สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน ในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา : การใช้เป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินทางนิเวศวิทยา

Benthic Macroinvertebrates in Songkhla Lake Tributaries: An Approach as Bioindicators for Ecological Assessment

วัชรพงศ์ ชุ่มชื่น

Watcharapong Chumchuen

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Aquatic Science

Prince of Songkla University

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน ในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา: การใช้เป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินทางนิเวศวิทยา

ผู้เขียน นายวัชรพงศ์ ชุ่มชื่น

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	**คณะกรรมการสอบ**
……..…	……...…..ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา เดวิสัน)	(ศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา อังสุภานิช)
	……...……..…กรรมการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิติวงษ์ ตันติโชดก)
……..…	……...…กรรมการ
(Assoc. Prof. Dr. Ian C. Campbell)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา เดวิสัน)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

……..

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน ในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา : การใช้เป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินทางนิเวศวิทยา

ผู้เขียน นายวัชรพงศ์ ชุ่มชื่น

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

ทะเลสาบสงขลามีลักษณะเป็นลากูนที่มีความซับซ้อน อยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ทะเลสาบสงขลาเป็นที่รองรับกิจกรรมต่างๆ จากประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ทั้งด้านเกษตรกรรม การทำประมง และอุตสาหกรรมอาหาร จากการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาปริมาณมาก ส่งผลให้ความสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยาของทะเลสาบลดลง สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ได้ทำการติดตามคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาได้มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำปีละ 3 ครั้ง จำนวน 30 ตัวแปร และได้มีการนำดัชนีคุณภาพน้ำ (Water quality index, WQI) มาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินและจำแนกคุณภาพน้ำ โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพและเคมีจำนวน 8 ตัวแปรมาคำนวณเป็นดัชนีคุณภาพน้ำ

การศึกษาครั้งนี้เป็นแนวทางในการนำดัชนีชีวภาพที่ได้จากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มาใช้ เพื่อการประเมินและติดตามความสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำร่วมกับดัชนีทางกายภาพและเคมี โดยทำการศึกษาในคลองสาขาของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน ในช่วงเวลาเดียวกับการติดตามคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีจำนวน 27 ตัวแปร ในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาจำนวน 24 สถานี ในช่วงฤดูฝน (ธันวาคม 2549) ฤดูแล้ง (มีนาคมถึงเมษายน 2550) และก่อนฤดูฝน (สิงหาคม 2550) โดยนำข้อมูลของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ได้มาคำนวณเป็นดัชนีชีวภาพจำนวน 21 ดัชนี

เมื่อนำดัชนีชีวภาพมาหาความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพและเคมีด้วยสมการถดถอยแบบหลายตัวแปรแล้วพบว่า ปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพมากกว่า 2 ดัชนี ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำและอากาศ ปริมาณ BOD และตัวแปรด้านตะกอนดิน แต่ปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพในระดับต่ำ โดยปัจจัยทางกายภาพและเคมีส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพไม่เกิน 2 ดัชนี

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพจำนวน 21 ดัชนีกับปัจจัยคุณภาพน้ำจำนวน 15 ตัวแปรที่ใช้ในการติดตามคุณภาพแหล่งน้ำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พบว่ามี

ความสัมพันธ์กัน ($p<0.05$) แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ต่ำมาก โดย %Polychaetes เป็นดัชนีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายสูงที่สุด ($r^2=0.566$) รองลงมาคือ EPT richness ($r^2=0.346$) และ ETO richness ($r^2=0.318$) และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีคุณภาพน้ำกับดัชนีชีวภาพพบว่าให้ผลที่คล้ายกัน โดยมีเพียง %Amphipods เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีคุณภาพน้ำ ($p<0.043$, $r^2=0.057$)

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยต่างๆ เฉพาะทางด้านกายภาพและเคมีไม่สามารถใช้ในการประเมินทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำได้ เนื่องจากไม่สามารถบ่งบอกสภาพของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำ ดังนั้นจึงควรนำดัชนีชีวภาพมาใช้ร่วมกับการติดตามทางด้านกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการจัดการแหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

Thesis Title	Benthic Macroinvertebrates in Songkhla Lake Tributaries: An Approach as Bioindicators for Ecological Assessment
Author	Mr.Watcharapong Chumchuen
Major Program	Aquatic Sciences
Academic Year	2552

ABSTRACT

Songkhla Lake is a uniquely complex lagoon lake located in southern Thailand, supporting many livelihoods through agriculture, fisheries, and food processing. The intensive use of resources around the Songkhla Lake Basin (SLB) has affected the lake, generating concern about its declining ecological integrity. SLB water quality monitoring began in 1994, and in the last five years 30 parameters have been measured three times a year, at enormous cost and effort. A national water quality index (WQI), based on eight parameters, has also been applied in the SLB to assess and classify its water quality.

This study introduces the use of macroinvertebrate bioindicators to complement the SLB's chemical and physical monitoring. Benthic macroinvertebrate assemblages and 27 physical and chemical variables were sampled concurrently from 24 sites in the tributaries of the SLB during the wet season (December 2006), dry season (March-April 2007), and pre-wet season (August 2007). The invertebrate data was used to calculate 21 biological indices.

Multiple regression analyses of the pooled data suggest several relationships between some of the physico-chemical variables (water temperature, air temperature, BOD, and substrate variables) and several biological indices. However, these relationships are weak, and each physico-chemical variable only correlates to 2 or less biological variables.

When calculated based on 15 physico-chemical parameters most often used for SLB monitoring against 21 biological indicators, the results show a significant relationship ($p<0.05$), but very small r2 values. The highest r2 value was %Polychaetes ($r2=0.566$), followed by EPT richness ($r2=0.346$) and ETO richness ($r2=0.318$). The calculations based on water quality index (WQI) also show similar results with only %Amphipods ($p=0.043$, $r2=0.057$).

It seems that many of the physico-chemical variables currently being analyzed do not particularly reflect the biological conditions of the SLB. Biological components should be included in the routine SLB chemical monitoring to provide more concrete information for the management sector.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัตรา เดวิสัน และรองศาสตราจารย์ ดร. Ian C. Campbell ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านของภาควิชาวาริชศาสตร์ และกองอาคารและสถานที่ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อมูลที่สมบูรณ์

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่มอบทุนอุดหนุนสำหรับการวิจัย ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ภาควิชาวาริชศาสตร์ทุกท่าน ที่คอยให้การช่วยเหลือและมีส่วนช่วยในการทำวิทยานิพนธ์

ความดีและผลอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง

วัชรพงศ์ ชุ่มชื่น

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**(3)**
Abstract	**(5)**
กิตติกรรมประกาศ	**(7)**
สารบัญ	**(8)**
รายการตาราง	**(11)**
รายการรูปประกอบ	**(13)**
List of Abbreviation	**(14)**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.2.1 สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	2
1.2.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	3
1.2.3 แหล่งกำเนิดน้ำเสียในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	4
1.2.4 ปัจจัยทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ	4
1.2.5 ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water quality index: WQI)	5
1.2.6 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของของตะกอนดิน	6
1.2.7 ปัจจัยทางชีวภาพในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา	6
1.2.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน	7
1.2.9 การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ	9
1.2.10 ดัชนีชีวภาพชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการประเมินแหล่งน้ำ	12
1.3 วัตถุประสงค์	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ **18**

2.1 สถานที่ศึกษา 18

2.2 ตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน 28

2.2.1 การศึกษาเบื้องต้น 28

2.2.2 การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน 28

2.2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ 28

2.3 ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อม 29

2.3.1 ข้อมูลทางกายภาพและเคมีของน้ำ 29

2.3.2 ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index, WQI) 29

2.3.3 ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดิน 31

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 31

บทที่ 3 ผลการศึกษา **34**

3.1 การศึกษาเบื้องต้น 34

3.2 ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อม 36

3.2.1 สภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ 36

3.2.2 ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดิน 36

3.3 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน 37

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม 40

3.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม 42

3.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ 45

3.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับดัชนีคุณภาพน้ำ 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 วิจารณ์ผลการศึกษา **50**

4.1 สภาพทั่วไปของลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา 50

4.2 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน 51

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม 52

4.3.1 ดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 27 ตัวแปร 52

4.3.2 ดัชนีชีวภาพกับปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ 56

4.3.3 ดัชนีชีวภาพกับดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) 57

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ **59**

เอกสารอ้างอิง **61**

ภาคผนวก ก ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง **72**

ภาคผนวก ข กราฟแสดงค่าของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 24 สถานี จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง **89**

ภาคผนวก ค รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของตัวแปรคุณภาพน้ำจาก Rating Curve เพื่อนำไปหาค่า WQI **105**

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 24 สถานีใน 8 ลุ่มน้ำย่อย	18
2	การคำนวณค่าคะแนนเพื่อนำมาหาค่า WQI จากค่าตัวแปรที่ทำการวัดและวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมี	30
3	ค่ากำหนดดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (QWI) ตามเกณฑ์ต่างๆ	31
4	วิธีการคำนวณค่าของดัชนีชีวภาพที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้	32
5	จำนวนชนิด จำนวนตัวที่พบ ความชุกชุม และสัดส่วนของสัตว์ในแต่ละกลุ่มต่อจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินที่พบในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา	34
6	ค่าต่ำสุด (Minimum) สูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของปัจจัยในด้านสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำบางประการที่ทำการศึกษา	36
7	ค่าต่ำสุด (Minimum) สูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดินที่ทำการศึกษา	37
8	จำนวนชนิด จำนวนตัวที่พบ ความชุกชุม และสัดส่วนของสัตว์ในแต่ละกลุ่มต่อจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินที่พบในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา	38
9	จำนวนชนิด (Taxa richness, TR) และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ที่พบจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Wet, Dry, and Pre-wet season) ในแต่ละสถานีในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา	39
10	ค่าต่ำสุด (Minimum) สูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในด้านสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ และดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ของสถานีเก็บตัวอย่างน้ำในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา	41
11	สมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม (n=72)	42
12	จำนวนดัชนีชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ด้าน ในสมการถดถอยแบบหลายตัวแปร (n=72, $p<0.05$)	44

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ (n=72)	46
14	จำนวนตัวแปรของปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพในสมการถดถอยแบบหลายตัวแปร (n=72, $p<0.05$)	48
15	ค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายระหว่างความสัมพันธ์ของดัชนีชีวภาพกับดัชนีคุณภาพน้ำ	49

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1	สถานีเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณลำคลองสาขาของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา จำนวน 24 สถานี	19
2	สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา	20
3	สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิหรือคลองภูมี	21
4	สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองพรุพ้อ	22
5	สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองป่าบอน	23
6	สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองท่าเชียด	24
7	สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองนาท่อม	25
8	สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองท่าแนะหรือควนขนุน	26
9	สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองคลองป่าพะยอม	27
10	จำนวนชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน เมื่อทำการเก็บตัวอย่างที่มีจำนวนซ้ำมากขึ้นจากการศึกษาจำนวนซ้ำที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างในสถานี PRC2, PRC3 และ TKC3	35

List of Abbreviation

ASPT	=	Average Score Per Taxon
BMWP	=	Biological Monitoring Working Party
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand
CLI	=	The Community Loss Index
CPOM	=	Coarse particulate organic matter
D	=	Simpson's Diversity Index
DO	=	Dissolved Oxygen
EPT	=	3 Group of insects order: Ephemeroptera, Pleoptera, and Trichoptera
EPT/C	=	Ratio of EPT and Chironomidae
ETO	=	3 Group of insects order: Ephemeroptera, Trichoptera, and Odonata
ETO/C	=	Ratio of ETO and Chironomidae
FBI	=	Family biotic index
FCB	=	Feacal Coliform Bacteria
FPOM	=	Fine particulate organic matter
H	=	Shannon Weaver diversity index
HBI	=	Hilsenhoff species-level biotic index
J	=	Evenness index
MPN	=	Most probability number
NCBI	=	North Carolina Biotic Index
OM	=	Organic matter
Q	=	Quality index
SIGNAL	=	Stream Invertebrates Grade Number-Average Level
SS	=	Suspended Solid
TCB	=	Total Coliform Bacteria
TKN	=	Total Kjeldahl Nitrogen
TP	=	Total Phosphorus
TR	=	Taxa richness
WQI	=	Water quality index:

%DF Percent	=	Contribution of Dominant Family
%Dominant	=	Percent dominant taxon
%EPT index	=	The Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera index
%ETO index	=	The Ephemeroptera, Trichoptera, and Odonata index

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำที่หลากหลายของมนุษย์ เช่น การเป็นแหล่งจับสัตว์น้ำ การใช้แหล่งน้ำเป็นสถานที่สันทนาการและการท่องเที่ยว การนำน้ำมาใช้เพื่อการการเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมการผลิตและบริการ รวมทั้งการนำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค กิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ส่งผลต่อสภาพและความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ (Ecological health) ของแหล่งน้ำได้รับผลกระทบจากการรบกวน (disturbance) ทำให้ระบบนิเวศของแหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง (Shao *et al.*, 2005; Burger, 2007) ซึ่งได้แก่ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี การเปลี่ยนแปลงผลผลิต (production) ของแหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีกำลังการผลิตที่ลดลง เกิดการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงในระดับของห่วงโซ่อาหาร (Trophic level) ทำให้ระบบห่วงโซ่อาหารเสียสมดุล (Dudgeon, 1999) การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อตรวจสอบและเฝ้าระวังผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ จึงเป็นกิจกรรมที่ควรดำเนินการในปัจจุบัน

การติดตามคุณภาพแหล่งน้ำโดยทั่วไปนิยมใช้ตัวชี้วัดทางกายภาพและเคมี ทำให้การประเมินแหล่งน้ำจำเป็นต้องมีเทคนิคและความชำนาญในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ นอกจากนี้ตัวชี้วัดทางกายภาพและเคมียังมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นการยากในการนำตัวชี้วัดทางกายภาพและเคมีมาใช้โดยบุคคลทั่วไป (Rosenberg and Resh, 1993) สำหรับปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่มีการนำมาใช้ในการประเมินแหล่งน้ำอย่างยาวนาน (traditionally) อาจมีประสิทธิภาพสำหรับการนำไปใช้ในการกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้ง และป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ แต่อาจจะไม่สามารถนำไปใช้ในการดูแลรักษาสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศในแหล่งน้ำ หรือการนำไปใช้ในการจัดการพื้นที่ๆ มีขนาดใหญ่ (Norris and Thoms, 1999) การใช้ดัชนีทางชีวภาพ (Bioindicators) ร่วมกับดัชนีทางกายภาพและเคมี สามารถแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่มีต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ สามารถอธิบายถึงสภาวะของระบบนิเวศของแหล่งน้ำว่าอยู่ในสภาวะที่สมบูรณ์ เสื่อมโทรม หรือกำลังฟื้นตัว ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำดัชนีชีวภาพจากสิ่งมีชีวิตหลายกลุ่มมาใช้ ได้แก่ พืชน้ำ สาหร่าย แพลงก์ตอน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ และปลา ซึ่งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้

เพื่อประเมินผลกระทบ ติดตามคุณภาพน้ำ และตรวจวัดมลพิษทางน้ำในหลายประเทศทั่วโลก (นฤมล, 2542)

การนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินมาใช้เป็นดัชนีชีวภาพจึงอาจเป็นวิธีการที่ดีอีกทางหนึ่ง ในการนำมาใช้สำหรับการประเมินความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา โดยการนำดัชนีชีวภาพหลายๆ กลุ่ม (multimetric) มาใช้เป็นเครื่องมือเพื่ออธิบายสภาพหรือประเมินความสมบูรณ์ และสิ่งที่เกิดขึ้นกับแหล่งน้ำได้ (Karr, 1999) หากมีการใช้ดัชนีชีวภาพร่วมกับการติดตามทางกายภาพและเคมีอาจทำให้การประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำมีความถูกต้องมากขึ้น ในช่วงที่ผ่านมายังไม่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบริเวณหน้าดินมาใช้เป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพที่ได้จากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินกับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมในครั้งนี้ สามารถใช้เพื่อเป็นแนวทางในการนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินไปใช้ในการประเมินทางนิเวศวิทยาของลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาในอนาคต

