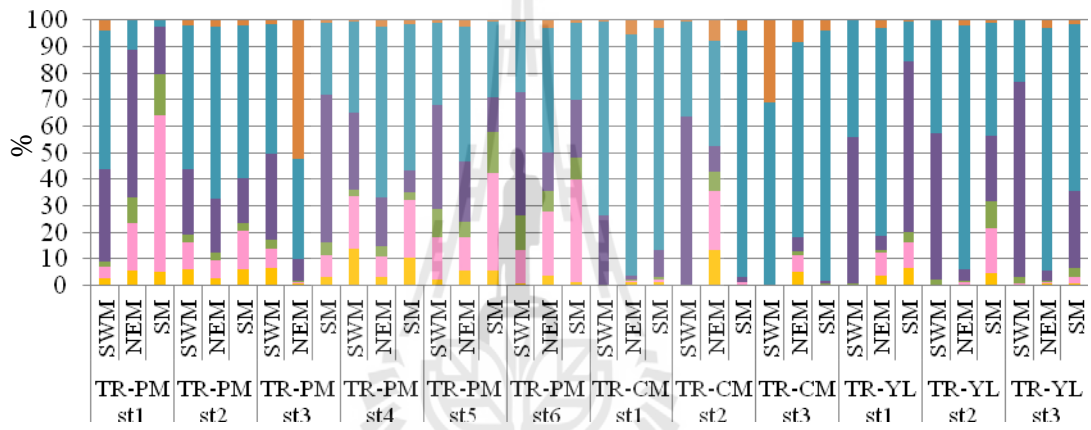


(c)

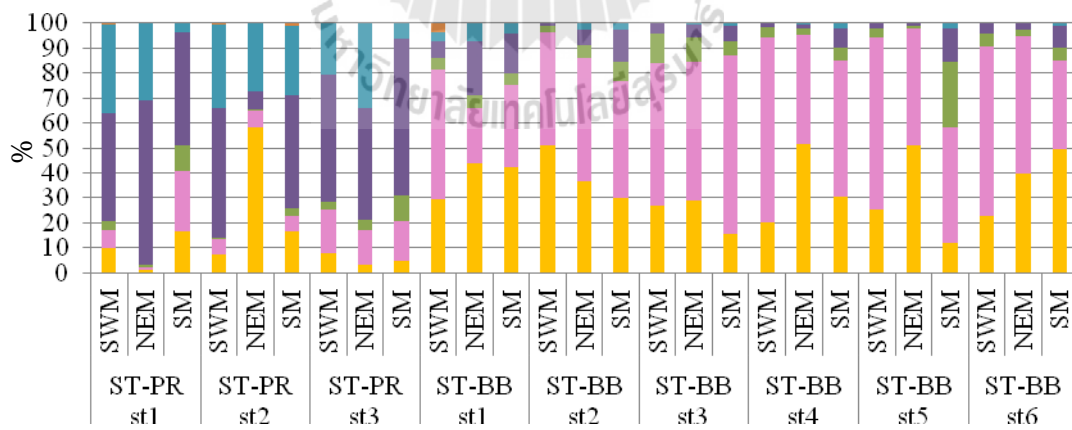
ภาพที่ A2.4 ปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล



(a)



(b)



(c)

■ 0.71mm ■ 0.3mm ■ 0.25mm ■ 0.15mm ■ 0.075mm ■ <0.075 mm

ภาพที่ A3.1 เปอร์เซ็นต์อนุภาคตะกอนดินของสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี (a) จังหวัดกระบี่ (b) จังหวัดตรัง และ (c) จังหวัดสตูล

ภาคผนวก ข

ภาพแสดงสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่พบในสถานีเก็บตัวอย่าง 30 สถานี





Scoloplos (Leodamas) gracilis



Scoloplos (Scoloplos) marsupialis



Scoloplos (Scoloplos) tumidus



Scoloplos (Scoloplos) sp. 1



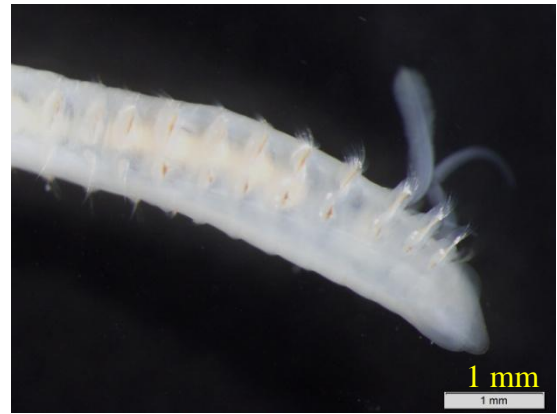
Scoloplos (Scoloplos) sp. 2



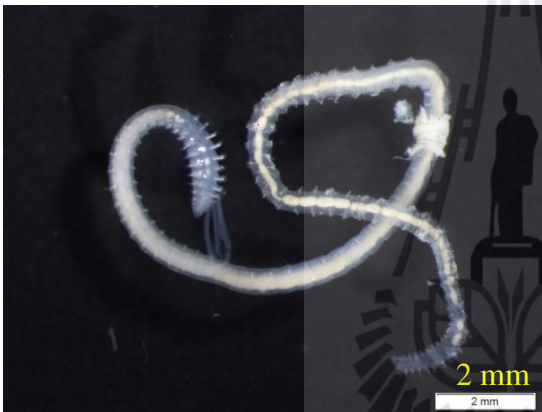
Scoloplos (Scoloplos) sp. 3



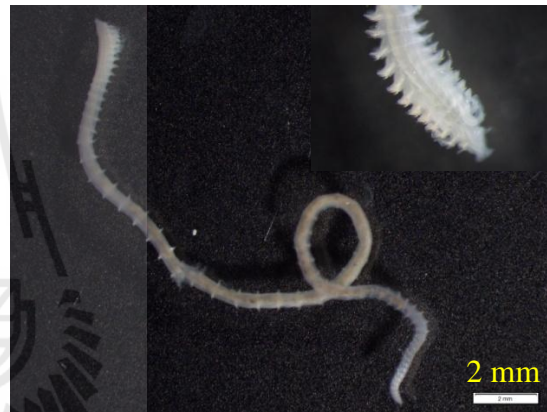
Scolelepis (Scolelepis) sp.



Paraprionospio cf. oceanensis



Paraprionospio sp.



Prionospio (Prionospio) steenstrupi



Dispio latilamella



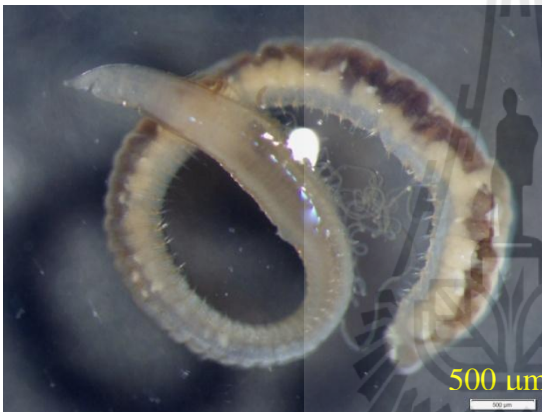
Magelona cf. cincta



Magelona conversa



Magelona sacculata



Aphelochaeta sp.



Timarete sp.



Chaetozone sp. 1



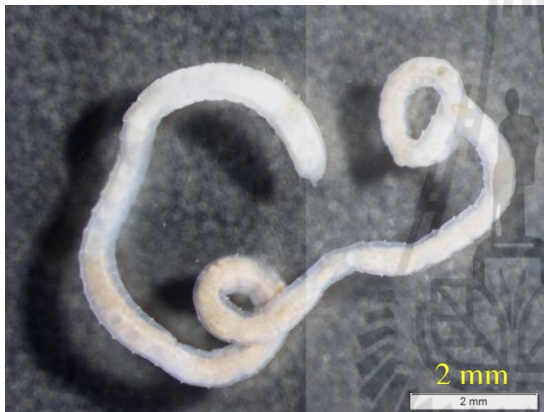
Chaetozone sp. 2



Monticellina sp.



Mediomastus sp.



Heteromastus filiformis



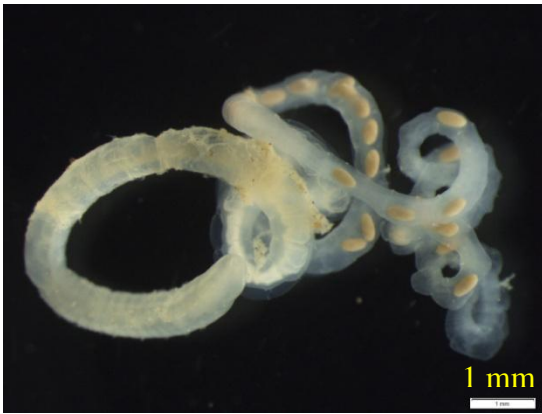
Heteromastus sp. 1



Heteromastus sp. 2



Heteromastus sp. 3



Heteromastus sp. 4



Capitellus branchiferus



Euclymene annandalei



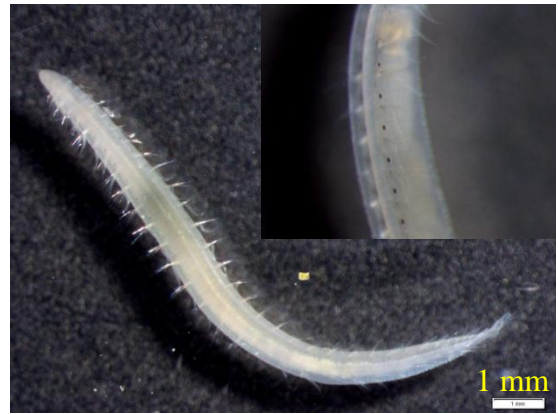
Axiothella obockensis



Ophelina sp. 1



Ophelina sp. 2



Armandia sp.



Asclerocheilus sp.



Anaitides sp.



Phyllodoce sp.



Eteone sp.



Grubeulepis geayi



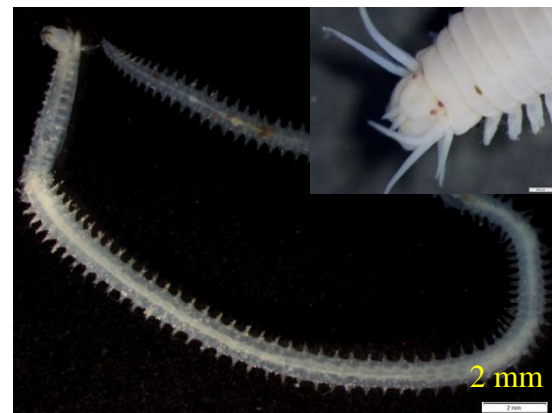
Lepidonotus sp.



Pisione sp.



Sigambra pettiboneae



Neanthes caudata



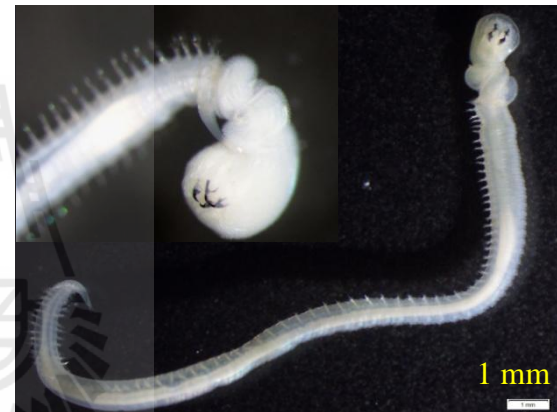
Neanthes sp.



Dendronereis arborifera



Tylonereis heterochaeta



Glycera alba



Glycera natalensis



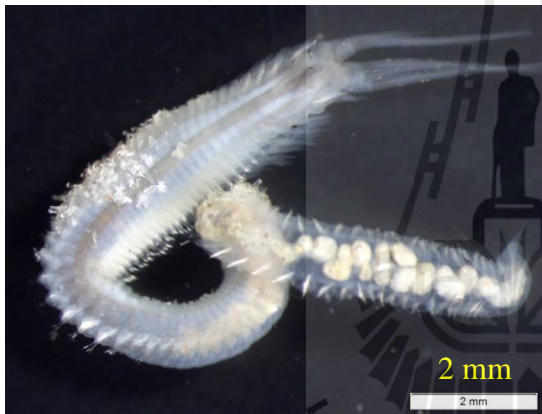
Glycera sp.