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย มีอาณาเขตครอบคลุม 3 จังหวัด คือ นครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา มีพื้นที่รวมประมาณ 8,593 ตารางกิโลเมตร (RDO and FOE, 1994) ในส่วนของทะเลสาบสงขลาตั้งอยู่ในเขตจังหวัดสงขลาและพัทลุง ปริมาณน้ำที่ได้รับทั้งหมดมาจากทะเลน้อย และลำคลองสาขาสายต่างๆ ในฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำจืดจากลำคลองสาขาไหลลงสู่ทะเลสาบเป็นจำนวนมากและช่วยผลักดันน้ำเค็มออกไปสู่อ่าวไทย เมื่อถึงฤดูแล้งปริมาณน้ำจืดจากลำคลองสาขาที่ไหลลงสู่ทะเลสาบจะมีน้อยจึงทำให้น้ำเค็มไหลเข้ามาแทนที่ ลักษณะทางนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าเป็นพืชหรือสัตว์พบว่ามีลักษณะแตกต่างกันไป เนื่องจากทะเลสาบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จากลำคลองสาขาที่ส่งน้ำจืดมาหล่อเลี้ยงมากมาย และเป็นทะเลสาบเปิดมีทางออกติดต่อกับอ่าวไทย (ณรงค์, 2525) ลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาสายสำคัญที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ประกอบด้วยคลองจำนวน 8 สาย คือ คลองอู่ตะเภา คลองรัตภูมิ หรือคลองภูมี คลองพรุพ้อ คลองป่าบอน คลองท่าเชียด คลองนาท่อม คลองท่าแนะหรือคลองควนขนุน และคลองป่าพะยอม (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12, 2541; สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548)

1.2.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาสามารถจำแนกออกเป็น 5 กลุ่มหลักๆ คือ พื้นที่อยู่อาศัยร้อยละ 1.88 พื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 67.71 พื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 15.41 พื้นที่แหล่งน้ำร้อยละ 10.66 และพื้นที่อื่นๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548)

- พื้นที่อยู่อาศัย

ที่อยู่อาศัยในพื้นที่ลุ่มน้ำมีประมาณร้อยละ 1.88 ของพื้นที่ทั้งหมด ประกอบด้วยชุมชนเมือง ย่านการค้า หมู่บ้านต่างๆ รวมทั้งสถานที่ราชการ และย่านอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบรอบทะเลสาบสงขลา พื้นที่ชุมชนเมืองที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ เทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลนครสงขลา และเทศบาลเมืองพัทลุง

- พื้นที่เกษตรกรรม

การใช้ที่ดินประเภทนี้ประมาณร้อยละ 67.71 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบประกอบด้วยสวนยางพารา นาข้าว สวนผลไม้ สวนปาล์มน้ำมัน และนากุ้ง พื้นที่ปลูกข้าวตั้งอยู่บริเวณที่ราบและที่ราบลุ่มรอบๆ ทะเลสาบ ส่วนบริเวณที่ราบเชิงเขาระหว่างที่ราบกับเทือกเขาจะเป็นพื้นที่สำหรับปลูกยางพารา สำหรับสวนผลไม้จะกระจายอยู่ทั่วไปบริเวณรอบๆ ที่อยู่อาศัยของชุมชนในชนบท และพื้นที่นากุ้งจะอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ อำเภอหัวไทร และอำเภอระโนด รวมทั้งบริเวณรอบทะเลสาบสงขลาตอนกลางและตอนล่าง

- พื้นที่ป่าไม้

พื้นที่ป่าไม้มีประมาณร้อยละ 15.41 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเป็นพื้นที่ป่าบกประมาณ 5 ส่วน และพื้นที่ป่าพรุหรือป่าบึงน้ำจืดประมาณ 1 ส่วน โดยพื้นที่ป่าบกแบ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารในลักษณะอุทยานแห่งชาติ วนอุทยาน และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า

- พื้นที่แหล่งน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาประกอบไปด้วยแหล่งน้ำ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น มีพื้นที่รวมประมาณร้อยละ 10.66 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

- พื้นที่อื่นๆ

พื้นที่อื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ได้แก่ บริเวณที่เป็นทุ่งหญ้า ไม้พุ่มเตี้ย บริเวณที่ลุ่มชื้นและบริเวณที่ลุ่มน้ำขัง และบริเวณเหมืองแร่ร้าง มีพื้นที่อยู่ประมาณร้อยละ 4.34 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

1.2.3 แหล่งกำเนิดน้ำเสียในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากหลายๆ แหล่ง โดยแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำแบ่งออกเป็น 3 หลัก คือ น้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และจากการเกษตรกรรม โดยน้ำเสียจากชุมชนมีค่าความสกปรกในรูปปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ประมาณวันละ 12,040 กิโลกรัม BOD และมีปริมาณอินทรีย์ไนโตเจน (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) ประมาณวันละ 5,448 กิโลกรัมไนโตรเจน ค่าฟอสฟอรัสรวมประมาณวันละ 726 กิโลกรัมฟอสฟอรัส ส่วนโรงงานอุตสาหกรรม ฉรงค์ (2530) ได้รายงานว่า ปริมาณ BOD ที่ลงสู่ทะเลสาบสงขลาระหว่างปี พ.ศ. 2527-2529 มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี และการศึกษาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (2548) พบว่าในปี พ.ศ. 2547 ได้มีการระบายทิ้งออกนอกโรงงาน 49,206 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีค่า BOD รวม 1,416 กิโลกรัมต่อวัน และจากการเกษตรกรรมที่สำคัญมาจากการเพาะเลี้ยงกุ้งและการทำฟาร์มสุกร สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (2548) ได้รายงานว่าในปี พ.ศ. 2547 ปริมาณน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงกุ้งมีค่าความสกปรกในรูป BOD รวม 4,611 กิโลกรัมต่อวัน ไนโตรเจนรวม 1,783 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อวัน และฟอสฟอรัสรวม 84 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อวัน และน้ำเสียจากการทำฟาร์มสุกรมีค่าความสกปรกในรูป BOD รวม 3,049 กิโลกรัมต่อวัน ค่า TKN 666 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อวัน และค่าฟอสฟอรัส 16 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อวัน แหล่งกำเนิดของเสียเหล่านี้มีพื้นที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบ ที่ราบลุ่ม และที่ราบเชิงเขาระหว่างที่ราบกับเทือกเขารอบๆ ทะเลสาบ ของเสียจากกิจกรรมในบริเวณดังกล่าวจะไหลผ่านลำคลองสาขาสายต่างๆ ลงสู่ทะเลสาบสงขลา

1.2.4 ปัจจัยทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ

ได้มีการศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามาเกือบสามสิบปี แต่ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา (ฉรงค์, 2525; ฉรงค์, 2530; Simachaya, 2002) ในส่วนของลุ่มน้ำย่อยหรือลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลายังไม่ได้รับความสนใจมากนัก โดยได้มีการศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีในส่วนของลำคลองสาขาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (2548) พบว่าอุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำและอากาศ สภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ และสภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำ เป็นปัจจัยที่อยู่ในระดับพอใช้ถึงดีมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) ส่วนปัจจัยที่มีปัญหาหรือมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ในคลองนาท่อมบริเวณบ้านตลาดปากคลองและบ้านควนขนุนที่มีค่าต่ำถึง 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548) และค่า

BOD ของน้ำในคลองอู่ตะเภาอยู่ในช่วง 1.1-12.6 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548; Angsupanich and Kuwabara, 1999) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) ในน้ำ พบอยู่ในช่วงที่น้อยมากจนถึง 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ในน้ำ คือ ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนไตรท์ (NO_2-N) ไนเตรท (NO_3-N) และแอมโมเนีย (NH_3-N) ในคลองอู่ตะเภามีค่าสูงถึง 0.35, 3.61 และ9.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ บริเวณที่มีค่าไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน คือ บริเวณสะพานวิทยาลัยเมืองหาดใหญ่ และท่าน้ำวัดหาดใหญ่ใน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548)

ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ได้มีการตรวจวัดค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) และค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Feacal Coliform Bacteria: FCB) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่แสดงถึงการปนเปื้อนอุจจาระในแหล่งน้ำและเป็นแบคทีเรียที่สามารถก่อให้เกิดโรคแก่มนุษย์ (Doyle and Erickson, 2006) พบว่าบางบริเวณมีการปนเปื้อนแบคทีเรียที่เกินกว่าค่ามาตรฐานของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน โดยในคลองป่าบอนบริเวณสะพานปากคลองป่าบอน และในคลองอู่ตะเภาบริเวณสะพานวัดคูเต่า และท่าน้ำวัดหาดใหญ่ในมีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดสูงถึง 24,000 MPN (Most probability number) ต่อ 100 มิลลิลิตร และค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียพบว่าในคลองอู่ตะเภาบริเวณท่าน้ำวัดหาดใหญ่ใน และในคลองท่าแนะบริเวณบ้านควนขนุนมีค่าสูงถึง 16,000 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548)

1.2.5 ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water quality index: WQI)

ประเทศไทยได้มีการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์มาอย่างต่อเนื่อง และนำมาใช้ในการติดตามคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำไหล 48 แหล่ง และในแหล่งน้ำนิ่งจำนวน 4 แหล่ง ต่อมาในปี พ.ศ. 2539 ได้มีการนำดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) มาทดสอบในแหล่งน้ำต่างๆ โดยการนำเอาปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุนทรีย์จำนวน 8 ตัวแปร คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลาน้ำ BOD ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณตะกอนแขวนลอย ไนเตรท ฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณจุลินทรีย์ในกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในแหล่งน้ำ มาคำนวณเป็นค่า WQI และมีเกณฑ์ในการประเมินผลของคุณภาพแหล่งน้ำ 4 ระดับ คือ เสื่อมโทรม พอใช้ ดี และดีมาก โดยในช่วงที่แรกผลการประเมินที่ได้ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก พบว่าแหล่งน้ำในประเทศไทยส่วนใหญ่ร้อยละ 49 มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้ เหมาะสำหรับการใช้ประโยชน์ในการทำเกษตรกรรม รองลงมาร้อยละ 37 มีคุณภาพอยู่ในระดับเสื่อมโทรม เหมาะสำหรับการใช้ประโยชน์ในการประกอบอุตสาหกรรม และการนำไปใช้ในครัวเรือและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Office of Natural

Resources and Environmental Policy and Planning, 1999) ต่อมาได้มีการปรับปรุงเกณฑ์ในการประเมินสำหรับค่า WQI ออกเป็น 5 ระดับ คือ เสื่อมโทรมมาก เสื่อมโทรม พอใช้ ดี และดีมาก และได้มีการนำ WQI มาใช้ในลำคลองสาขาของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในช่วงปี พ.ศ. 2541-2549 พบว่าสถานีส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและเสื่อมโทรมมาก โดยเฉพาะสถานีที่อยู่ใกล้กับบริเวณปากแม่น้ำจะมีค่า WQI ที่ต่ำหรือมีคุณภาพของแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2550)

1.2.6 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของของตะกอนดิน

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของตะกอนดิน ในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาของ Maneepong (1995); Angsupanich และ Kuwabara (1999); Maneepong และ Angsupanich (1999) ในปี พ.ศ. 2537-2539 พบว่าองค์ประกอบของอนุภาคเม็ดดิน (Particle size) บริเวณพื้นท้องน้ำ ในคลองอู่ตะเภาประกอบไปด้วยอนุภาคดินโคลน (clay) อยู่ในช่วงร้อยละ 1-51 เฉลี่ยร้อยละ 27.20 อนุภาคทรายแป้ง (silt) อยู่ในช่วงร้อยละ 1-26 เฉลี่ยร้อยละ 11.04 และอนุภาคทราย (sand) อยู่ในช่วงร้อยละ 23-98 เฉลี่ยร้อยละ 61.76 สถานีที่อยู่ในบริเวณเหนือน้ำจะมีองค์ประกอบที่มีขนาดใหญ่ในสัดส่วนที่มาก จากการตกตะกอนที่รวดเร็วกว่าอนุภาคที่มีขนาดเล็กในกระแสน้ำที่ไหลแรงและเร็ว ทำให้อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำและจะค่อยๆ ตกตะกอนลงสู่พื้นเมื่อความเร็วของกระแสน้ำลดลง ในบริเวณปากคลองหรือปากแม่น้ำจึงมีสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งและโคลนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากสัดส่วนของอนุภาคที่มีขนาดเล็กจำพวกทรายแป้งและโคลนเพิ่มมากขึ้น (Wood and Armitage, 1989) และปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter: OM) ในตะกอนดินจากการศึกษาของ Angsupanich และ Kuwabara (1999) ในปี พ.ศ. 2547-2548 พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดินในคลองอู่ตะเภามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.78-3.41 โดยในช่วงฤดูฝนมีค่าที่สูงกว่าฤดูอื่นๆ

1.2.7 ปัจจัยทางชีวภาพในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา

ปัจจัยทางชีวภาพที่มีการศึกษาในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา ได้แก่ กลุ่มของจุลินทรีย์ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548) ในส่วนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในทะเลสาบสงขลา ได้มีผู้ศึกษาในลำคลองสาขาเพียงบางสายเท่านั้น ได้แก่ การศึกษาในคลองพะวง (ภาสกร และยงยุทธ, 2538; คณิศร์, 2539; Angsupanich and Kuwabara, 1999) คลองอู่ตะเภา (สันทัต, 2539; Angsupanich and Kuwabara, 1999) การศึกษาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต แต่ยังไม่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำสัตว์ไม่มี

กระดูกสันหลังบริเวณหน้าดินมาใช้เป็นดัชนีชีวภาพ ในการประเมินทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

1.2.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำ (Doyle *et al*., 2005) หากสภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลง จะทำให้สัตว์เหล่านี้ได้รับผลกระทบต่อการดำรงชีวิตทำให้พบจำนวนชนิดของสัตว์ที่ลดลง เนื่องจากสัตว์แต่ละชนิดมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมือนกัน สัตว์ชนิดที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดีกว่าจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และมีความสามารถในการแข่งขันได้ดีกว่าสัตว์ที่มีความทนทานน้อยกว่า ส่งผลให้สัตว์ชนิดที่มีความทนทานน้อยอ่อนแอและลดจำนวนลงในที่สุด และสัตว์ที่สามารถทนอยู่ได้จะมีการเพิ่มจำนวนและเข้ามาใช้ทรัพยากร ทำให้ในบริเวณนั้นมีความชุกชุมของสัตว์ (Abundance) โดยรวมเพิ่มขึ้นแต่มีจำนวนชนิด (Taxa Richness) ที่ลดลง (Allan, 1995)

ปัจจัยทางด้านสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำพบว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อความชุกชุมของสัตว์โดยรวม แต่เมื่อแยกสัตว์ในกลุ่มของแมลงออกเป็นอันดับ (Order) พบว่าความชุกชุมของมวนน้ำ (Hemiptera) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิ ส่วนความชุกชุมของตัวอ่อนแมลง 2 ปีก (Diptera) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ (สันทัต, 2539) และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วส่งผลให้จำนวนชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินลดลง (Taylor and Bailey, 1997) โดยการศึกษาของ Leszczyñski (1976 อ้างโดย Alabaster, 1980) พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้สัตว์ในวงศ์หนอนแดง (Family Chironomidae) ลดความชุกชุมลง และส่งผลต่อ Abundance (Ndaruga *et al*., 2004) Taxa richness, จำนวนชนิดของสัตว์ในอันดับแมลงชีปะขาว (Ephemeroptera) แมลงเกาะหิน(Pleoptera) และแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera) หรือ EPT richness index, ดัชนีความหลากหลายของชานนอน-ไวเนอร์ (Shannon-Wiener Diversity Index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) มีค่าที่ลดลงด้วยเช่นกัน (Sponseller *et al*., 2001) ส่วนความกว้างของแหล่งน้ำมีความสัมพันธ์กับ Taxa richness (Butcher *et al*., 2003; Williams *et al*., 2003; Probst *et al*., 2005) Shannon-Wiener Diversity Index และสัดส่วนของสัตว์ในกลุ่มของแมลงชีปะขาวรวมกับแมลงเกาะหินและแมลงหนอนปลอกน้ำ (%EPT) (Butcher *et al*., 2003) และสัดส่วนของสัตว์ในชั้น (Class) ของไส้เดือนน้ำจืด (Oligocheata) (Ndaruga *et al*., 2004) การศึกษาของ Sharmaetal และคณะ (2004) บริเวณแม่น้ำ Dhauliganga ในประเทศอินเดีย พบว่าความลึกมีความสัมพันธ์กับ Abundance โดยแหล่งน้ำที่มีความลึกเพิ่มมากขึ้นมีความชุกชุมของสัตว์ที่ลดลง

ส่วน Ruensirikul และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาความชุกชุมของ Amphipods และพบว่าความลึกมีผลต่อความชุกชุมของ Amphipods โดยในบริเวณชายฝั่งมีสัดส่วนของสัตว์ในกลุ่มนี้มากกว่าบริเวณกลางทะเลสาบ เนื่องจากสัตว์ในกลุ่มนี้เป็นสัตว์ที่พบได้บ่อยในบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่ง (คณิศร์, 2539) ดังนั้นเมื่อความกว้างและความลึกของแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นในบริเวณปากแม่น้ำที่ติดกับชายฝั่ง %Amphipods จึงมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

ส่วนปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของแหล่งน้ำ พบว่า BOD มีผลต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่แต่มีระดับของความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างต่ำ (Buss *et al*., 2002) %Oligocheates มีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเมื่อแหล่งน้ำมีความสกปรกเพิ่มขึ้น (Ndaruga *et al*., 2004) เมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณจุลินทรีย์ในกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มี %Oligocheates ที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วน DO นับว่าเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ (Allan, 1995) การศึกษาของ สันทัต (2539) และ Iliopoulou-Geogudaki และคณะ (2003) พบว่า DO มีความสัมพันธ์กับ %EPT ในระดับต่ำ เมื่อ DO ลดลงจะทำให้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ลดจำนวนลงด้วย (Chen, 2005) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ลดต่ำลงจะส่งผลทำให้ Abundance และ Taxa Richness ลดลง (Taylor and Bailey, 1997) เมื่อค่า pH สูงขึ้นจะส่งผลทำให้สัดส่วนของสัตว์ในกลุ่มครัสตาเซียน (%Crustacean) เพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งสัตว์ในกลุ่ม Crustaceans ได้แก่ *Gammarus* spp. สามารถอาศัยอยู่ได้ในแหล่งน้ำที่มี pH ต่ำถึง 2.2 นอกจากนี้ลูกน้ำ (Mosquito) เป็นสัตว์ที่อยู่ในอันดับ Diptera และตัวอ่อนของสัตว์ที่อยู่ในอันดับ Trichoptera สามารถอาศัยอยู่ได้ในลำธารที่มีค่า pH ต่ำถึง 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ (Leackey, 1938 อ้างโดย Alabaster, 1980) Iliopoulou-Geogudaki และคณะ (2003) ได้รายงานว่าค่าการนำไฟฟ้ามีอิทธิพลมากต่อหนอนแดง ซึ่งเป็นสัตว์ที่อยู่ในอันดับ Diptera และมีผลทำให้จำนวนชนิดและความชุกชุมของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำลดลง การศึกษาของ Talf และ Shapovalov (1953 อ้างโดย Alabaster, 1980) พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid: SS) ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการหลุดลอย (Drifted) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ Abundance มีค่าที่ลดลง

ในส่วนของปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดิน ขนาดของอนุภาคเม็ดดิน (Particle size) ในบริเวณพื้นท้องน้ำมีความสัมพันธ์กับประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน (APHA *et al*., 1998) สัดส่วนของอนุภาคที่มีสภาพเป็นกรวด (%gravel) ในปริมาณสูงจะมีดัชนีความหลากหลายสูงกว่าบริเวณที่เป็นทราย (%sand) (Mackay and Kalff, 1969) และทรายแป้ง (%silt) (Nedeau *et al*., 2003) เมื่อบริเวณพื้นท้องน้ำมีปริมาณทรายแป้งที่เพิ่มขึ้น ทำให้ Abundance และ Taxa Richness มีค่าที่ลดลง (Taylor and Bailey, 1997) หากพื้นท้องน้ำมี

ลักษณะของอนุภาคทรายเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์จำพวกผู้ล่า (predator) มีจำนวนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน (Yamamuro and Lamberti, 2007) และในบริเวณที่มีการทับถมของอินทรียวัตถุ (detritus) จะมี Abundance สูงกว่าบริเวณที่ใบไม้ที่มาเกาะกลุ่มกัน (Leaf pack) (Mackay and Kalff, 1969) ปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดิน เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่อาจมีความสัมพันธ์ต่อการแพร่กระจาย และความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน (Sripongpun, 2003) เมื่ออินทรียวัตถุเพิ่มปริมาณมากขึ้นทำให้ Abundance มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้น (Taylor and Bailey, 1997) แต่จะทำให้ Taxa Richness มีค่าลดลง (Taylor and Bailey, 1997; Yamamuro and Lamberti, 2007) ตัวอ่อนแมลงสองปีกในวงศ์ Chironomidae และตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์ Hydropsychidae มีความชุกชุมเพิ่มขึ้นเมื่ออินทรียวัตถุเพิ่มปริมาณมากขึ้น (Sasaki *et al*., 2005) และสัตว์จำพวกผู้ล่ามีจำนวนที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน (Yamamuro and Lamberti, 2007)

1.2.9 การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำที่หลากหลายของมนุษย์ เช่น การเป็นแหล่งจับสัตว์น้ำ การใช้แหล่งน้ำเป็นสถานที่สันทนาการและการท่องเที่ยว การนำน้ำมาใช้เพื่อการการเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมการผลิตและบริการ รวมทั้งการนำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค กิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ส่งผลต่อสภาพและความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ (Ecological health) ของแหล่งน้ำได้รับผลกระทบจากการรบกวน (disturbance) ทำให้ระบบนิเวศของแหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง (Shao *et al.*, 2005; Burger, 2007) ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี การเปลี่ยนแปลงผลผลิตของแหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีกำลังการผลิตที่ลดลง เกิดการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงในระดับของห่วงโซ่อาหาร ทำให้ระบบห่วงโซ่อาหารที่เสียสมดุล (Dudgeon, 1999) จึงจำเป็นที่ต้องมีการประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อตรวจสอบและเฝ้าระวังผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำส่วนใหญ่มักนิยมใช้ดัชนีทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ โดยใช้ปัจจัยที่มีการนำมาใช้เหล่านี้อาจมีประสิทธิภาพเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้ง และป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ แต่อาจจะไม่สามารถนำไปใช้ในการดูแลรักษาสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศในแหล่งน้ำ หรือการนำไปใช้ในการจัดการพื้นที่ๆ มีขนาดใหญ่ (Norris and Thoms, 1999) การใช้ดัชนีทางกายภาพและเคมีไม่สามารถบ่งบอกถึงสภาพของแหล่งน้ำได้ดีที่สุด ดังนั้นในการประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำควรมีการนำดัชนีทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ รวมทั้งดัชนีชีวภาพมาใช้เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำหรือถูกต้องมากที่สุด (Boulton, 1999) สำหรับการประเมินสภาพหรือความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำไหล (River health

assessment) ได้มีการนำเอาปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมมาใช้ร่วมกับดัชนีชีวภาพ ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น พืชน้ำ สาหร่าย แพลงก์ตอน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ และปลา การนำดัชนีชีวภาพมาใช้เป็นการนำสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่งหรือกลุ่มของสิ่งมีชีวิตมาใช้เพื่อบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมหรือติดตามมลภาวะของแหล่งน้ำ สามารถบอกผลที่เกิดขึ้นจริงต่อระบบนิเวศได้

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อประเมินผลกระทบ ติดตามคุณภาพน้ำ และตรวจวัดมลพิษทางน้ำในหลายประเทศ (Rosenberg and Resh, 1993; Karr, 1999) การประเมินผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อแหล่งน้ำ ได้มีการนำเอาหลักความสามารถที่จะอยู่รอดได้ในสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ โดยมีวิธีการและอุปกรณ์ในการศึกษาที่เป็นมาตรฐานจากผู้เชี่ยวชาญ และมีเกณฑ์ในการประเมินที่เหมาะสม และอาจทำการจำแนกชนิดของสัตว์ในระดับที่ไม่ลึกจนเกินไป เช่น ระดับวงศ์ และมีการใช้ดัชนีที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ ได้แก่ Taxa Richness และ EPT richness (Fore *et al*., 2001) การใช้ดัชนีชีวภาพหลายๆ กลุ่ม (multimetric) เป็นวิธีการที่สามารถประเมินความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ดีขึ้น สามารถตรวจสอบผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้สภาพของแหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ (Karr, 1999)

การนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มาใช้เป็นดัชนีชีวภาพ ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในยุโรป (UK National Water Council, 1981; Armitage *et al*., 1983) แอฟริกา (Chutter, 1972) อเมริกา (Klemm *et al*., 2002) ออสเตรเลีย (Chessman, 1995) และเอเชีย เช่น ประเทศอินเดีย (De Zwart and Trivedi, 1994) และกลุ่มประเทศในลุ่มแม่น้ำโขง (MRC, 2008) สำหรับในประเทศไทยพบว่าได้มีการนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มาใช้ในการประเมินระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำเมื่อประมาณกว่า 10 ปีที่ผ่านมา และมีการนำมาใช้ในบางพื้นที่ของประเทศเท่านั้น ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลางของประเทศ (Parnrong, 2002) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้มีการศึกษาของ Sangpradub และคณะ (1998) เรื่องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในแหล่งน้ำจืด กับปัจจัยคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำพอง โดยมีการนำดัชนี BMWP (Biological Monitoring Working Party), ASPT (Average Score Per Taxon) และดัชนี Q (Quality index) มาใช้ แต่เนื่องจากสัตว์ที่พบในลุ่มน้ำพองบางกลุ่ม เช่น ตัวอ่อนแมลงปอวงศ์ Macromiidae ตัวอ่อนแมลงสองปีกวงศ์ Athericidae, Ceratopogonidae และ Chaoboridae ตัวอ่อนมวนน้ำวงศ์ Belostomatidae และตัวอ่อนแมลงในอันดับแมลงช้างปีกใส (Order Megaloptera) วงศ์ Corydalidae ไม่มีรายชื่ออยู่ในบัญชีของ BMWP และ

สัตว์ที่มีรายชื่ออยู่ใน BMWP บางกลุ่มที่ไม่พบในลุ่มน้ำพอง เช่น ตัวอ่อนแมลงปอวงศ์ Aeshnidae มวนน้ำวงศ์ Mesovelidae และหอยฝาเดียววงศ์ Ancylidae และ Physidae เป็นต้น ประกอบกับสัตว์ในบัญชีรายชื่อของระบบ BMWP ที่มีค่าคะแนนสูงสามารถพบได้ในบริเวณของแหล่งน้ำที่มีคุณภาพไม่ดี จึงมีการปรับค่าคะแนนในระบบ BMWP ใหม่ กลายเป็นดัชนีลุ่มน้ำพองซึ่งมีหลักการในการใช้เช่นเดียวกันในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำในลุ่มน้ำพอง

ในภาคเหนือได้มีการศึกษาของ Mustow (1997) เรื่องสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในแหล่งน้ำคุณภาพของสิ่งแวดล้อมของแม่น้ำในภาคเหนือของไทย โดยทำการศึกษาในแม่น้ำปิง แม่น้ำแตง แม่น้ำข่า แม่น้ำกลาง และแม่น้ำแจ่ม ซึ่งมีการนำดัชนี Shannon-Wiener Diversity Index, BMWP และ ASPT มาใช้ แต่ก็ประสบปัญหาเช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Sangpradub และคณะ (1998) คือ สัตว์ที่พบบางกลุ่มไม่มีรายชื่ออยู่ในบัญชีของ BMWP เช่น หอยสองฝาวงศ์ Corbiculidae หอยฝาเดียววงศ์ Thiaridae ตัวอ่อนแมลงปอวงศ์ Macromiidae ตัวอ่อนแมลงปีกแข็งวงศ์ Psephenidae และตัวอ่อนแมลงช้างปีกใสวงศ์ Corydalidae เป็นต้น และสัตว์ที่มีรายชื่ออยู่ใน BMWP บางกลุ่มที่ไม่พบในพื้นที่ๆ ทำการศึกษาเช่นกัน ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงปีกแข็งวงศ์ Elmidae ตัวอ่อนแมลงสองปีกวงศ์ Athericidae, Chaoboridae และ Ceratopogonidae และ หอยฝาเดียวในวงศ์ Physidae เป็นต้น จึงมีการเพิ่มสัตว์บางกลุ่มที่ได้กล่าวมาแล้วลงไปในระบบ BMWP และกลายเป็นระบบ $BMWP^{Thai}$ และการศึกษาของ Thorne และ Williams (1997) เรื่องการตอบสนองของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินต่อมลภาวะในแม่น้ำปิงและแม่ข่า โดยการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการประเมินทางชีวภาพ

ในภาคกลางได้มีการศึกษาของ Sripongpun (2003) ในแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง เพื่อศึกษาการนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มาเป็นดัชนีในการประเมินแหล่งน้ำ โดยดัชนีที่ใช้ได้แก่ abundance, Taxa richness (TR), Percent dominant taxon (%Dominant), Shannon Weaver diversity index (H), modified Hilsenhoff species-level biotic index (HBI), Family biotic index (FBI), Biological Monitoring Working Party และ Average Score per Taxon ซึ่งได้นำดัชนีเหล่านี้มาหาความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยทางกายภาพและเคมี นอกจากนี้ในประเทศไทยยังมีการส่งเสริมให้ชุมชนดูแลสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นของตนให้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่นโครงการนักสืบสายน้ำ (นิรมล, 2544) ซึ่งพัฒนาขึ้นมาโดยมูลนิธิโลกสีเขียวสำหรับให้นักเรียนและชุมชนสามารถตรวจสอบและเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำภายในชุมชน ซึ่งดัดแปลงมาจากงานวิจัยในลุ่มน้ำปิงของ Mustow และในลุ่มน้ำพองของ Sangpradub เป็นการประเมินและเฝ้าระวังแหล่งน้ำในชุมชนโดยใช้ตัวบ่งชี้หลายๆ ตัวร่วมกัน

1.2.10 ดัชนีชีวภาพชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการประเมินแหล่งน้ำ

การนำประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินมาใช้ในการประเมินผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ หรือการประเมิณความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ได้มีผู้คิดค้นและนำดัชนีต่างๆ มาใช้ โดยแบ่งออกเป็นดัชนีที่ใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บางชนิด ดัชนีที่ใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ทั้งชุมชนในระบบการให้ค่าคะแนนสัตว์แต่ละชนิด และดัชนีที่ใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ทั้งชุมชนในระบบการให้ค่าคะแนนทั้งประชาคม

1.2.10.1 ดัชนีที่ใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บางชนิด

- Scr/FC (Ratio of Scraper and Filtering Collector Functional Feeding Groups)

ดัชนีระหว่างสัตว์จำพวกครูดกิน (Scrapers, Scr) ต่อสัตว์จำพวกกรองกิน (Filter feeders, F) และเก็บอินทรียวัตถุขนาดเล็กกินเป็นอาหาร (Collectors, C) หรือ Scraper and Filtering Collector index (Scr/f-c) คำนวณได้โดยใช้จำนวนตัวของสัตว์จำพวกครูดกิน หารด้วยจำนวนตัวของสัตว์จำพวกกรองกินและเก็บอินทรีย์วัตถุขนาดเล็กกินเป็นอาหาร ดังนั้นดัชนีชนิดนี้จึงไม่ขึ้นอยู่กับการจำแนกชนิด เนื่องจากสัตว์ในบางวงศ์อาจมีลักษณะการกินอาหารหลายได้แบบ เมื่อต้องการอธิบายสถานีหรือบริเวณที่อ้างถึง ในส่วนของกลุ่มที่มีลักษณะการกินอาหารที่เป็นกลุ่มเด่น จะสอดคล้องกับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงชนิดของผลกระทบที่มีความจำเพาะต่อประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ (Plafkin *et al*., 1989)