Goniadopsis incerta



Linopherus canariensis



Diopatra amboinensis



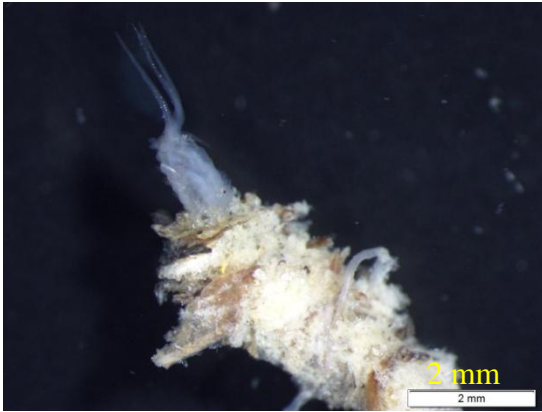
Diopatra semperi



Diopatra sugokai



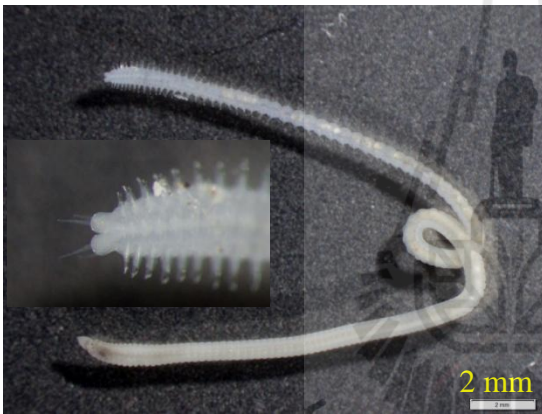
Diopatra sp. 1



Diopatra sp. 2



Marphysa macintoshi



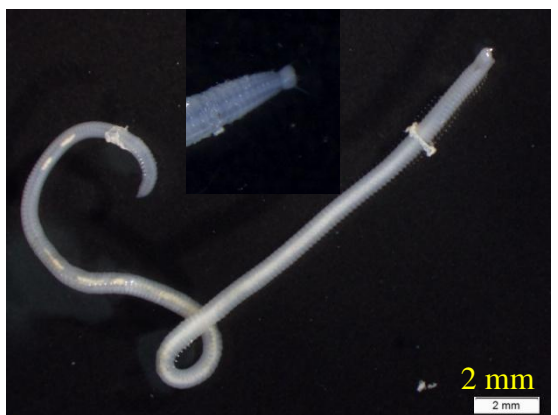
Lumbrineris heteropoda



Lumbrineris sp. 1



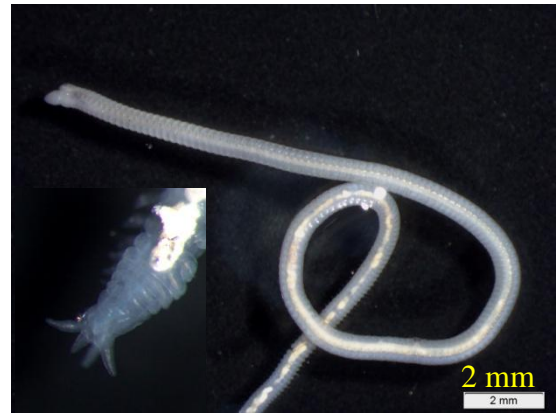
Lumbrineris sp. 2



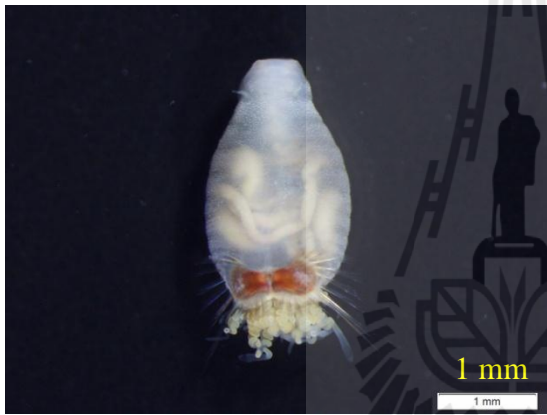
Scoletoma sp. 1



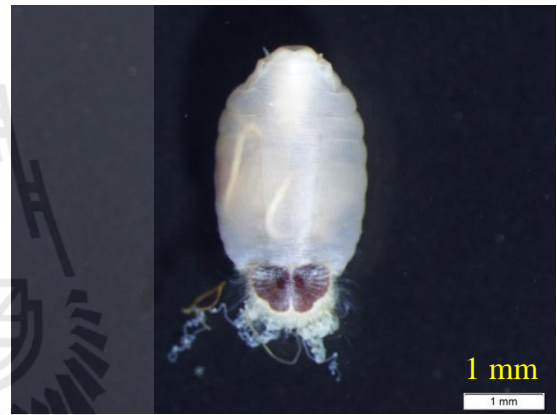
Scoletoma sp. 2



Scoletoma sp. 3



Sternaspis andamanensis



Petersenaspis sp.



Owenia fusiformis



Lanice conchilega



Chone sp.



Pillucina sp.



Mactra olorina



Mactra cuneata



Siliqua radiata



Siliqua fasciata



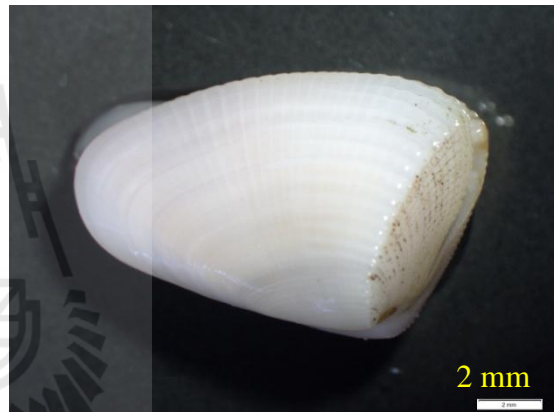
Chlamys sp.



Tellina sp. 1



Tellina sp. 2



Donax cuneatus



Donax incarnatus



Donax faba



Donax scortum



Gari (Psammotaea) elongata



Meretrix sp.



Pitar sp.



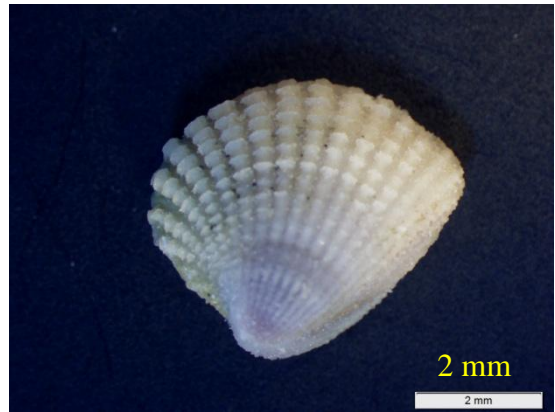
Anadora granosa



Paphia gallus



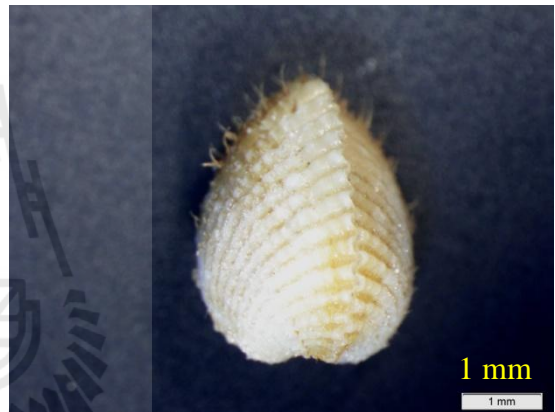
Timoclea scabra



Timoclea imbricata



Circe scripta



Fragum fragum



Umbonium vestiarium



Cerithium corallium



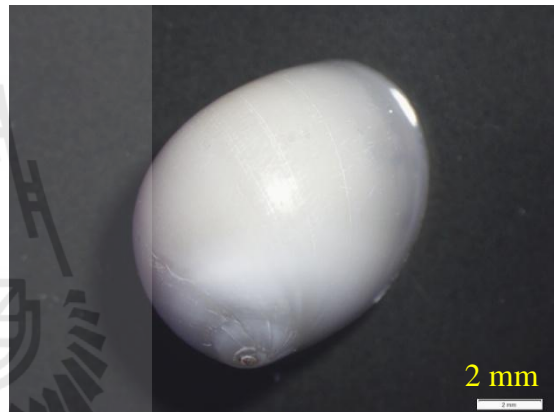
Clithon oualaniensis



Natica tigrina



Natica vitellus



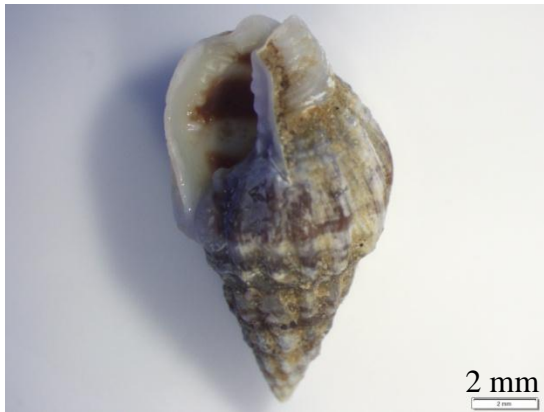
Polinices mammilla



Nassarius pullus



Nassarius livescens



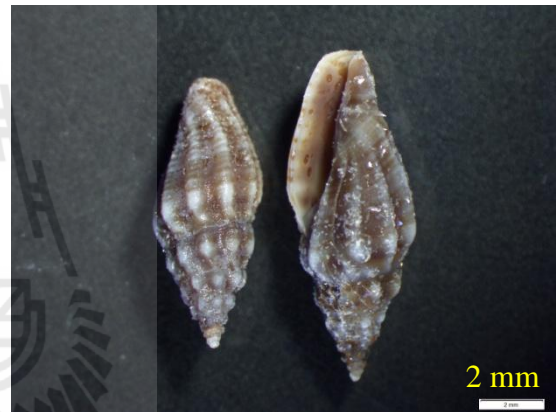
Nassarius jacksonianus



Nassarius stolatus



Nassarius globosus



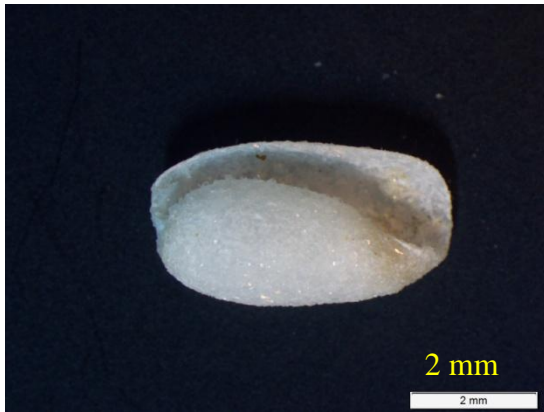
Vexillum sp.



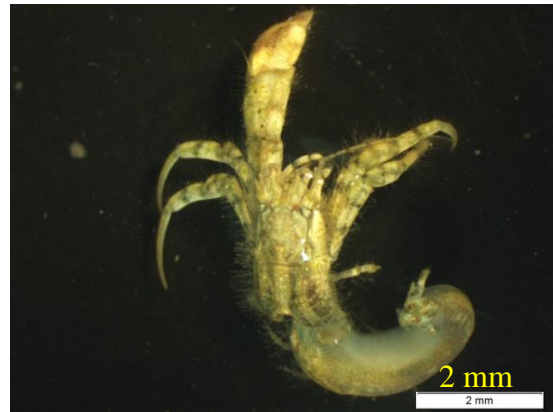
Turricula javana



Lodderia novemcarinata



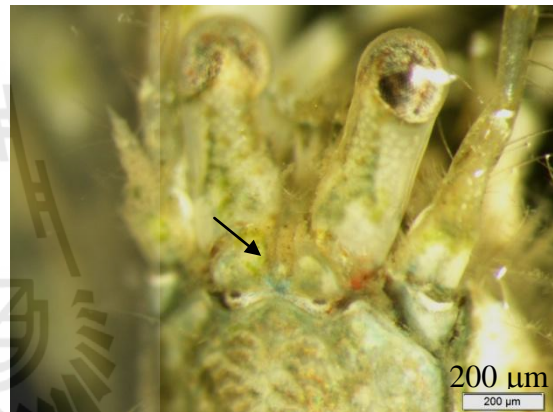
Alys cylindricus



Diogenes klassi



Diogenes dubius



Diogenes planimanus



Philyra olivacea



Philyra platycheira



Matuta victor



Dotilla intermedia



Dotilla myctiroides



Ocypode ceratophthalma



Ocypode macrocera



Scopimera proxima



Macrophthalmus convexus



Camptandrium sexdentatum

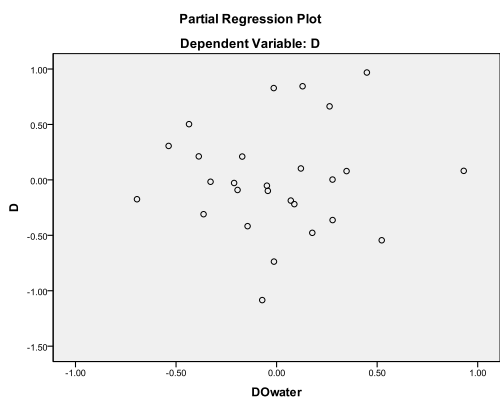


Lingula sp.

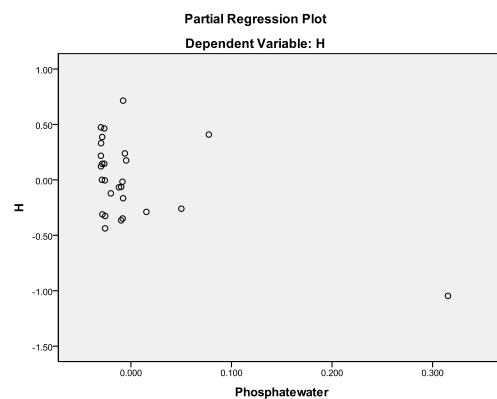
ภาคผนวก ค

ภาพแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศ

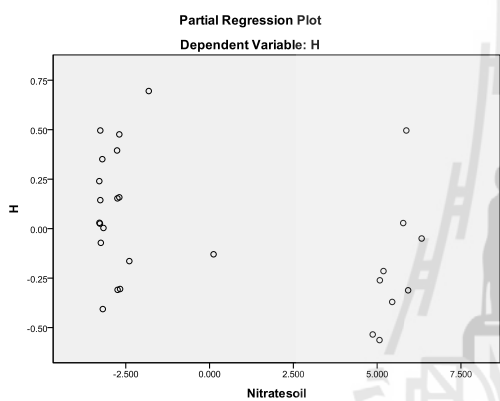




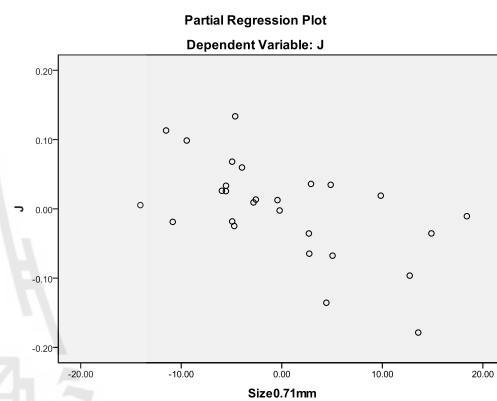
(a) D และ dissolved oxygen



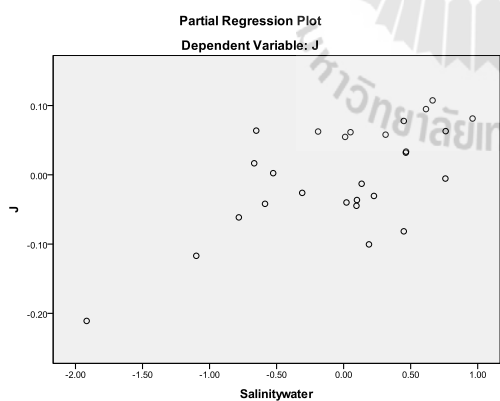
(b) H และ phosphate concentration in water



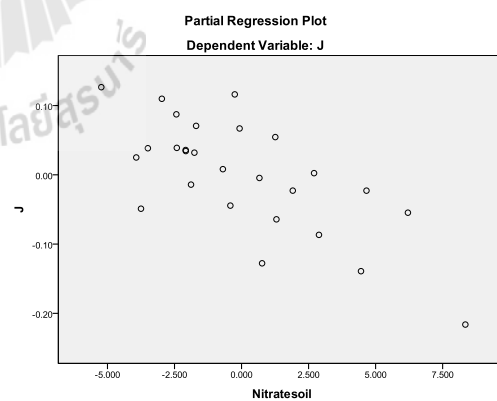
(c) H และ nitrate concentration in sediment



(d) J และ sediment size 0.71mm

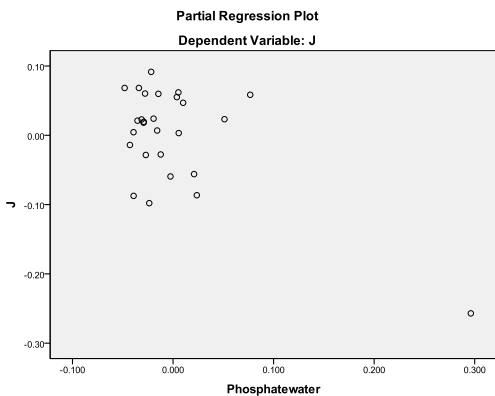


(e) J และ water salinity

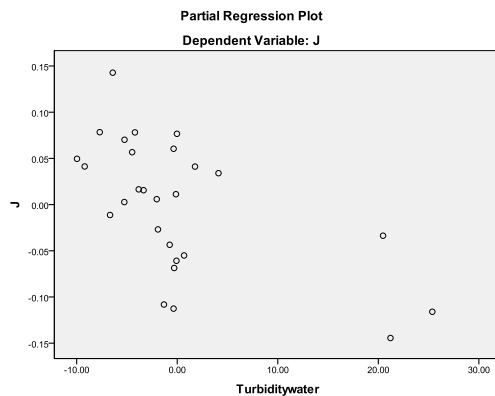


(f) J และ nitrate concentration in sediment

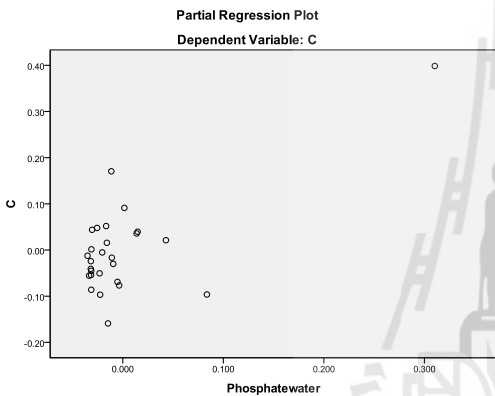
ภาพที่ C.1.1 กราฟสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่