- Shredders/Total (Ratio of Shredder Functional Feeding Group and Total Number of Individuals Collected- CPOM Sample)

ความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในกลุ่มที่มีลักษณะการกินอาหารแบบฉีกกัด (Shredders) หรือพวกที่กินอินทรียวัตถุที่มีขนาดใหญ่ (Coarse particulate organic matter, CPOM) มีความสัมพันธ์กับความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ที่มีลักษณะการกินอาหารแบบอื่นๆ สัตว์ที่มีลักษณะการกินแบบฉีกกัดจะมีความไวต่อผลกระทบในบริเวณต้นน้ำของลำธารซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่ๆ มีต้นไม้ปกคลุม (riparian zone) และเป็นตัวชี้วัดที่ดีของผลกระทบที่เป็นพิษ เมื่อความเป็นพิษถูกดูดซับเข้าสู่อินทรีย์สารที่มีขนาดใหญ่ จะส่งผลกระทบโดยตรงทั้งต่อประชาคมของกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนอินทรียวัตถุที่มีขนาดใหญ่ และสัตว์ที่กินอินทรียวัตถุที่มีขนาดใหญ่เข้าไป

เมื่อเปรียบเทียบระดับความเป็นพิษระหว่างอาหารที่มีอนุภาคใหญ่กับเล็ก พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคของอินทรียวัตถุเล็กลง ประสิทธิภาพในการดูดซับสารพิษจะเพิ่มมากขึ้นจากการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับ แต่เนื่องจากความเป็นพิษเหล่านี้ในบริเวณต้นน้ำมีแหล่งที่มาจากบนบก

ได้แก่ การใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงและวัชพืช จึงมีการสะสมในอินทรีย์วัตถุที่มีขนาดใหญ่ เช่น ใบพืช และเมื่อใบไม้มีการร่วงหล่นจากต้นก็จะถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นจึงมีผลกระทบอย่างมากต่อสัตว์ที่มีลักษณะการกินอาหารแบบฉีกกัด เนื่องจากสัตว์ในกลุ่มนี้เป็นสัตว์กลุ่มแรกที่เข้าไปใช้ประโยชน์จากอินทรียวัตถุ และมีหน้าที่ลดขนาดอินทรีย์สารที่มีขนาดใหญ่ให้กลายเป็นอินทรีย์สารที่มีขนาดเล็ก (Fine particulate organic matter, FPOM) ซึ่งเป็นอาหารของสัตว์ที่มีลักษณะการกินแบบอื่นในลำดับต่อไป (Plafkin *et al*., 1989)

- %EPT index (The Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera index)

ดัชนีแมลงชีปะขาว (Ephemeroptera, E) แมลงเกาะหิน (Plecoptera, P) และแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera, T) หรือ The Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera index แสดงถึงความชุกชุมของสัตว์ทั้ง 3 กลุ่มนี้จากจำนวนสัตว์ทั้งหมดที่พบ สัตว์ทั้ง 3 กลุ่มนี้มีความไวต่อมลภาวะและคุณภาพน้ำที่ต่ำ สัดส่วนของสัตว์ใน 3 กลุ่มนี้จะมีค่าที่ลดลงมีแหล่งน้ำได้รับมลภาวะที่เพิ่มสูงขึ้น (Plafkin *et al*., 1989)

- EPT/C (Ratio of EPT and Chironomidae)

ความชุกชุมของแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน แมลงหนอนปลอกน้ำ และหนอนริ้นน้ำจืด (Chironomid, C) เป็นดัชนีชีวัดความสมดุลของประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ เนื่องจากแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และแมลงหนอนปลอกน้ำ เป็นกลุ่มที่มีความไวสูง ส่วนหนอนริ้นน้ำจืดเป็นกลุ่มที่มีความไวต่ำ ต่อปัจจัยคุณภาพของสิ่งแวดล้อม ในสภาวะที่ได้รับผลกระทบจากมลภาวะสัตว์ในกลุ่มของแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และแมลงหนอนปลอกน้ำจะมีจำนวนลดลง ส่วนหนอนริ้นน้ำจืดนั้นจะมีจำนวนที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นหากค่าดัชนีที่ได้มีค่าที่ต่ำแสดงว่าแหล่งน้ำอาจได้รับผลกระทบจากมลภาวะ (Plafkin *et al*., 1989)

- %ETO index (The Ephemeroptera, Trichoptera, and Odonata index)

ดัชนีแมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำ และแมลงปอหรือ The Ephemeroptera, Trichoptera, and Odonata (ETO) index สามารถอธิบายได้โดยใช้ความอุดมสมบูรณ์ของชนิดของสัตว์ทั้ง 3 กลุ่มนี้ ดัชนี ETO มีค่าเท่ากับสัดส่วนของสัตว์ทั้ง 3 กลุ่มนี้ที่พบในตัวอย่าง ซึ่งแมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำ และแมลงปอ สามารถนำมาใช้เพื่อประเมินเนื่องจากมีความไวต่อมลภาวะ (Gerritsen *et al*., 1998)

- ETO/C (Ratio of ETO and Chironomidae)

ความชุกชุมของแมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำ แมลงปอ และหนอนริ้นน้ำจืด เป็นดัชนีชีวัดความสมดุลของประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ เนื่องจากแมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำ และแมลงปอ เป็นกลุ่มที่มีความไวค่อนข้างสูง คล้ายคลึงกับดัชนี

EPT/C แต่เนื่องจากแหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น ในลำคลอง หรือแม่น้ำ สัตว์ในกลุ่มแมลงเกาะหิน อาจพบได้ยากทั้งที่แหล่งน้ำมีสภาพที่สภาพที่สมบูรณ์ ในสภาวะที่แหล่งน้ำได้รับผลกระทบจากมลภาวะจะทำให้ค่าดัชนีที่ได้ค่อนข้างต่ำ (Chumchuen *et al.*, 2009)

- Percent Contribution of Dominant Family (%DF)

สัดส่วนของสัตว์ที่เป็นวงศ์เด่น (%DF) เท่ากับความชุกชุมของจำนวนสัตว์ที่เป็นวงศ์เด่นต่อจำนวนสัตว์ที่พบในตัวอย่าง ซึ่งดัชนีชนิดนี้สามารถชี้วัดระดับความสมดุลของประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในระดับวงศ์ ตัวอย่างเช่น หากพบกลุ่มตัวอย่างสัตว์ในการศึกษาที่มีเพียงบางวงศ์ จะทำให้มีค่า %DF ที่สูง ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ๆ ได้ทำการศึกษานั้นมีการได้รับมลภาวะ (Plafkin *et al*., 1989)

- ตัวอย่างดัชนีแบบอื่นๆ

นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น ดัชนีที่สามารถทำการคำนวณได้จากสัดส่วนความชุกชุมของสัตว์ในแต่ละกลุ่มจากจำนวนของสัตว์ที่พบทั้งหมดในตัวอย่าง ได้แก่ อัตราส่วนของจำนวนหนอนปล้องต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Annelids) อัตราส่วนของจำนวนหนอนไส้เดือนน้ำจืดต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Oligochaetes) อัตราส่วนของจำนวนหนอนไส้เดือนทะเลต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Polychaetes) อัตราส่วนของจำนวนแอมฟิพอดต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Amphipods) อัตราส่วนของจำนวนแมลงต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Insects) อัตราส่วนของจำนวนสัตว์ในกลุ่มที่ไม่ใช่แมลง 2 ปีกต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Non-Dipteran Insects) อัตราส่วนของจำนวนสัตว์ในกลุ่มที่เป็นแมลง 2 ปีกต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Dipteran Insects) อัตราส่วนของจำนวนหอยฝาเดียวต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Gastropods) อัตราส่วนของจำนวนหนอนริ้นน้ำจืดต่ออัตราส่วนของจำนวนหนอนไส้เดือน (Chironomids/Oligochaetes) และอัตราส่วนของจำนวนหอยสองฝาต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Pelecypods)

1.2.10.2 ดัชนีที่ใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ทั้งชุมชนในระบบการให้ค่าคะแนนสัตว์แต่ละชนิด

- Family Biotic Index

ดัชนีทางชีวภาพได้ถูกพัฒนาในระยะแรกๆ โดย Hilsenhoff ในปี พ.ศ. 2525 เพื่อหาค่าความทนทาน (tolerance value) ซึ่งเป็นการนำค่าความทนของสัตว์ทุกชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่มอาร์โธพอด (Arthropods) โดยนำค่าที่ได้มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย ดัชนีชีวภาพได้มีการปรับปรุง และจัดลำดับในระดับวงศ์ที่มีค่าความทนอยู่ในช่วง 0-10 (มีความทนได้น้อยที่สุดถึงมากที่สุด) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากความทนทานต่อมลภาวะทางอินทรีย์สาร และได้คิดค้นดัชนีชีวภาพในระดับวงศ์

ขึ้นมา ซึ่งดัชนี FBI ได้มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในอนาคตจากสภาพของรัฐนิวยอร์ค (New York) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในกลุ่มอื่นๆ เพื่อใช้ในการประเมินผลของการวิเคราะห์มลภาวะในสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพได้อย่างรวดเร็วของประเทศสหรัฐอเมริกา (Plafkin *et al*., 1989; Bode *et al*., 1991 อ้างโดย Mandaville, 2002)

- Biological Monitoring Working Party

ระบบค่าคะแนน BMWP อธิบายโดยใช้ค่าคะแนนในระดับวงศ์ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่พบ ที่มีความทนต่อมลภาวะ โดยสัตว์ที่มีความทนทานสูงจะมีคะแนน BMWP ที่ต่ำ โดยได้มีการนำดัชนีนี้ ไปปรับใช้ในทวีปอเมริกาเหนือ (Mackie, 2001 อ้างโดย Mandaville, 2002) และในประเทศไทย (Sangpradub *et al*., 1996) ดัชนี BMWP คำนวนโดยการบวกค่าคะแนนของสัตว์ทุกวงศ์ และสัตว์ในกลุ่มของหนอนไส้เดือนที่พบในประชาคมของตัวอย่าง (Friedrich *et al*., 1996 อ้างโดย Mandaville, 2002)

- North Carolina Biotic Index (NCBI)

ระบบค่าคะแนน NCBI เป็นระบบที่มีการปรับปรุงมาจากระบบ BMWP เพื่อใช้ในทวีปอเมริกาเหนือ ซึ่งสัตว์ที่พบในอเมริกาเหนือบางกลุ่มไม่พบในทวีปยุโรป และสัตว์บางกลุ่มมีความทนทานที่แตกต่างจากระบบ BMWP จึงมีการตั้งค่าคะแนนให้ใหม่สำหรับสัตว์ที่พบ (Maloney and Feminella, 2006)

- Stream Invertebrates Grade Number-Average Level (SIGNAL)

ดัชนีชีวภาพ SIGNAL เป็นระบบที่มีการให้ค่าคะแนนระบบหนึ่งเช่นเดียวกันกับระบบ BMWP และ NCBI แต่ระบบ SIGNAL เป็นระบบที่ถูกปรับใช้ในทวีปออสเตรเลีย โดยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในแต่ละวงศ์จะมีค่าคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 ขึ้นอยู่กับความทนทานต่อมลพิษของสัตว์แต่ละวงศ์ (Chessman, 1999)

- Average Score Per Taxon

ค่าคะแนนเฉลี่ยต่อชนิดหรือ Average Score Per Taxon เป็นการอธิบายค่าคะแนนความทนทานของสัตว์ทุกชนิดโดยเฉลี่ยในประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง สามารถทำการคำนวณได้โดยนำค่าคะแนน BMWP มาหารด้วยจำนวนวงศ์ที่พบในกลุ่มตัวอย่าง (Friedrich *et al*., 1996 อ้างโดย Mandaville, 2002) จากค่าคะแนนที่ได้สามารถนำมาใช้เพื่อประเมินคุณภาพน้ำของทะเลสาบแต่ละแห่งได้ (Mackie, 2001 อ้างโดย Mandaville, 2002)

- Q Index

เป็นดัชนีสำหรับการประเมิณคุณภาพของแหล่งน้ำอีกวิธีหนึ่ง โดยใช้การแบ่งกลุ่มของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่พบในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพแตกต่างกันออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งกลุ่มที่ 1

หรือ Q 1 เป็นกลุ่มของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีความไวต่อมลพิษมากที่สุดและกลุ่มที่ 5 หรือ Q 5 เป็นกลุ่มของสัตว์ที่มีความไวต่อมลพิษน้อยที่สุด และเรียงลำดับจาก Q1 ไปจนถึง Q5 ตามการจำแนกคุณภาพน้ำตั้งแต่ดีมากจนถึงสกปรกมาก (นฤมล และคณะ, 2541)

สำหรับดัชนีในกลุ่มที่มีการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ทั้งชุมชนในระบบการให้ค่าคะแนนสัตว์แต่ละชนิดพบว่า ค่อนข้างมีปัญหาในการนำมาใช้ในแหล่งน้ำไหลที่ไม่เคยมีการทดลองใช้มาก่อน เนื่องจากสัตว์ที่พบอาจไม่มีอยู่ในบัญชีรายชื่อทำให้ไม่สามารถทำการให้ค่าคะแนนและคำนวณค่าของดัชนีได้ ประกอบกับสัตว์ในบัญชีรายชื่อที่มีค่าคะแนนสูงที่แสดงถึงแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีอาจพบได้ในบริเวณที่มีคุณภาพไม่ดี ซึ่งเป็นปัญหาที่พบจากการศึกษาในภาคเหนือ (Mustow, 1997) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Sangpradub *et al.*, 1998) จึงทำให้ต้องมีการตั้งค่าคะแนนของสัตว์ชนิดใหม่ที่ไม่เคยพบมาก่อน และมีการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนของสัตว์ที่มีอยู่ในบัญชีเดิม

1.2.10.3 ดัชนีที่ใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ทั้งชุมชนในระบบการให้ค่าคะแนนทั้งประชาคม

- Simpson's Diversity Index (D)

ดัชนีความหลากหลายของซิมสัน หรือ Simpson's Diversity Index เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความหลากหลายของสัตว์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนชนิดและความชุกชุมของสัตว์ ในบริเวณที่พบจำนวนชนิดของสัตว์ที่ค่อนข้างน้อยค่าของดัชนี Simpson's Diversity Index จะมีค่าคะแนนที่ต่ำ ส่วนบริเวณที่พบจำนวนชนิดที่มากขึ้นค่าของดัชนีจะมีค่าคะแนนที่สูงขึ้น (Krebs, 1994 อ้างโดย Mandaville, 2002) โดยค่าคะแนนของ Simpson's Diversity Index จะอยู่ในช่วงต่ำสุดและสูงสุดคือ 0 และ 1 ตามลำดับ

- Shannon-Wiener Diversity Index

ดัชนีความหลากหลายของแชนนอน-ไวเนอร์ หรือ Shannon-Wiener Diversity Index ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการคำนวณหาค่าความหลากหลายทางชีวภาพทั้งในแหล่งน้ำและบนบก โดยการนำปริมาณและการกระจายตัวของจำนวนชนิด มาคำนวณเป็นค่าความหลากหลายทางชีวภาพ ในการเพิ่มขึ้นของจำนวนชนิดในประชาคมจะส่งผลให้มีค่าคะแนนของดัชนีที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นแหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์จะมีค่าดัชนี Shannon-Wiener Diversity Index ที่ค่อนข้างสูง (Gerritsen *et al*., 1998)

- Evenness index (J)

ดัชนีความเท่าเทียม หรือ Evenness index หรือ the equitability index หรือ Pielou's eveness เป็นการประเมินการกระจายตัวหรือความสมดุลของสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ โดยมีความสัมพันธ์กับจำนวนชนิดและความชุกชุมของสัตว์แต่ละชนิดที่พบ (Petridis and Sims, 1993; Butcher *et al*., 2003) หากแหล่งน้ำอยู่ในสภาวะปกติ จำนวนชนิดและความชุกชุมของสัตว์จะอยู่ในสภาวะที่สมดุล ทำให้ค่าดัชนี Evenness index มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับแหล่งน้ำที่มีค่าดัชนีเข้าใกล้ 0 นั้น หมายถึงความสมดุลของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำอยู่ในระดับที่ต่ำ