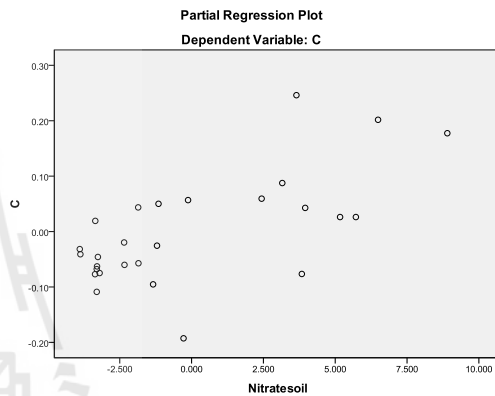
(g) J และ phosphate concentration in water



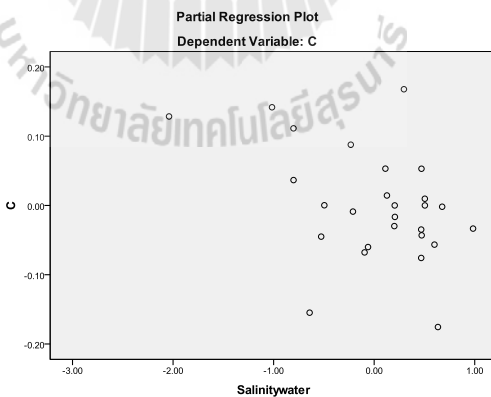
(h) J และ water turbidity



(i) C และ phosphate concentration in water

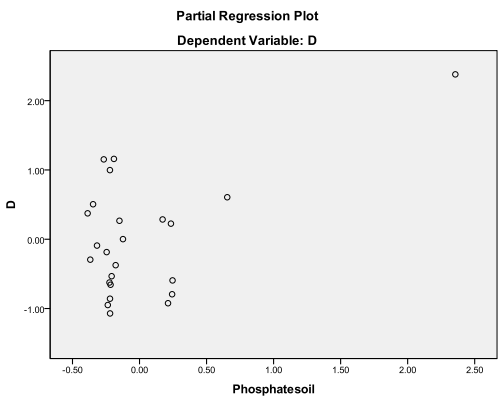


(j) C และ nitrate concentration in sediment

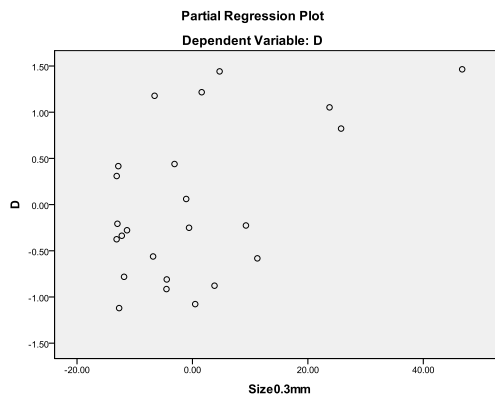


(k) C และ water salinity

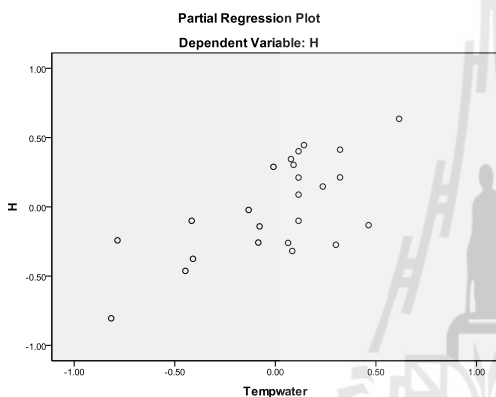
ภาพที่ C1.1 (ต่อ) กราฟสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดกระบี่



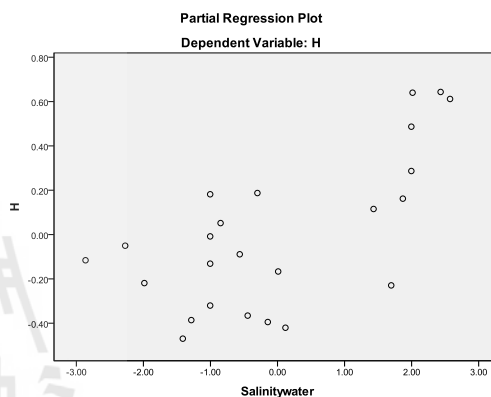
(a) D และ phosphate concentration in sediment



(b) D และ sediment size 0.3 mm

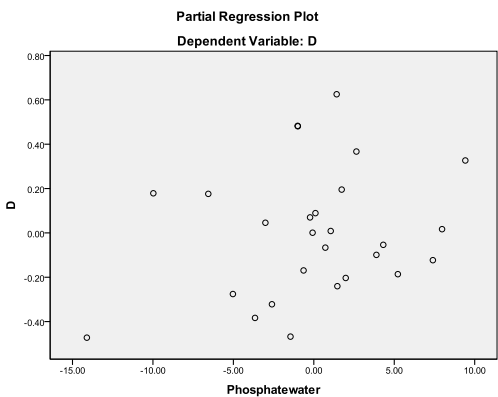


(c) H และ water temperature

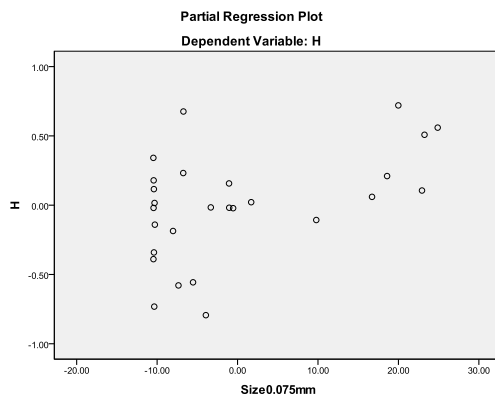


(d) H และ water salinity

ภาพที่ C1.2 กราฟสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดตรัง

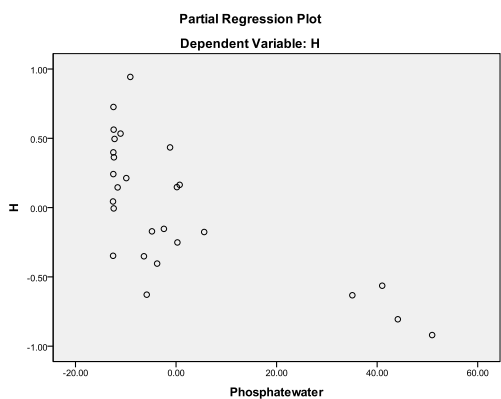


(a) D และ phosphate concentrations in water

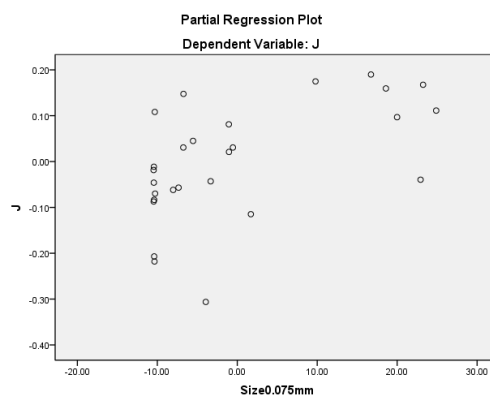


(b) H และ sediment size 0.075 mm

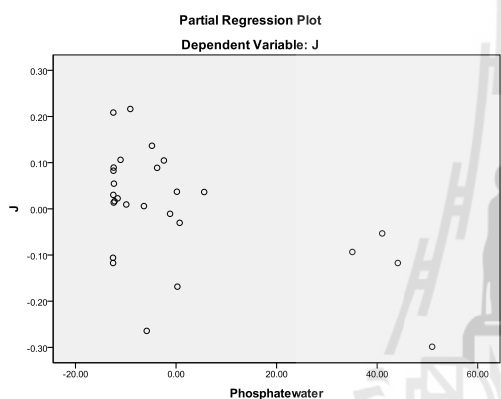
ภาพที่ C1.3 กราฟสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล



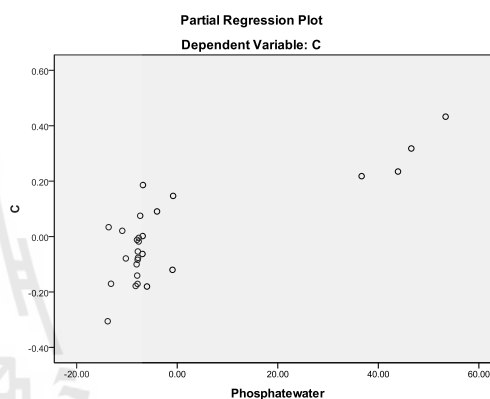
(c) H และ phosphate concentrations in water



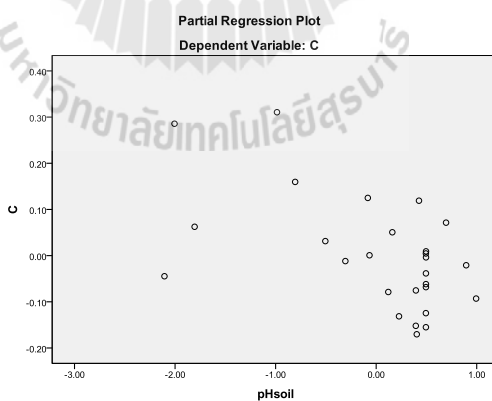
(d) J และ sediment size 0.075 mm



(e) J และ phosphate concentrations in water



(f) C และ phosphate concentrations in water



(g) C และ sediment pH

ภาพที่ C1.3 (ต่อ) กราฟสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวภาพและตัวแปรทางนิเวศของสถานีเก็บตัวอย่างจังหวัดสตูล

ประวัตินักวิจัย

I. หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ ธानी
ชื่อ (ภาษาอังกฤษ) Assistant Professor Dr. Nathawut Thanee
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3-4099-00527-28-4
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์: 044-224633, 089-9492052
โทรสาร: 044-224633
E-mail: nathawut@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

Year	Degree	Field	Institution/Country
1978	B.Sc.	Biology	Khon Kean University Khon Kean, Thailand
1980	M.Sc.	Environmental Biology	Mahidol University Bangkok, Thailand
1988	Ph.D.	Ecological Entomology	Massey University Palmerston North, New Zealand
1998	Ph.D.	Plant Health	Massey University Palmerston North, New Zealand
1982	Postgraduate Certificate	Bioassay Techniques	Biotropical Center Bogor, Indonesia
1990	Postgraduate Certificate	Integrated Environmental Planning and Management	Griffith University Nathan, Australia
1992	Postgraduate Certificate	Mathematical Ecology	International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy
1994	Postgraduate	Island Ecosystem and	Biotropical Center

	Certificate	Ecotourism	Bogor, Indonesia
2002	Postgraduate	Water Quality	ATPAC/USA/Canada
	Certificate	Management And Planning	Mae Jo University, Thailand

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

Environmental Planning and Management

Integrated Pest Management

Ecosystem Analysis and Management

Ecotourism and Environmental Conservation

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการ

โครงการ “ลักษณะนิเวศวิทยาบางประการของสัตว์ป่าที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชจังหวัดนครราชสีมา” ประกอบด้วยโครงการย่อย 3 โครงการ

โครงการที่ 1 “การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ป่าเลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กและความสัมพันธ์กับระบบนิเวศที่แตกต่างกันในสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา”

โครงการที่ 2 “การศึกษาความหลากหลายของผีเสื้อและระบบนิเวศป่าแบบต่าง ๆ ในสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา”

โครงการที่ 3 “แมลงผู้ย่อยสลายในระบบนิเวศป่า ในสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา”

7.2 หัวหน้าโครงการ

โครงการที่ 1 “ความหลากหลายของชนิดแมลงในดินและความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา”

โครงการที่ 2 “การใช้ที่ดินในลุ่มแม่น้ำชีและผลต่อคุณภาพน้ำของแม่น้ำชี”

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1) ภูกิจ พันธุ์เกษม, อารัง เปรมปรีดี, สงวน ปัทมธรรมกุล, **ณัฐวุฒิ ธาณี** และ อิติ วิสารัตน์. (2553). การเก็บกักคาร์บอนของแปลงปลูกไม้ตะกุง. **งานประชุมวิชาการประจำปี มหาวิทยาลัยรังสิต Rsucon 2010**. สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี.

2) ภูกิจ พันธุ์เกษม, อารัง เปรมปรีดี, สงวน ปัทมธรรมกุล, **ณัฐวุฒิ ธาณี** และ อิติ วิสารัตน์. (2553). การเก็บกักคาร์บอนของแปลงปลูกไม้โตเร็ว. **งานประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง “ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 1 ความเสี่ยงและโอกาสท้าทายในกลไกการจัดการสภาพภูมิอากาศโลก Climate Thailand Conference 2010”**. สำนักวิเคราะห์และรับรอง

โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (สวร.) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) กรุงเทพมหานคร.

3) Dathong, W., **Thanee, N.**, Saipunkaew, W., Potter, M. and Thanee, T. (2014). Air pollution influences epiphytic lichen diversity in the Northeast of Thailand. **Advanced Materials Research**. 1030-1032: 287-291.

4) Krainara, P., **Thanee, N.**, Tantipanatip, W., Aroon, S., Thanee, T. and Potter, M. (2014). Plankton communities and physicochemical properties in seawater post tsunami 2004 damaged in Phang Nga Province, Thailand. **Advanced Materials Research**. 1030-1032: 558-561.

5) Tantipanatip, W., Jitpukdee, S., Keeratiurai, P., Tantikamton, K. and **Thanee, N.** (2014). Life cycle assessment of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) farming system in Trang province, Thailand. **Advanced Materials Research**. 1030-1032: 679-682.

6) Keeratiurai, P., **Thanee, N.** and Vichairattatragul, P. (2013). Assessment of the carbon emitted from the layer and young chicken farming under the uncertainty. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**. 8(9): 630-644.

7) Keeratiurai, P., **Thanee, N.** and Vichairattatragul, P. (2013). Assessment of the carbon massflow from the layer farming with life cycle inventory. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**. 8(9): 673-682.

8) Keeratiurai, P. and **Thanee, N.** (2013). The decision making to reduce carbon emission under uncertainty of herbivore meat production. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**. 8(7): 531-540.

9) Keeratiurai, P. and **Thanee, N.** (2013). Comparison of carbon equivalent emissions under uncertainty of energy using for industries of pig and broiler meat production. **Science Series Data Report**. 5(5): 55-65.

10) Aroon, S., Artchawakom, T., Hill, J. G. and **Thanee, N.** (2012). Seasonal variation in the diet of common Palm Civet (*Paradoxurus hermaphroditus*) at Sakaerat Biosphere Reserve, Thailand. **Proceedings of the 8th Inter conference Inter-University Cooperation Program. ASEAN Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture, and Environmental Stability**. 8 - 12 July, 2012. Kyung Hee University, Seoul, Korea (The Best Practice Awards).