- Taxa Richness

ดัชนีความหลากหลายของชนิดหรือ Taxa Richness (TR) เป็นดัชนีชีวัดสภาพความหลากหลายของประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ รวมไปถึงคุณภาพน้ำและความหลากหลายของที่อยู่อาศัย (Plafkin *et al*., 1989) ดัชนีความหลากหลายของชนิดจะเท่ากับจำนวนชนิดที่พบทั้งหมดในตัวอย่าง เช่น ถ้าพบสัตว์ในสถานีทดสอบ 17 ชนิด แสดงว่าค่าดัชนี Taxa Richness จะมีค่าเท่ากับ 17 โดยค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดจะมีค่าที่ลดลงเมื่อแหล่งน้ำได้รับมลภาวะ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่ไม่ทนต่อมลภาวะไม่สามารถอาศัยอยู่ในบริเวณที่ได้รับผลกระทบ จึงส่งผลให้จำนวนชนิดลดลง (Mebane, 2001)

- The Community Loss Index (CLI)

ดัชนีการสูญหายของประชาคมหรือ The Community Loss Index สามารถทำการตรวจวัดได้โดยการใช้จำนวนชนิดของสัตว์ที่ไม่พบในสถานีทดสอบ และสถานีอ้างอิงเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงประชาคมของกลุ่มสัตว์ที่มีการลดจำนวนลงของชนิดสัตว์จากการได้รัผลกระทบ (Plafkin *et al*., 1989)

1.3 วัตถุประสงค์

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพที่ได้จากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินกับปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา เพื่อทดสอบว่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อม และตัวแปรทางด้านคุณภาพน้ำที่ใช้ในการประเมินแหล่งน้ำอยู่เป็นประจำนั้น จะสามารถบ่งบอกถึงสภาวะของสิ่งมีชีวิต (Biological status) ซึ่งเป็นสภาวะที่บอกถึงความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้หรือไม่

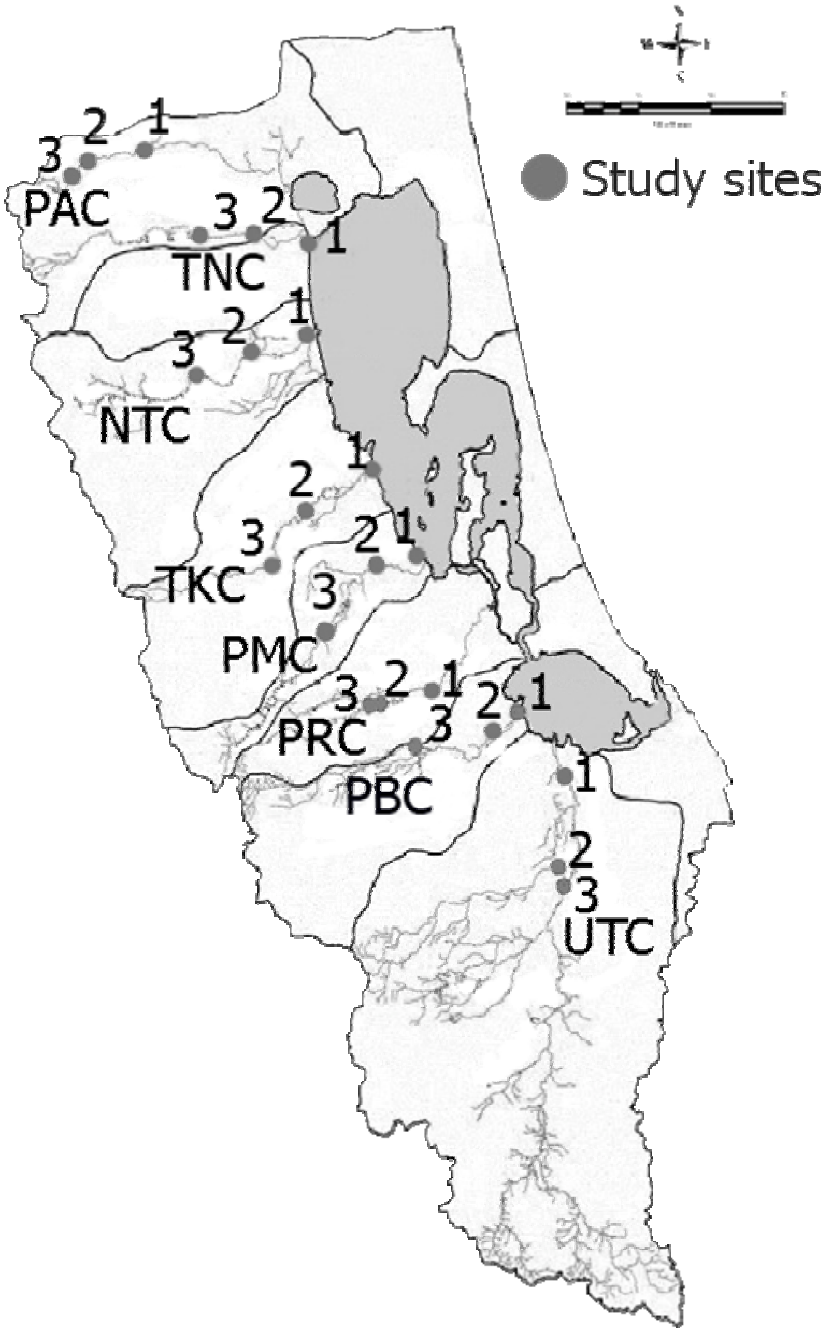
บทที่ 2
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 สถานที่ศึกษา

กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างโดยใช้พิกัดทางภูมิศาสตร์เดียวกับการศึกษาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (2548) (ตารางที่ 1) ใน 8 ลุ่มน้ำย่อย คือ ลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา คลองรัตภูมิหรือคลองภูมี คลองพรุพ้อ คลองป่าบอน คลองท่าเชียด คลองนาท่อม คลองท่าแนะหรือคลองควนขนุน และคลองป่าพะยอม ประกอบไปด้วยลุ่มน้ำละ 3 สถานี รวม 24 สถานี (รูปที่ 1-9)

ตารางที่ 1 พิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 24 สถานีใน 8 ลุ่มน้ำย่อย

ลำดับ	บริเวณที่ทำการศึกษา	รหัส	UTM	
			(X)	(Y)
1	สะพานวัดคูเต่า อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	UTC 1	662125	785685
2	ท่าน้ำวัดหาดใหญ่ใน อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	UTC 2	661101	774030
3	สะพานวิทยาลัยเมืองหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	UTC 3	661946	771523
4	สะพานกรมโยธาธิการ ม.12 ต.บางเหรียง อ.ควนเนียง จ.สงขลา	PMC 1	655471	793913
5	สะพานคลองภูมี อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	PMC 2	652313	791452
6	วัดห้วยลาด ต.คูหาใต้ อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	PMC 3	641444	789517
7	วัดควนเพ็ง ต.โคกทราย อ.ป่าบอน จ.พัทลุง	PRC 1	643236	799121
8	วัดพรุพ้อ ต.โคกทราย อ.ป่าบอน จ.พัทลุง	PRC 2	636684	795027
9	สะพานคลองพรุพ้อ ต.โคกทราย อ.ป่าบอน จ.พัทลุง	PRC 3	635144	794894
10	สะพานปากคลองป่าบอน ม.3 ต.ฝาละมี อ.ป่าพะยูน จ.พัทลุง	PBC 1	641566	814016
11	สะพานกรมโยธาธิการ ม.9 ต.ฝาละมี อ.ป่าพะยูน จ.พัทลุง	PBC 2	636106	812903
12	สะพานบ้านป่าบอน ม.10 ต.ป่าบอน อ.ป่าบอน จ.พัทลุง	PBC 3	628885	804399
13	สะพานบ้านปากพล ม.9 อ.บางแก้ว จ.พัทลุง	TKC 1	635386	825140
14	แก่งน้ำหูแร่ อ.บางแก้ว จ.พัทลุง	TKC 2	626291	819766
15	สะพานคลองท่าเชียด ม.7-8 ต.แม่ขรี อ.ตะโหมด จ.พัทลุง	TKC 3	622848	811006
16	ฝายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 (นาท่อม) โครงการชลประทานพัทลุง	NTC 1	611717	839036
17	สะพาน คสล. บ้านตำนาน ม.11 ต.ตำนาน อ.เมือง จ.พัทลุง	NTC 2	618781	840163
18	สะพานข้ามวัดคงคา ม.4 ต.ตำนาน อ.เมือง จ.พัทลุง	NTC 3	626453	842359
19	บ้านปากประ อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	TNC 1	626577	854034
20	บ้านตลาดปากคลอง อ.คว11นขนุน จ.พัทลุง	TNC 2	619047	855359
21	บ้านควนขนุน อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	TNC 3	611673	855111
22	สะพานคลองป่าพะยอม อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง	PAC 1	604001	866074
23	โรงเรียนวัดคลองใหญ่ ต.เกาะเต่า อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง	PAC 2	596285	864632
24	บ้านหนำวัว ม.8 ต.เกาะเต่า อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง	PAC 3	593888	862734



รูปที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณลำคลองสาขาของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา จำนวน 24 สถานี (ดัดแปลงจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548)

ก. บริเวณสะพานวัดคูเต่า อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ข. บริเวณท่าน้ำวัดหาดใหญ่ใน อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ค. บริเวณสะพานวิทยาลัยเมืองหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

รูปที่ 2 สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา (ก. UTC1 ข. UTC2 ค. UTC3)

ก. บริเวณสะพานกรมโยธาธิการ ตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา

ข. บริเวณสะพานคลองภูมี อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา

ค. บริเวณวัดห้วยลาด ตำบลคูหาใต้ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา

รูปที่ 3 สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิหรือคลองภูมี (ก. PMC1 ข. PMC2 ค. PMC3)

ก. บริเวณวัดควนเพ็ง ตำบลโคกทราย อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง

ข. บริเวณวัดพรุพ้อ ตำบลโคกทราย อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง

ค. บริเวณสะพานคลองพรุพ้อ ตำบลโคกทราย อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง

รูปที่ 4 สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองพรุพ้อ (ก. PRC1 ข. PRC2 ค. PRC3)

ก. บริเวณสะพานปากคลองป่าบอน ตำบลฝาละมี อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง

ข. บริเวณสะพานกรมโยธาธิการ ตำบลฝาละมี อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง

ค. บริเวณสะพานบ้านป่าบอน ตำบลป่าบอน อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง

รูปที่ 5 สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองป่าบอน (ก. PBC1 ข. PBC2 ค. PBC3)

ก. บริเวณสะพานบ้านปากพล อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

ข. บริเวณแก่งน้ำหูแร่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง และสถานี

ค. บริเวณสะพานคลองท่าเชียด ตำบลแม่ขรี อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง

รูปที่ 6 สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองท่าเชียด (ก. TKC1 ข. TKC2 ค. TKC3)

ก. บริเวณฝายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 (นาท่อม) จังหวัดพัทลุง

ข. บริเวณสะพาน คสล. บ้านตำนาน อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง

ค. บริเวณสะพานข้ามวัดคงคา ตำบลตำนาน อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง

รูปที่ 7 สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองนาท่อม (ก. NTC1 ข. NTC2 ค. NTC3)

ก. บริเวณบ้านปากประ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ข. บริเวณบ้านตลาดปากคลอง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ค. บริเวณบ้านควนขนุน อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

รูปที่ 8 สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองท่าแนะหรือควนขนุน (ก. TNC1 ข. TNC2 ค. TNC3)

ก. บริเวณสะพานคลองป่าพะยอม อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

ข. บริเวณโรงเรียนวัดคลองใหญ่ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

ค. บริเวณบ้านหนำวัว ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

รูปที่ 9 สถานีเก็บตัวอย่างในลุ่มน้ำย่อยคลองคลองป่าพะยอม (ก. PAC1 ข. PAC2 ค. PAC3)

2.2 ตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน

2.2.1 การศึกษาเบื้องต้น

การศึกษาเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวนซ้ำที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน ในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา โดยใช้ Ekman grab ขนาด 0.0225 ตารางเมตร โดยได้เลือกสถานีที่เป็นตัวแทนจำนวน 3 สถานี คือ TKC3 PRC2 และ PRC3 เก็บตัวอย่างจำนวน 10 ซ้ำต่อสถานี ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณกลางลำคลอง นำตัวอย่างที่ได้ล้างผ่านตะแกรงร่อนที่มีขนาดตา 2 และ 0.5 มิลลิเมตร (Hauer and Resh, 1996; Butcher *et al*., 2003) นำตะแกรงร่อนมาล้างในกะละมังเพื่อให้ตัวอย่างหลุดออกจากตะแกรงร่อน แล้วกรองด้วยถุงกรองที่มีขนาดตา 0.315 มิลลิเมตร นำตัวอย่างที่ได้ใส่ในขวดเก็บตัวอย่างแล้วเติมฟอร์มาลินและปรับความเข้มข้นให้ได้ประมาณ 10% เพื่อคงสภาพตัวอย่าง (Benton and Werner, Jr., 1983) นำตัวอย่างจากการเก็บตัวอย่างภาคสนามมาจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการ ในระดับวงศ์ (family) สกุล (genus) หรือชนิด (species) เท่าที่จะเป็นไปได้ และเก็บรักษาตัวอย่างในเอทิลแอลกอฮอล์ 70% (McSorley and Brown, 2003) นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อศึกษาการเพิ่มขึ้นของจำนวนชนิดที่พบเมื่อจำนวนซ้ำของตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้จำนวนตัวอย่างที่ทำให้พบจำนวนชนิดประมาณ 80% ของจำนวนชนิดที่พบจากตัวอย่างที่เก็บทั้งหมด

2.2.2 การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน

เก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่โดยใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับการศึกษาเบื้องต้น โดยนำผลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นมาใช้เพื่อกำหนดจำนวนซ้ำ (replicate) ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ 3 ครั้ง คือ ฤดูฝน ฤดูแล้ง และก่อนฤดูฝน ในช่วงเวลาเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16

2.2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน มาทำการจำแนกชนิดของตัวอย่างให้ถึงระดับต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยใช้เอกสารอนุกรมวิธานของ พิมลพรรณ (2537); ศิริเพ็ญ (2548); Dudgeon (1999); Epler (2001); Hudson และคณะ (1990); Macan (1959); McCafferty (1981) และ Smith (1996) เป็นต้น ทำการนับจำนวนสัตว์ที่พบและเก็บรักษาตัวอย่างในแอลกอฮอล์ 70% (McSorley and Brown, 2003)

2.3 ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อม

2.3.1 ข้อมูลทางกายภาพและเคมีของน้ำ

ใช้ข้อมูลทางกายภาพและเคมีของน้ำที่ได้จากการศึกษาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำในการติดตามตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำจำนวน 3 ครั้งต่อปี คือ ฤดูฝน ฤดูแล้ง และก่อนฤดูฝน โดยทำการศึกษาอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter ความเค็มโดยใช้ Salinometer ค่าการนำไฟฟ้าโดยใช้ Conductivity meter ความขุ่นโดยใช้ Turbidity meter ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยวิธี Azide modification ปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยพวกจุลินทรีย์โดยวิธี Azide modification หลังจากบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน (5-Day BOD test) ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณตะกอนแขวนลอย โดยการอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ โดยการอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธี Ascorbic acid method ปริมาณไนไตรท์โดยวิธี Colorimetric method ปริมาณไนเตรทโดยวิธี Cadmium reduction method ปริมาณแอมโมเนียโดยวิธี Ditillation method ปริมาณแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) แบคทีเรียในกลุ่มกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB) โดยวิธี Tube-culture method และทำการบันทึกสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ ได้แก่ ความกว้าง ความลึก โดยใช้สายวัด ระดับความสูงจากน้ำทะเลโดยใช้ GPS (Global positioning system) และความเร็วของกระแสน้ำโดยวิธีการสังเกตและแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ไหลช้ามาก/นิ่ง ไหลช้า ไหลเร็ว และไหลเร็วมาก

2.3.2 ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index, WQI)

WQI เป็นการนำปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของน้ำจำนวน 8 ตัวแปร คือ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนเตรท ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอย BOD และปริมาณแบคทีเรียในกลุ่มฟีคัลโคลิ-ฟอร์ม (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) มาคำนวณเพื่อให้ค่าคะแนนในแต่ละตัวแปรโดยมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน (ตารางที่ 2) และนำค่าคะแนนของตัวแปรทั้ง 8 ตัวมาคำนวณดังสมการต่อไปนี้

$$WQI = [(DO)(BOD)(TS)(SS)(pH)(NO_3^-)(TP)(FCB)]^{1/8}$$

ค่า WQI หลังจากทำการคำนวณแล้วจะมีคะแนนอยู่ในช่วง 0-100 และนำคะแนนที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์เพื่อจัดระดับคุณภาพแหล่งน้ำออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ เสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 การคำนวณค่าคะแนนเพื่อนำมาหาค่า WQI จากค่าตัวแปรที่ทำการวัดและวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมี

Parameter	Value	Formula/Score
DO	< 0.105	Score = 2
	0.105 - 4.150	$(0.2677 \times DO^3) + (-1.4538 \times DO^2) + (14.496 \times DO) + 0.5$
	4.151 - 7.690	$(-0.3171 \times DO^3) + (3.7511 \times DO^2) + (2.915 \times DO)$
	7.691 - 13.800	$(0.1506 \times DO^3) + (-4.7806 \times DO^2) + (40.856 \times DO)$
	> 13.800	Score = 2
BOD	0 - 27.1	$(-0.0069 \times BOD^3) + (0.4766 \times BOD^2) + (-11.464 \times BOD) + 100$
	> 27.1	Score = 2
TS	0 - 120	$(-0.0014 \times TS^2) + (0.1863 \times TS) + 80$
	121 - 500	$(0.00001 \times TS^2) + (-0.1338 \times TS) + 97.5$
	> 500	Score = 20
SS	0.0 - 4.0	Score = 100
	4.1 – 75.0	$(0.0043 \times SS^2) + (-1.1687 \times SS) + 105.03$
	75.1 - 230	$(0.0007 \times SS^2) + (-0.4647 \times SS) + 72.208$
	> 230	Score = 2
pH	$\leq$ 1.60	Score = 2
	1.61 - 7.10	$(-0.089 \times pH^3) + (3.0018 \times pH^2) + (-3.533 \times pH) + 0.2901$
	7.11 - 12.45	$(-0.2286 \times pH^4) + (10.456 \times pH^3) + (-174.05 \times pH^2) + (1231.6 \times pH) - 3038.7$
	> 12.45	Score = 2
NO_3-N	0 - 23	$(e^{-0.16 \times NO3\text{-}N}) \times 100$
	> 23	Score = 2
TP	0 - 1.48	$(e^{-2.5 \times TP}) \times 100$
	> 1.48	Score = 2
FCB	0 – 1,200	$(2 \times 10^{-5} \times FCB^2) + (-0.0563 \times FCB) + 100$
	1200 – 12,000	$(2 \times 10^{-7} \times FCB^2) + (-0.005 \times FCB) + 66.417$
	12000 – 100,000	$(-4 \times 10^{-14} \times FCB^3) + (9 \times 10^{-9} \times FCB^2) + (-0.0008 \times FCB) + 43.367$
	> 100,000	Score = 2

ตารางที่ 3 ค่ากำหนดดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (WQI) ตามเกณฑ์ต่างๆ

ค่าคะแนน WQI	ระดับคุณภาพน้ำ
91-100	ดีมาก
71-90	ดี
61-70	พอใช้
31-60	เสื่อมโทรม
0-30	เสื่อมโทรมมาก

2.3.3 ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดิน

ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินโดยใช้ Ekman grab ขนาด 0.0225 ตารางเมตร นำตัวอย่างที่ได้ใส่ถุงพลาสติกแล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินที่ได้มาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาองค์ประกอบของอนุภาคเม็ดดิน (Particle size) โดยใช้วิธี Sieve/Hydrometer method (Kettler *et al*., 2001; Cheetham *et al*., 2008) และปริมาณอินทรียวัตถุโดยใช้วิธี Ignition loss (สมศักดิ์, 2537)

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล โดยแปลงค่าของจำนวนสัตว์ที่พบให้อยู่ในหน่วยของตัวต่อตารางเมตร ($Ind.m^{-2}$) แล้วนำมาหาค่าดัชนีชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในแต่ละสถานี จำนวน 21 ดัชนี ได้แก่ Taxa Richness, Shannon-Wiener Diversity Index, Simpson Diversity Index, และ Evenness Index เป็นต้น (ตารางที่ 4) และหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม เพื่อศึกษาความความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินกับปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา โดยใช้วิธี Multiple regression แบบ Stepwise method เพื่อนำปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีคุณภาพน้ำกับดัชนีชีวภาพโดยใช้วิธี Simple linear regression เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้ปัจจัยทางกายภาพและเคมีในการอธิบาย Biological status ของแหล่งน้ำ โดยใช้ชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS V15.0

ตารางที่ 4 วิธีการคำนวณค่าของดัชนีชีวภาพที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Formula of Biological indices	References
Abundance = Total number / area^2	Sharma และคณะ (2004), Astin (2006), Bêche และคณะ (2006)
Taxa richness (TR) = Total number of taxa	Plafkin และคณะ (1989), Mebane (2001), Bates Prins และ Smith (2007)
EPT richness = Total number of EPT group* taxa	Mebane (2001), Baptista และคณะ (2007)
ETO richness = Total number of ETO group* taxa	Gerritsen และคณะ (1998)
EPT/C = Total number of EPT group / Number of Chironomidae	Plafkin และคณะ (1989), Corbi และ Trivinho-Strixino (2008)
ETO/C = Total number of ETO group / Number of Chironomidae	Chumchuen และคณะ (in press)
%EPT = Total number of EPT group / Total number	Ofenböck และคณะ (2004), Mebane (2001)
%Dominant taxa = Number of Dominant taxa / Total number	Mebane (2001), Astin (2006)
%Annelida = Number of Annelida / Total number	Chumchuen และคณะ (in press)
%Oligochaetes = Number of Oligochaetes / Total number	Weatherhead และ James (2001), Maloney และ Feminella (2006)
%Polychaetes = Number of Polychaetes / Total number	Reish (1955)
%Gastropods = Number of Gastropods / Total number	Somers และคณะ (1998), Weatherhead และ James (2001)
%Pelecypods = Number of Pelecypods / Total number	Somers และคณะ (1998), Aldridge และคณะ (2007)
%Crustacean = Number of Crustacean / Total number	Muenz และคณะ (2003; 2005)
%Amphipods = Number of Amphipods / Total number	Somers และคณะ (1998)
%Insects = Number of Insects / Total number	Somers และคณะ (1998)

ตารางที่ 4 วิธีการคำนวณค่าของดัชนีชีวภาพที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (ต่อ)

Formula of Biological indices	References
%Dipteran insects = Number of Dipteran insects / Total number	Maloney และ Feminella (2006), Baptista และคณะ (2007)
%Non-dipteran insects = Number of Non-dipteran insects / Total number	Somers และคณะ (1998)
Simpson (D) = $1-\sum (p_i)^2$	Johnson และคณะ (2004)
Shannon-Wiener (H) = $-\sum (p_i)(\log_2 p_i)$	Olive และ Dambach (1973), Gerritsen และคณะ (1998)
Evenness (J) = H / TR	Ndaruga และคณะ (2004)

บทที่ 3
ผลการศึกษา

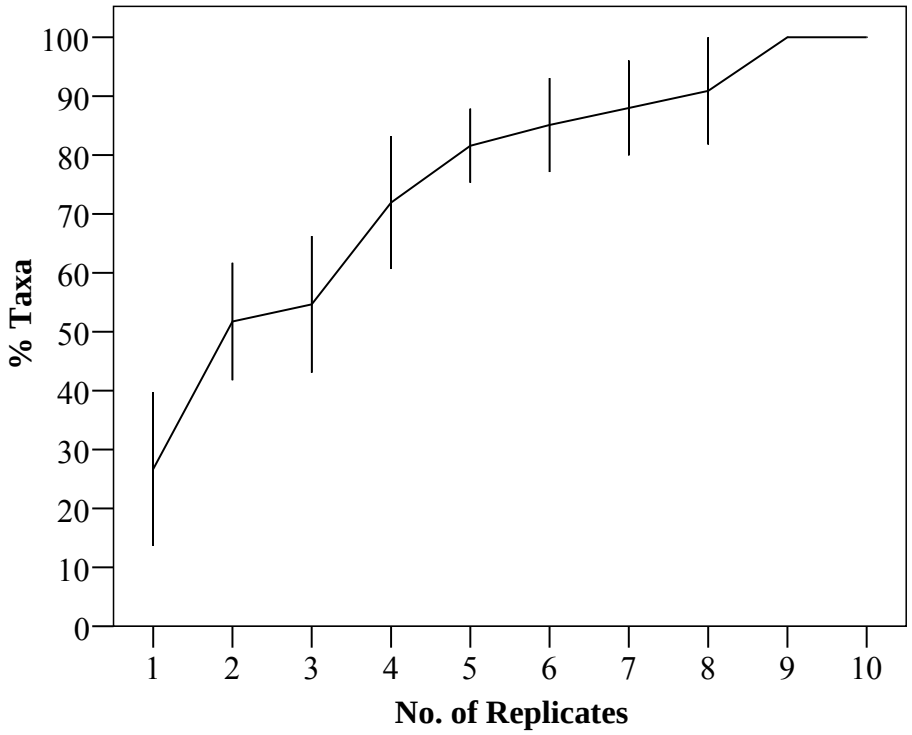
3.1 การศึกษาเบื้องต้น

จากการศึกษาเพื่อหาจำนวนซ้ำที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในสถานีตัวอย่างจำนวน 3 สถานี คือ PRC2, PRC3 และ TKC3 พบว่ามีจำนวนชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจำนวน 4 ไฟลัม คือ Nematoda, Annellida, Mollusca และ Arthropoda รวมจำนวน 40 ชนิด กลุ่มของสัตว์ที่มีความหลากหลายมากที่สุด คือ Arthropoda พบจำนวน 34 ชนิด รองลงมาคือ Mollusca พบจำนวน 4 ชนิด ส่วนสัตว์ที่เป็นกลุ่มเด่น คือ Mollusca มีความชุกชุม 456 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมาคือ Arthropoda มีความชุกชุม 346 ตัวต่อตารางเมตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 จำนวนชนิด จำนวนตัวที่พบ ความชุกชุม และสัดส่วนของสัตว์ในแต่ละกลุ่มต่อจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินที่พบในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา

Phylum/Class	No. of taxa	No. of individuals	Abundance (ind.m^{-2})	% of total
Nematoda	**1**	**1**	**2**	**0.19**
Annelida	**1**	**38**	**63**	**7.22**
Oligochaeta	1	38	63	7.22
Mollusca	**4**	**277**	**456**	**52.66**
Gastropoda	3	14	23	2.66
Bivalvia	1	263	433	50.00
Arthropoda	**34**	**210**	**346**	**39.92**
Crustacea	1	4	7	0.76
Insecta	33	206	339	39.16
Total	**40**	**526**	**867**	**100**

จากการศึกษาพบว่าเมื่อมีการเก็บตัวอย่างในจำนวนซ้ำที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้พบจำนวนชนิดของสัตว์เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อทำการเก็บตัวอย่าง 5 ซ้ำ พบจำนวนชนิดของสัตว์โดยเฉลี่ยร้อยละ 82 และเมื่อเก็บตัวอย่างจำนวน 8 และ 9 ซ้ำ พบจำนวนชนิดของสัตว์โดยเฉลี่ยร้อยละ 91 และ 100 ตามลำดับ (รูปที่ 10) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้การเก็บตัวอย่างจำนวน 5 ซ้ำ เพื่อเป็นการลดระยะเวลาและขั้นตอนการทำปฏิบัติการให้น้อยลง โดยการมีจำนวนซ้ำที่ไม่มากจนเกินไป เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้การประเมินแหล่งน้ำทางนิเวศวิทยา ในลักษณะของ Rapid assessment ซึ่งเป็นวิธีการเพื่อลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลา ทำให้สามารถสำรวจแหล่งน้ำได้หลายพื้นที่ ได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว (Rosenberg and Resh, 1993) จำนวนตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานี้มีจำนวนซ้ำใกล้เคียงกับการศึกษาของ Sangpradub *et al.*, (1996) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินกับปัจจัยคุณภาพสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ที่ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่จำนวน 6 ซ้ำ



รูปที่ 10 จำนวนชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน เมื่อทำการเก็บตัวอย่างที่มีจำนวนซ้ำมากขึ้นจากการศึกษาจำนวนซ้ำที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างในสถานี PRC2, PRC3 และ TKC3

3.2 ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อม

3.2.1 สภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ

สภาพทั่วไปของสถานีที่เก็บตัวอย่างพบว่ามีความกว้างของลำคลองอยู่ในช่วง 5-105 เมตร มีความกว้างโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20.5±2.1 เมตร ระดับความสูงของสถานีที่เก็บตัวอย่างอยู่ในช่วง 4-119 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (m above m.s.l.) และมีระดับความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 20.7±1.9 เมตรเหนือระรับน้ำทะเล และความเร็วของกระแสน้ำอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างนิ่งจนถึงระดับที่ไหลเร็ว สถานีส่วนใหญ่ (ร้อยละ 43) มีกระแสน้ำที่ไหลช้า (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าต่ำสุด (Minimum) สูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของปัจจัยในด้านสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำบางประการที่ทำการศึกษา (n=72)

Parameters	Minimum	Maximum	$\overline{X}$ ±S.E.
Width (m)	5	105	20.5±2.1
Elevation (m above m.s.l.)	4	119	20.7±1.9
Velocity (4 Class)	Very low	Fast	Low

3.2.2 ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดิน

องค์ประกอบของตะกอนดินในบริเวณที่ศึกษาสถานีส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทราย เมื่อแบ่งองค์ประกอบของอนุภาคเม็ดดินออกเป็นขนาดต่างๆ พบว่าตะกอนดินในสถานีที่ทำการศึกษามีสภาพเป็นอนุภาคกรวดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.00-68.86 เฉลี่ยร้อยละ 17.82±2.22 อนุภาคทรายอยู่ในช่วงร้อยละ 3.84-94.50 เฉลี่ยร้อยละ 57.58±2.82 อนุภาคทรายแป้งอยู่ในช่วงร้อยละ 0.00-59.35 เฉลี่ยร้อยละ 9.54±1.57 และอนุภาคโคลนอยู่ในช่วงร้อยละ 0.00-66.77 เฉลี่ยร้อยละ 15.06±1.98 ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดินอยู่ในช่วงร้อยละ 0.12-13.46 และมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.34±0.46 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าต่ำสุด (Minimum) สูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดินที่ทำการศึกษา (n=72)

Parameters	Minimum	Maximum	$\overline{X}$ ±S.E.
Particle size (%)			
Gravel	0.00	68.86	17.82±2.22
Sand	3.84	94.50	57.58±2.82
Silt	0.00	59.35	9.54±1.57
Clay	0.00	66.77	15.06±1.98
Total	-	-	100.00
Organic matter (%)	0.12	13.46	3.34±0.46