11) Keeratiura P., Pankasam, P., Prempre T., Patamatamkul, S. and **Thanee, N.** (2012). Carbon sequestration of fast growing tree. **European Journal of Operational Research (EJOR)**. 81(4): 459-464.

12) Pankasam, P., Prempre T., Keeratiura P., Patamatamkul, S. and **Thanee, N.** (2012). Carbon sequestration of fast growing tree for rural electricity generation. **International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2012)**. **Periodical of Advanced Materials Research on title Electrical Power & Energy Systems**. Mainland, China. pp. 516-517.

13) **Thanee, N.** and Thipsantia, P. (2012). Relationship between termite biodiversity and gut protozoa at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province, Thailand. **Proceedings of the 8th Inter conference Inter-University Cooperation Program. ASEAN Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture, and Environmental Stability**. 8 - 12 July, 2012. Kyung Hee University, Seoul, Korea.

14) Pitakpong, A., Saipunkaew, W., Dathong, W. and **Thanee, N.** (2011). Use of epiphytic lichens as bioindicators for air quality monitoring in Nakhon Ratchasima municipality, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program. Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific**. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

15) Sukteeka, S. Jitpukdee, S. and **Thanee, N.** (2011). Species diversity of millipedes in Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program. Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific**. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

16) Tantikamton, K., Nhaknaen, P., Pokaew, K., Ninlaor, N. and **Thanee, N.** (2011). Solid waste composition and the behavior of household solid waste management in some small islands, Trang province, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program. Regional Stability**

through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific. 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

17) Tantipanatip, T., **Thanee, N.** and Keeratiurai, P. (2011). Carbon massflow from egg production using life cycle assessment to develop carbon footprint in Khon Kaen and Nakhon Nayok provinces, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program. Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific.** 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

18) Thipsantia, P. and **Thanee, N.** (2011). Biodiversity of termites and their relationship to dry dipterocarp and dry evergreen ecosystems at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province, Thailand. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program. Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific.** 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka (The Best Practice Awards).

19) Vichairattanatragul, P., **Thanee, N.** and Keeratiurai, P. (2011). Carbon footprint of fattening pig production in Thailand: Case studies in Ratchaburi, Nakhon Pathom and Nakhon Ratchasima provinces. **Proceedings of the 7th Inter conference Inter-University Cooperation Program. Regional Stability through Economic, Social and Environmental Development in the Greater Mekong Sub-region and Asia-Pacific.** 7 - 12 August, 2011, Colombo. Sri Lanka.

20) Thassanapak, H., Qinglai, F., Grant-Mackei, J., Chonglakmani, C. and **Thanee, N.** (2011). Middle Traissic radiolarian faunas from Chiang Dao, Northern Thailand. **Palaeoworld.** 20: 179-202.

21) Boonriam, W., Yamada, A., Saitoh, S., Hasin, S., Wiwatwitaya, D., Artchawakom, T. and **Thanee, N.** (2010). How much area is foraged by termites in tropical forest. **The 7th Conference of the Pacific Rim Termite Research Group, Singapore.** 1st and 2nd March 2010.

22) Kudthalang, N. and **Thanee, N.** (2010). The assessment of water quality in the upper part of the Chi Basin using physicochemical variables and

benthic macroinvertebrates. **Suranaree Journal of Science and Technology**. 17(2): 165-176.

23) **Thanee, N.** and Keeratiurai, P. (2010). Carbon footprint and carbon massflow for chicken meat and egg production in Nakhon Ratchasima Province, Thailand. **The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference**, Nong Khai, Thailand. 6 p.

24) **Thanee, N.**, Saipankaew, W. and Pitakpong, A. (2010). Use of lichens as bioindicators for air quality monitoring in Nakhon Ratchasima municipality area. **The 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference**, Nong Khai, Thailand. 6 p.

25) Aroon, S., Archawachom, T., Hill, J. G., Kupittayanant, S. and **Thanee, N.** (2009). Ectoparasites of the common palm civet (*Paradoxurus hermaphroditus*) at Sakaerat Environmental Research Station, Thailand. **Suranaree Journal of Science and Technology**. 16(4): 277-281.

26) **Thanee, N.**, Dankittikul, W. and Keeratiurai, P. (2009). Comparison of carbon emitted factors from ox and buffalo farms and slaughterhouses in meat production. **Thai Journal of Agricultural Science**. 42(2): 97-107.

27) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2009). Comparison of carbon emitted for meat production from ox buffalo pig and chicken. **Proceedings of the 8th National Convention on Environmental Engineering, Suranaree University of Technology**, Nakhon Ratchasima, March 25-27, 2009.

28) **Thanee, N.**, Dankittikul, W. and Keeratiurai, P. (2009). Comparison of carbon emitted from ox buffalo pig and chicken farms and slaughterhouses in meat production. **Suranaree Journal of Science and Technology**. 16(2): 79-90.

29) **Thanee, N.**, Dankittikul, W., and Keeratiurai, P. (2009). The study of carbon massflow in ox, buffalo, and pig meat production from farms and slaughterhouses in Thailand. **Thai Environmental Engineering Journal**. 23(2): 37-51.

30) **Thanee, N.**, Dankittikul, W. and Keeratiurai, P. (2009). The study of carbon massflow in ox, buffalo and pig production from farms and slaughterhouses in Thailand. **Proceedings of the 5th International Conference-University Cooperation Program, Toward Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture,**

Environment and Health for the Greater Mekong Subregion and Asia-Pacific. Kohinoor Continental Hotel, Mumbai, India, September 6-10, 2009.

31) **Thanee, N.,** Kupittayanant, S. and Pinmongkhogul, S. (2009). **Prevalence of ectoparasites and blood parasites in small mammals at Sakaerat Environmental Research Station, Thailand.** Thai Journal of Agricultural Science. 42(3): 149-158.

32) **Thanee, N.,** Dankittikul, W. and Keeratiurai, P. (2008). Comparison of carbon emission factors from ox and buffalo farms and energy of slaughterhouses in meat production. **Proceedings of International Conference, Energy Security and Climate Change: Issues, Strategies, and Options (ESCC 2008),** Sofitel Centara Grand Hotel, Bangkok, Thailand, August 06-08, 2008.

33) **Thanee, N.,** Dankittikul, W. and Keeratiurai, P. (2008). Comparison of carbon mass flow and emission factors from ox and buffalo farms in meat production. **Proceedings of the 4th International Conference, Knowledge Networks and Regional Development in the Greater Mekong Subregion and Asia-Pacific,** Golden Dragon Hotel, Kunming, Yunnan Province, People's Republic of China, June 22-27, 2008.

34) **Thanee, N.,** Dankittikul, W. and Keeratiurai, P. (2007). The study of carbon mass flow in milk production from daily farms: A case study in Nachon Ratchasima province. **Proceedings of the Second GMSARN International Conference, Sustainable Development: Challenges and Opportunities for the Greater Mekong Subregion.** Pattaya, Thailand, December 12-14, 2007.

35) Chitnarin, A., **Thanee, N.,** Crasquin-Soleau, S. and Chonglakmani, C. (2006). First discovery of Middle Triassic (Anisian) ostracods from the Pha Khan Formation, Northern Thailand. **Circum-Pacific Triassic Stratigraphy and Correlation Symposium,** New Zealand (poster).

36) Chonglakmani, C., Noipaw, N., Chitnarin, A. and **Thanee, N.** (2006). Late Triassic (Norian) stromatolites and ostracods from the Huai Hin Lat Formation, North-Central, Thailand. **Circum-Pacific Triassic Stratigraphy and Correlation Symposium,** New Zealand (poster).