3.3 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน

จากการศึกษาพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลารวมทั้งสิ้นจำนวน 17,304 ตัว แบ่งออกเป็น 5 ไฟลัม คือ Nematoda, Plathylheminthes, Annelida, Mollusca, และ Arthropoda จำแนกชนิดได้จำนวน 227 ชนิด (morphospecies) จาก 113 วงศ์ พบว่าสัตว์ในไฟลัมอาร์โทรโพดามีความหลากหลายมากที่สุดโดยจำแนกออกเป็น 179 ชนิด รองลงมาคือไฟลัมแอนแนลลิดาที่พบจำนวน 24 ชนิด เมื่อแบ่งสัตว์ในไฟลัมอาร์โทรโพดาออกเป็นแต่ละชั้น พบว่าสัตว์ที่จัดอยู่ในชั้นของแมลง (Insecta) มีจำนวนชนิดมากที่สุดจำนวน 144 ชนิด รองลงมาคือครัสตาเซีย (Crustacea) 35 ชนิด เมื่อแบ่งสัตว์ที่อยู่ในชั้นของแมลงออกเป็นลำดับ พบว่าสัตว์ที่พบในอันดับของแมลงสองปีก (Diptera) มีจำนวนชนิดมากที่สุด คือ 49 ชนิด รองลงมาเป็นสัตว์สัตว์ในอันดับของแมลงชีปะขาว (Ephemeroptera) และแมลงปีกแข็งหรือด้วงน้ำ (Coleoptera) ที่มีจำนวนชนิดเท่ากับ 24 และ 21 ชนิดตามลำดับ

สัตว์ที่มีความชุกชุมมากที่สุดจัดอยู่ในไฟลัมแอนแนลลิดามีความชุกชุม 906 ตัวต่อตารางเมตร หรือร้อยละ 42.41 แบ่งออกเป็นกลุ่มของไส้เดือนน้ำจืด (Oligocheates) และไส้เดือนทะเล (Polychaetes) ที่มีความชุกชุม 882 และ 22 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ สัตว์ในไฟลัมอาร์โทรโพดาเป็นกลุ่มที่มีความชุกชุมรองลงมาเท่ากับ 829 ตัวต่อตารางเมตร หรือร้อยละ 38.83 แบ่งออกเป็นกลุ่มของครัสตาเซีย และแมลงที่มีความชุกชุม 151 และ 679 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 จำนวนชนิด จำนวนตัวที่พบ ความชุกชุม และสัดส่วนของสัตว์ในแต่ละกลุ่มต่อจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินที่พบในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา

Phylum/Class	No. of taxa	No. of individuals	Abundance (ind.m^{-2})	% of total number
Nematoda	**1**	**20**	**2**	**0.12**
Platyhelminthes	**1**	**38**	**5**	**0.22**
Annelida	**24**	**7,338**	**906**	**42.41**
Oligochaeta	8	7,147	882	41.31
Polychaeta	14	178	22	1.03
Mollusca	**22**	**3,190**	**394**	**18.44**
Gastropoda	16	1,376	170	7.95
Bivalvia	6	1,814	224	10.48
Arthropoda	**179**	**6,718**	**829**	**38.83**
Crustacea	35	1,220	151	7.05
Insecta	144	5,498	679	31.78
Total	**227**	**17,304**	**2,136**	**100**

เมื่อแบ่งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินที่พบออกเป็นแต่ละฤดูกาล พบว่าในช่วงฤดูฝนมีจำนวนชนิดของสัตว์มากที่สุดเท่ากับ 162 ชนิด รองลงมาคือช่วงฤดูร้อนและช่วงก่อนฤดูฝนที่พบสัตว์จำนวน 153 และ 130 ชนิด ตามลำดับ ส่วนความชุกชุมของสัตว์พบว่าในช่วงฤดูร้อนมีความชุกชุมของสัตว์มากที่สุดเท่ากับ 2,390 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมาคือช่วงฤดูฝนและก่อนฤดูฝน ที่มีความชุกชุมของสัตว์เท่ากับ 2,058 และ 1,961 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ และเมื่อแยกออกเป็นแต่ละสถานีพบว่าจำนวนชนิดของสัตว์ที่พบในสถานี PMC3 ในช่วงฤดูร้อนมีจำนวนชนิดที่มากที่สุดเท่ากับ 37 ชนิด ส่วนสถานี PBC1 ในช่วงก่อนฤดูฝนมีจำนวนชนิดของสัตว์น้อยที่สุดจำนวน 2 ชนิด ส่วนความชุกชุมของสัตว์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วง 36-10,818 ตัวต่อตารางเมตร มีความชุกชุมของสัตว์โดยเฉลี่ย 2,136±267 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าสถานี NTC3 ในช่วงก่อนฤดูฝนมีความชุกชุมของสัตว์มากที่สุด ส่วนสถานี PBC1 ในช่วงก่อนฤดูฝน มีความชุกชุมน้อยที่สุด (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 จำนวนชนิด (Taxa richness, TR) และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ที่พบจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Wet, Dry, and Pre-wet season) ในแต่ละสถานีในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา

Station	Taxa richness				Abundance (Ind.m^{-2})			
	Wet	Dry	Pre-wet	Total	Wet	Dry	Pre-wet	Total
UTC1	28	7	11	38	7,413	782	524	2,907
UTC2	18	27	10	41	7,084	7,573	578	5,079
UTC3	18	31	6	45	1,387	7,920	418	3,241
PMC1	21	7	16	39	889	124	2,213	1,076
PMC2	13	17	5	30	533	1,342	720	865
PMC3	9	37	23	51	862	2,329	1,378	1,523
PRC1	12	14	21	35	338	489	898	575
PRC2	13	17	11	35	880	764	916	853
PRC3	18	23	25	48	613	960	1,858	1,144
PBC1	22	18	2	33	924	1,876	36	945
PBC2	24	16	5	36	1,867	480	80	809
PBC3	16	19	14	39	907	418	711	679
TKC1	26	13	28	52	2,800	204	987	1,330
TKC2	5	35	30	50	98	3,262	2,640	2,000
TKC3	7	23	24	46	498	1,822	782	1,034
NTC1	29	21	18	44	3,413	9,520	1,973	4,969
NTC2	17	26	28	49	373	1,227	2,400	1,333
NTC3	21	20	35	51	1,822	1,102	10,818	4,581
TNC1	21	13	35	46	1,822	773	4,604	2,400
TNC2	27	15	14	40	3,200	2,329	2,320	2,616
TNC3	23	30	21	51	3,227	5,600	3,316	4,047
PAC1	14	18	28	41	773	1,333	2,676	1,594
PAC2	31	34	25	54	4,604	3,111	3,218	3,644
PAC3	31	34	28	61	3,058	2,009	1,013	2,027
Total	**162**	**153**	**130**	**227**	**2,058**	**2,390**	**1,961**	**2,136**

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำที่ได้จากการติดตามคุณภาพแหล่งน้ำของสำนักสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 แบ่งออกเป็น สภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ ได้แก่ ความลึก อุณหภูมิของอากาศ และอุณหภูมิของน้ำ และปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ความขุ่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ (BOD) ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณตะกอนแขวนลอย ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณไนไตรท์ ปริมาณไนเตรท ปริมาณแอมโมเนีย แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำ และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม

ปัจจัยทางด้านสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ พบว่า ความลึกอยู่ในช่วง 0.5-10.0 เมตร มีความลึกเฉลี่ยเท่ากับ 1.81±0.18 เมตร อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 22.0-37.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยเท่ากับ 30.38±0.35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 25.5-36.0 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 28.68±0.23 องศาเซลเซียส ส่วนปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำที่สำคัญ พบว่าความเค็มของน้ำอยู่ในช่วง 0.0-1.2 ส่วนในพันส่วน (ppt) และความเค็มของน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.04±0.02 ppt ค่า BOD อยู่ในช่วง 0.20-8.00 $mg.l^{-1}$ โดยมีค่า เฉลี่ยเท่ากับ 1.99±0.22 $mg.l^{-1}$ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 5-344 $mg.l^{-1}$ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 98.11±8.94 $mg.l^{-1}$ ปริมาณไนเตรทในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-5.22 $mg.l^{-1}$ และปริมาณไนเตรทในน้ำโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.60±0.14 $mg.l^{-1}$ และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 140-350,000 $MPN.100ml^{-1}$ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16,697.7±6,529.8 $MPN.100ml^{-1}$

สำหรับค่าดัชนีคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 2.67-78.83 คะแนน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ คะแนน สถานีที่มีค่า WQI สูงที่สุดคือ PAC2 ในช่วงฤดูฝน รองลงมาคือ PBC2 และ TKC3 มีค่า WQI เท่ากับ 78.06 และ 77.55 คะแนน ตามลำดับ ส่วนสถานีที่มีค่า WQI ต่ำที่สุดคือ UTC2, PMC1, PMC2, TNC2 และ TNC3 ในช่วงฤดูร้อน โดยสถานีส่วนใหญ่ร้อยละ 46.8 มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก รองลงมาร้อยละ 35.5 และ 15.0 อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม และปานกลาง ตามลำดับ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 3.2 มีคุณภาพน้ำที่จัดอยู่ในเกณฑ์ดี (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ค่าต่ำสุด (Minimum) สูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในด้านสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ และดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ของสถานีเก็บตัวอย่างน้ำในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา (n=72)

Parameters	Minimum	Maximum	$\overline{X}$ ± S.E.
Stream characteristics			
Depth (m)	0.5	10.0	1.81±0.18
Air Temperature (^{o}C)	22.00	37.00	30.38±0.35
Water Temperature (^{o}C)	25.50	36.00	28.68±0.23
Physico-chemical & microbiological variables			
pH	2.90	10.80	6.89±0.16
Salinity (ppt)	0.00	1.20	0.04±.018
Conductivity (ms.cm^{-1})	30.0	20,000.0	492.7±278.8
Turbidity (NTU)	2.40	677.00	42.53±10.17
DO (mg.l^{-1})	0.10	8.30	4.18±0.17
BOD (mg.l^{-1})	0.20	8.00	1.99±0.22
TS (mg.l^{-1})	15.00	531.00	134.47±12.37
SS (mg.l^{-1})	1.00	194.00	35.17±5.00
TDS (mg.l^{-1})	5.00	344.00	98.11±8.94
TP (mg.l^{-1})	0.11	13.13	0.96±0.25
NO_2^- (mg.l^{-1})	0.00	0.34	0.05±0.01
NO_3^- (mg.l^{-1})	0.01	5.22	0.60±0.14
NH_3 (mg.l^{-1})	0.02	1.90	0.44±0.05
TCB (MPN.100ml^{-1})	200	90,0000	42,446.3±15,342.4
FCB (MPN.100ml^{-1})	140	35,0000	16,697.7±6,529.8
WQI	2.67	78.83	38.17±3.31

ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 16

3.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ดัชนีชีวภาพทั้ง 22 ดัชนีมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมที่ค่อนข้างน้อย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายอยู่ในช่วงระหว่าง 0.000-0.669 ดัชนีที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ %Polychaetes และความสัมพันธ์นั้นสามารถอธิบายด้วยปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมได้ 66.9% รองลงมาคือ %Crustacean และ %Amphipods ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายเท่ากับ 0.433 และ 0.370 ตามลำดับ และพบว่าไม่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมตัวใดที่มีความสัมพันธ์กับ %Gastropods ($p>0.05$) (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 สมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม (n=72)

Biological indices		Model	r^2	p
%Polychaetes	=	2.705 (Conductivity) + 2.023 (Depth) + 0.090 (%Sand+silt+clay) – 9.866	0.669	<0.001
%Crustacean	=	0.719 (%Silt) +3.192 (BOD) +3.225 (pH) – 0.210 (%Sand+silt+clay) - 9.961	0.433	<0.001
%Amphipods	=	0.059 (Width) + 0.568 (Water T^o) -2.150 (NH_3^+) +0.497 (Depth) -16.547	0.370	<0.001
Abundance	=	948.220 (NO_3^-) - 384.057 (TP) + 406.781 (Water T^o) - 11.471 (TDS) + 158.157 (%OM) - 3529.588 (Salinity) - 8,980.099	0.349	<0.001
EPT richness Index	=	5.007 -0.529 (BOD) – 0.010 (TDS) – 3.684 (Salinity)	0.346	<0.001
ETO richness Index	=	0.060 (Elevation) – 0.505 (BOD) – 2.837	0.322	<0.001
%Non-dipteran insects	=	85.854 – 0.300 (%Sand+silt+clay) – 3.555 (NO_3^-) - 1.652 (Water T^o)	0.276	<0.001
%EPT	=	1.540 (DO) -0.199 (%Sand+silt+clay) – 1.390 (Water T^o) + 56.193	0.267	<0.001
%Insects	=	53.071 – 4.969 (BOD) – 2.163 (%OM)	0.252	<0.001
Taxa richness	=	0.136 (Elevation) – 1.570 (BOD) + 20.324	0.238	<0.001
Shannon-Wiener (H)	=	3.271 – 0.191 (BOD)	0.198	<0.001
%Annelida	=	0.00017 (FCB) +1.673 (%OM) +24.544	0.191	<0.001
%Dipteran insects	=	2.102 (Air T^o) - 4.460 (BOD) - 30.687	0.154	<0.001
%Oligochaetes	=	0.00020 (FCB) +27.031	0.146	0.001
%Dominant taxa	=	3.510 – 1.399 (Air T^o) +73.918	0.142	0.005
%Pelecypods	=	0.224 (%Sand) – 1.859 (Air T^o) + 58.978	0.140	0.005
Evenness (J)	=	0.140 + 0.014 (BOD)	0.123	0.002
Simpson (D)	=	0.808 – 0.025 (BOD)	0.094	0.009
EPT/C	=	4.788 – 0.148 (Water T^o)	0.077	0.023
ETO/C	=	4.180 – 0.127 (Water T^o)	0.075	0.025
%Gastropods*	=	--	--	--

หมายเหตุ: * เป็นดัชนีชีวภาพที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ($p>0.05$)

จากความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำที่ได้พบว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพไม่เกิน 2 ดัชนี และมีสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ค่อนข้างต่ำ (r^2 อยู่ในช่วง 0.000-0.527) และมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมจำนวน 19 ตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพจากจำนวนตัวแปรทั้งหมด 27 ตัวแปร โดยมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีภาพจำนวน 8 ตัวแปร คือ ความขุ่นของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณตะกอนที่แขวนลอย ปริมาณไนไตร์ท ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณของอนุภาคกรวด ปริมาณของอนุภาคโคลน และปริมาณของอนุภาคทรายแป้งรวมกับอนุภาคโคลน (%Silt+clay) เมื่อแบ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมออกเป็นแต่ละด้านพบว่า ปัจจัยทางด้านสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำที่สามารถทำนาย (predicted) ดัชนีชีวภาพได้ดี คือ อุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิอากาศ มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพจำนวน 6 และ 3 ดัชนี ตามลำดับ และมีสัมประสิทธิ์การอธิบายอยู่ในช่วง 0.051-0.088 และ 0.051-0.075 ตามลำดับ และปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของแหล่งน้ำมีเพียง BOD ที่สามารถทำนายดัชนีชีวภาพได้มากว่า 2 ดัชนี ส่วนตัวแปรอื่นๆ นั้นมีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพไม่เกิน 2 ดัชนี ซึ่ง BOD มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพจำนวน 9 ดัชนี และมีสัมประสิทธิ์การอธิบายอยู่ในช่วง 0.071-0.210 ส่วนปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดินที่สามารถทำนายดัชนีชีวภาพได้ดี คือ ปริมาณของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าอนุภาคกรวด (%Sand+silt+clay) และปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดิน มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพจำนวน 4 และ 3 ดัชนี ตามลำดับ และมีสัมประสิทธิ์การอธิบายอยู่ในช่วง 0.036-0.132 และ 0.047-0.097 ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 จำนวนดัชนีชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ด้านในสมการถดถอยแบบหลายตัวแปร (n=72, $p<0.05$)