37) Thassanapak, H., Qinglai, F., Chonglakmani, C., Udchachon, M. and **Thanee, N.** (2006). Middle Triassic radiolarians from Chiang Dao area, Northern Thailand. **Interred XI: Radiolarians in Stratigraphy & Paleocyanography**, New Zealand (poster).

38) Uchachon, M., Chonglakmani, C., Campbell, H. and **Thanee, N.** (2006). Paleocology of the Permian Alatoconchid bivalves from North-Central, Thailand. **International Palaeontological Congress**, China (poster).

39) Pongswat, S., **Thanee, N.**, Thammathaworn, S., Peerapornpisal, Y. and Nontanum, S. (2005). Water quality and diversity of phytoplankton in a hard-water lake, Thailand. **Suranaree Journal of Science and Technology**. 13(1): 55-70.

40) Onlamai, C. and **Thanee, N.** (2004). Some ecological aspects of little honeybee (*Apis florea* F.) and type of sugar contents in honey in Northeast Thailand. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. 7(4): 658-661.

41) Pongswat, S., Thammathaworn, S., Peerapornpisal, Y., **Thanee, N.** and Somsiri, C. (2004). Phytoplankton in the Rama IX lake, a mand-made lake, Pathumthani province, Thailand. **ScienceAsia**. 30: 261-267.

II ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) ผศ. ดร.สุวิทย์ จิตรภักดี
ชื่อ (ภาษาอังกฤษ) Assistant Professor Dr. Suwit Jitpukdee
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-9305-00835-41-8
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
4. หน่วยงานที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง 179 ม.4 ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150
โทรศัพท์: 075-204051-5
โทรสาร: 075-204059
E-mail: suwitjit@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

Education	Year	Institutes
ศษ.บ. (ชีววิทยา)	2531	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา
วท.ม. (สัตววิทยา)	2537	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปร.ด. (ชีววิทยาสิ่งแวดล้อม)	2548	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) : ไม่มี

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

1) กนกรัตน์ นาวิการ, พรทิพย์ หนักแน่น, สุวิทย์ จิตรภักดี และ อนันต์ ปัญญาศิริ. (2552). The study on behavior and opinion toward the community garbage management in Koh Libong Village, Village, Trang Province. **วารสารงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย** (มทร.ศรีวิชัย). ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค.).

2) Tantipanatip, W., Jitpukdee, S., Keeratiurai, P., Tantikamton, K. and Thanee, N. (2014). Life cycle assessment of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) farming system in Trang province, Thailand. **Advanced Materials Research**. 1030-1032: 679-682.

3) Jitpukdee, S. (2009). Crystalline structure of sagitta otoliths from 8 fish species in different habitats. **Journal of Microbiology Society in Thailand**. 23(1): 58-61.

4) Jitpukdee, S. and Wannitikul, P. (2004). Different morphology of sagitta otoliths of *Cephalopholis* spp. from Southern Thailand. **Proceedings of 8th Asia-Pacific Conference on Electron Microscopy (8APEM)** (Ed. N. Tanaka.). pp. 870-871. (Japanese Society of Microscopy: Kanazawa, Japan).

5) Jitpukdee, S. and Wannitikul, P. (2004). Sagitta morphology and crystalline structure on sulcus acusticus in *Nemipterus* spp. from coast of Thailand. **Proceedings of the 4th Asian Microscopy Conference and the 3rd Vietnam Conference on Electron Microscopy**. 5-6 January 2004. Hanoi, Vietnam.

6) Wannitikul, P. and Jitpukdee, S. (2004). Morphology of sagitta and crytals on sulcus of *Megalops cyprinoids*. **Journal of Microscopy Society of Thailand**. 18: 57-60.

7) Jitpukdee, S. and Wannitikul, P. (2004). Shape of sagitta and sulcus acusticus of sciaenidae from southern coast of Thailand. **Proceedings of international conference on zoological. Beijing, China.**

8) Wannitikul, P. and Jitpukdee, S. (2004). Crystals on sulcus acusticus of sagitta of *Muraenesox cironeus*. **Proceedings of 8th Asia-Pacific Conference on Electron Microscopy (8APEM)**' (Ed. N. Tanaka.). pp. 870-871. (Japanese Society of Microscopy: Kanazawa, Japan).

9) Jitpukdee, S. and Wannitikul, P. (2003). Sagitta otolith morphology of perciformes (Mugillidae, Sillaginidae, Carangidae, Lutjanidae, Gerreidae, Haemulidae, Mullidae) from Southern coasts of Thailand. **Proceeding of 29th congress on Science and Technology of Thailand.** 20-22 October 2003. Khon Kaen University, Khon Kaen.

III ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาวขวัญตา ตันติกำธน
(ภาษาอังกฤษ) Miss Khwanta Tantikamton
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 70003 00077 93 7
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
4. หน่วยงานที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง 179 ม.4 ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150
โทรศัพท์: 075-204051-5
โทรสาร: 075-204059
E-mail: krukwan@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ปีที่จบการศึกษา	ชื่อสถาบัน
วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)	2541	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ส.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)	2546	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
วท.ม. (ชีววิทยา)	2549	มหาวิทยาลัยทักษิณ

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1) ชูตินุช สุจริต พรอมา ไกรนรา และขวัญตา ตันติกำธน. 2543. การศึกษาตัวกรองโดยใช้วัสดุธรรมชาติซึ่งมีผลต่อคุณภาพน้ำในตู้ปลา. เอกสารการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2541. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 21 หน้า.

2) ชาญยุทธ สุตทองคง พรเทพ วิรัชวงศ์ ธงชัย นิติรัฐสุวรรณ และขวัญตา ตันติกำธน. 2547. ความหลากหลายของทรัพยากรประมงในป่าจาก บริเวณปากแม่น้ำตรัง จังหวัดตรัง. เอกสารการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2545. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 53 หน้า.

3) ขวัญตา ตันติกำธน วรากร วิศพันธ์ ญัญยาน์ เปี้ยแดง และนุกูล อินทรสังขา. 2549. การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติบำบัดโลหะหนักจากชุมชนเมืองแร่เก่า อำเภออ่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ใน การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 5 โร แรมสยามซิตี้ กรุงเทพฯ 8-10 มีนาคม 2549.

4) ขวัญตา ตันติกำธน. 2550. การเปรียบเทียบระดับความทนทานโลหะหนักสายพันธุ์ดั้งเดิมกับแบคทีเรียที่ผ่านการเลี้ยงในโลหะหนัก. เอกสารการวิจัยปีงบประมาณ 2550. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 23 หน้า.

5) นุกูล อินทรสังขา ลัดดาวรรณ จันทโหม ขวัญตา ตันติกำธน ศรชัย ดำขุนนุ้ย จิราภรณ์ แสนเสนาะ วรากร วิศพันธ์ และ ญัญยาน์ เปี้ยแดง. 2551. การใช้รังสีแกมมาเพิ่มประสิทธิภาพแบคทีเรียเพื่อบำบัดโลหะหนักจากดินและน้ำในอำเภออ่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช. ใน การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 18, 25-26 กันยายน 2551.

6) Sheriff N., Little D. C. and Tantikamton K. 2008. Aquaculture and the poor : Culturing high-value fish can be a viable livelihood option. **Tropical coasts**; 15 (2) : 12-16.

7) Sheriff N., Little D. C. and Tantikamton K. 2008. Aquaculture and the poor—Is the culture of high-value fish a viable livelihood option for the poor?. **Marine Policy**; 32: 1094-1102.

8) Tantikamton, K., Nhaknaen, P., Pokaew, K., Ninlaor, N. and Thanee, N. (2011). Solid Waste Composition and the Behavior of Household Solid Waste Management in Some Small Islands, Trang Province, Thailand. *In Proceeding of Regional stability through economic, social and environmental development in the*

Greater Mekong Sub-region and Asia –Pacific. 8-12 August 2011, Cinnamon Grand Hotel, Sri Lanka.