Variables	No. of Biological Indices Sig.	r^2
Stream characteristics		
Depth (m)	2	0.049-0.105
Width (m)	1	0.178
Elevation (m above m.s.l.)	2	0.062-0.210
Water Temperature (^{o}C)	6	0.051-0.075
Air Temperature (^{o}C)	3	0.051-0.088
Physico-chemical & microbiological		
pH	1	0.069
Salinity (ppt)	2	0.046-0.050
Conductivity (ms.cm^{-1})	1	0.527
Turbidity (NTU)*	--	--
DO (mg.l^{-1})	1	0.047
BOD (mg.l^{-1})	9	0.071-0.210
TS (mg.l^{-1})*	--	--
SS (mg.l^{-1})*	--	--
TDS (mg.l^{-1})	2	0.051-0.086
TP (mg.l^{-1})	1	0.074
NO_3^- (mg.l^{-1})*	--	--
NO_2^- (mg.l^{-1})	2	0.066-0.093
NH_3 (mg.l^{-1})	1	0.066
TCB (MPN.100ml^{-1})*	--	--
FCB (MPN.100ml^{-1})	2	0.140-0.146
Substrate variables		
OM (%)	3	0.047-0.097
Gravel (%)*	--	--
Sand+silt+clay (%)	4	0.036-0.132
Sand (%)	1	0.065
Silt+clay (%)*	--	--
Silt (%)	1	0.257
Clay (%)*	--	--
All Variables	19	0.000-0.527

หมายเหตุ: * เป็นตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพ ($p>0.05$)

3.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

เมื่อแยกปัจจัยทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ จำนวน 15 ตัวแปร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีการนำมาใช้เพื่อการประเมินและติดตามคุณภาพแหล่งน้ำอยู่เป็นประจำ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ความขุ่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ BOD ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณตะกอนแขวนลอย ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณไนไตรท์ ปริมาณไนเตรท ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม พบว่าสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ มีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายมีค่าอยู่ในช่วง 0.000-0.566 โดยสมการของ %Polychaetes มีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายสูงที่สุดเท่ากับ 0.566 รองลงมาคือ EPT richness Index และ ETO richness Index ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายเท่ากับ 0.346 และ 0.318 ตามลำดับ และพบว่าไม่มีปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ตัวใดที่มีความสัมพันธ์กับดัชนี EPT/C, ETO/C และ %Gastropods ($p>0.05$) (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ (n=72)

Biological indices		Model	r^2	p
%Polychaetes	=	2.729 (Conductivity) + 0.023 (TDS)	0.566	<0.001
EPT richness Index	=	5.007 -0.529 (BOD) – 0.010 (TDS) – 3.684 (Salinity)	0.346	<0.001
ETO richness Index	=	5.494 – 0.589 (BOD) – 0.011 (TDS) – 3.711 (Salinity)	0.318	<0.001
%Insects	=	47.198 – 5.645 (BOD)	0.252	<0.001
Taxa richness	=	26.019 – 1.827 (BOD) – 0.018 (TS)	0.222	<0.001
%Crustacean	=	3.657 (BOD) + 4.105 (pH) - 27.356	0.214	<0.001
Shannon-Wiener (H)	=	3.271 – 0.191 (BOD)	0.198	<0.001
Abundance	=	820.680 (NO_3^-) – 297.776 (TP) + 398.933 (pH)	0.188	0.003
%Oligochaetes	=	27.031 + [2.031 x 10^{-4} (FCB)]	0.146	0.001
%Annelida	=	29.745 + [1.928 x 10^{-4} (FCB)]	0.140	0.001
Evenness (J)	=	0.140 + 0.014 (BOD)	0.123	0.002
%Amphipods	=	0.014 (TDS)	0.109	0.005
Simpson (D)	=	0.808 – 0.025 (BOD)	0.094	0.009
%Dominant taxa	=	32.912 + 2.766 (BOD)	0.091	0.010
%Non-dipteran insects	=	16.253 – 2.303 (BOD)	0.090	0.010
%Dipteran insects	=	30.945 – 3.342 (BOD)	0.082	0.015
%Pelecypods	=	42.903 – 3.984 (pH)	0.064	0.032
%EPT	=	9.083 – 1.330 (BOD)	0.062	0.036
EPT/C*	=	--	--	--
ETO/C*	=	--	--	--
%Gastropods*	=	--	--	--

หมายเหตุ: * เป็นดัชนีชีวภาพที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ($p>0.05$)

ในจำนวนดัชนีชีวภาพทั้งหมด 21 ดัชนีพบว่ามีเพียง 18 ดัชนีเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ จำนวน 9 ตัวแปร ($p<0.05$) จากจำนวนตัวแปรทั้งหมดจำนวน 15 ตัวแปร คือ ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม สภาพการนำไฟฟ้า BOD ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ไนเตรท และปริมาณแบคทีเรียในกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยอีก 6 ตัวแปรที่ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพใดๆ คือ ค่าความขุ่นของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ปริมาณตะกอนแขวนลอย ปริมาณไนไตร์ท ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด ซึ่งดัชนีชีวภาพส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำเพียง 1 ตัวแปรเท่านั้น โดย Abundance, EPT richness และ ETO richness เป็นดัชนีชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านคุณภาพน้ำมากที่สุดจำนวน 3 ตัวแปร รองลงมาคือ Taxa richness, %Polychaetes และ %Crustacean มีความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านคุณภาพน้ำจำนวน 2 ตัวแปร และดัชนีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายมากที่สุดคือ %Polychaetes ($r^2=0.566$) รองลงมาคือ EPT richness ($r^2=0.346$) และ ETO richness ($r^2=0.318$) (ตารางที่ 14)

3.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับดัชนีคุณภาพน้ำ

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพแต่ละตัวกับ WQI ด้วยวิธี Simple linear regression พบว่าดัชนี WQI มีความสัมพันธ์และสามารถอธิบายดัชนีชีวภาพได้เพียงดัชนีเดียวเท่านั้น คือ สัดส่วนของแอมฟิพอดต่อจำนวนสัตว์ทั้งหมด (%Amphipods) แต่อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่าง %Amphipods กับ WQI ก็เป็นความสัมพันธ์ในระดับที่ต่ำ ($p=0.043$, $r^2=0.057$) โดยค่า WQI สามารถอธิบาย %Amphipods ได้เพียงร้อยละ 5.7 เท่านั้น (ตารางที่ 15) โดยมีสมการของความสัมพันธ์ คือ %Amphipods = 1.963 – 0.028(WQI)

ตารางที่ 14 จำนวนตัวแปรของปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพในสมการถดถอยแบบหลายตัวแปร (n=72, $p<0.05$)

Biological indices	No. of physico-chemical & microbiological variables Sig.	r^2 of Components	r^2 Total
Abundance	3	0.048-0.066	0.188
EPT richness	3	0.050-0.210	0.346
ETO richness	3	0.041-0.204	0.318
Taxa richness	2	0.046-0.176	0.222
%Polychaetes	2	0.039-0.527	0.566
%Crustacean	2	0.092-0.122	0.214
%EPT	1	0.062	0.062
%Dominant taxa	1	0.091	0.091
%Annelida	1	0.140	0.140
%Oligochaetes	1	0.146	0.146
Shannon-Wiener (H)	1	0.198	0.198
Evenness (J)	1	0.123	0.123
%Pelecypods	1	0.064	0.064
%Amphipods	1	0.109	0.109
%Insects	1	0.155	0.155
%Dipteran insects	1	0.082	0.082
%Non-dipteran insects	1	0.090	0.090
Simpson (D)	1	0.094	0.094
EPT/C	--	--	--
ETO/C	--	--	--
%Gastropods	--	--	--
All indices	9	0.000-0.527	0.000-0.566

หมายเหตุ: * เป็นดัชนีชีวภาพที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ($p>0.05$)

ตารางที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายระหว่างความสัมพันธ์ของดัชนีชีวภาพกับดัชนีคุณภาพน้ำ

Biological indices	r^2	Sig. of Coefficient
%Amphipods	0.057	0.043
ETO/C	0.021	0.245
EPT/C	0.020	0.259
EPT richness Index	0.016	0.285
%Crustacean	0.016	0.293
%Polychaetes	0.013	0.341
ETO richness Index	0.008	0.442
Evenness (J)	0.008	0.451
Shannon-Wiener (H)	0.007	0.488
%Non-dipteran insects	0.007	0.495
Taxa richness	0.006	0.513
%Pelecypods	0.004	0.593
%EPT	0.003	0.624
%Insects	0.002	0.697
%Dominant taxa	0.002	0.721
%Oligochaetes	0.001	0.844
Simpson (D)	0.000	0.893
%Gastropods	0.000	0.894
Abundance	0.000	0.938
%Annelida	0.000	0.940
%Dipteran insects	0.000	0.976
Range	0.000-0.057	0.043-0.976

บทที่ 4
วิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 สภาพทั่วไปของลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา

สภาพทั่วไปของลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาในแต่ละปีมีความคล้ายคลึงกันโดยความกว้าง และความเร็วของกระแสน้ำในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูอื่นๆ เนื่องจากการได้รับน้ำฝนปริมาณมากที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้มีความลึก ความกว้าง และความเร็วของกระแสน้ำที่เพิ่มขึ้น (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2548; มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2537)

ลักษณะของตะกอนดินในบริเวณสถานีที่ทำการเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่จะเป็นทรายเนื่องจากอยู่ในบริเวณตอนกลางของลำคลอง โดยสถานีที่อยู่ในบริเวณต้นน้ำจะมีองค์ประกอบของกรวดซึ่งเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ในสัดส่วนที่มาก จากการตกตะกอนที่รวดเร็วกว่าอนุภาคที่มีขนาดเล็กในกระแสน้ำที่ไหลแรงและเร็ว ทำให้อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำและจะค่อยๆ ตกตะกอนลงสู่พื้นเมื่อความเร็วของกระแสน้ำลดลง และสัดส่วนของอนุภาคกรวดจะค่อยๆ ลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นเมื่อกระแสน้ำไหลช้าลง ทำให้สัดส่วนของอนุภาคที่มีขนาดเล็กจำพวกทรายแป้งและโคลนเพิ่มมากขึ้น (Wood and Armitage, 1989) ในบริเวณปากคลองหรือปากแม่น้ำจึงมีสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งและโคลนที่ค่อนข้างสูง โดยสัดส่วนอนุภาคของตะกอนดินในคลองอู่ตะเภามีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2537-2539 (Maneepong, 1995; Angsupanich and Kuwabara, 1999; Maneepong and Angsupanich, 1999) ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในบริเวณที่ศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในคลองอู่ตะเภามีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Angsupanich และ Kuwabara (1999) เนื่องจากการสะสมของอินทรียวัตถุในตะกอนดินบริเวณพื้นท้องน้ำในคลองอู่ตะเภาที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการพัดพาเอาอินทรียวัตถุจากบนฝั่งลงสู่แหล่งน้ำและการปล่อยของเสียจากกิจกรรมที่อยู่รอบๆ แหล่งน้ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Downes และคณะ (2006) ในลำคลองจำนวน 5 สาย ทางตอนกลางของรัฐวิคตอเรีย (Victoria) ในประเทศออสเตรเลีย พบว่าสถานีในบริเวณที่อยู่ใกล้ปากคลองจะมีปริมาณอินทรียวัตถุที่สูงกว่าบริเวณต้นน้ำ ในส่วนลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาสายอื่นๆ พบว่าไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของตะกอนดิน

4.2 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน

จำนวนชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาที่พบจำนวน 227 ชนิด จาก 113 วงศ์ นับว่ามีความหลากหลายที่ค่อนข้างสูง ซึ่งการศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มักทำการจำแนกชนิดถึงระดับวงศ์เพียงเท่านั้น เมื่อเทียบกับการศึกษาในภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศไทย พบว่าการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีความหลากหลายที่ใกล้เคียงกับการศึกษาทางภาคเหนือในลุ่มน้ำปิงที่พบ 117 วงศ์ (Mustow, 2002: Thorne and Williams, 1997) และลุ่มน้ำแม่คำที่พบ 86 วงศ์ (Chiangthong and Phalaraksh, 2007) มีความหลากหลายที่สูงกว่าการศึกษาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือในลุ่มน้ำพอง (Sangpradub *et al.*, 1996; นฤมล และวิโรชน์, 2541; นฤมล และคณะ, 2541) ที่พบ 56 วงศ์ และภาคกลางในลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง ที่พบ 50 วงศ์ ส่วนการศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในกลุ่มของแมลงน้ำในจังหวัดพัทลุงและสงขลาพบแมลงน้ำจำนวน 40 วงศ์ (Watanasit, 1996; สันทัต, 2539) ซึ่งมีจำนวนวงศ์ที่น้อยกว่าการศึกษาในครั้งนี้ที่พบสัตว์ในกลุ่มแลงน้ำจำนวน 57 วงศ์ การที่พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ที่มีความหลากหลายในครั้งนี้ เนื่องจากพื้นที่ของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ 8,593 ตารางกิโลเมตร (RDO and FOE, 1994) ประกอบไปด้วยแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ (habitat) ที่ค่อนข้างหลากหลาย โดยสถานีเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำ ได้แก่ สถานี PAC3 และ PMC3 ลงไปถึงบริเวณปากคลอง ได้แก่ สถานี PMC1 PBC1 TKC1 NTC1 และ TNC1 ซึ่งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในสถานี PMC3 ในช่วงฤดูร้อนมีจำนวนชนิดมากที่สุด ต่างจากสถานี PBC1 ในช่วงก่อนฤดูฝนที่พบว่ามีจำนวนชนิดน้อยที่สุด เนื่องมาจากสถานี PMC3 เป็นสถานีที่อยู่บริเวณต้นน้ำและมีการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ที่น้อย ซึ่งต่างจากสถานี PBC1 ที่รับน้ำทิ้งจากชุมชนที่อาศัยอยู่รอบๆ แหล่งน้ำ รวมทั้งมีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ในการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ จึงทำให้แหล่งน้ำค่อนข้างเสื่อมโทรม

ไฟลัมแอนแนลลิดามีความชุกชุมมากที่สุด เช่นเดียวกับในลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง (Sripongpun, 2003) โดยแหล่งน้ำไหลที่มีขนาดใหญ่ เช่นในลำคลองและแม่น้ำ มักจะพบว่าสัตว์ในไฟลัม Annelida มีความชุกชุมมากที่สุด โดยเฉพาะไส้เดือนน้ำจืด (Oligocheates) ไส้เดือนทะเล (Polychaetes) รองลงมาคือ สัตว์ในไฟลัม Arthropoda ในกลุ่มของหนอนแดง (Chironomids) และสัตว์ที่อยู่ในไฟลัม Mollusca ในกลุ่มหอยฝาเดียว (Gastropods) และหอยสองฝา (Bivalves) ส่วนแหล่งน้ำไหลที่มีขนาดเล็กลงมาจำพวกลำธารและคลองขนาดเล็ก สัตว์ที่พบส่วนใหญ่จัดอยู่ในไฟลัม Arthropoda ในกลุ่มของแมลง (Insects) และครัสตาเซียน (Crustaceans) (Dudgeon, 1999; Alba-

Tercedor, 2006) และจากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่ากลุ่มของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ในแหล่งน้ำไหลที่มีความหลากหลายมากที่สุดจัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรโพดา โดยเฉพาะในชั้นของแมลง (นฤมล และวิโรจน์, 2541; Sangpradub *et al.*, 1996; Mustow, 2002) ส่วนการศึกษาในบริเวณที่ใกล้กับปากแม่น้ำ มักพบว่าสัตว์ที่มีความหลากหลายมากที่สุดจัดอยู่ในไฟลัม Annelida และ Mollusca (Angsupanich and Kuwabara, 1999; Sripongpun, 2003) ความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินที่มากที่สุดในสถานี NTC3 ในช่วงก่อนฤดูฝนที่มีค่าต่างจากสถานี PBC1 ในช่วงเดียวกันซึ่งมีความชุกชุมน้อยที่สุด เนื่องจากความแตกต่างของปัจจัยสิ่งแวดล้อมระหว่าง 2 สถานี โดยสถานี NTC3 มีลักษณะเป็นลำคลองขนาดกลางและมีความสูงจากน้ำทะเลระดับปานกลาง และตะกอนดินมีขนาดของอนุภาคโคลนในระดับต่ำและกรวดในระดับปานกลาง รวมทั้งมีสัดส่วนของปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนระดับต่ำ ส่วนสถานี PBC1 เป็นสถานีที่อยู่บริเวณปากคลองมีความสูงจากระดับน้ำทะเลที่ต่ำและ ตะกอนดินมีสัดส่วนของอนุภาคโคลนในระดับสูงและกรวดในระดับต่ำ รวมทั้งมีสัดส่วนของปริมาณอินทรียวัตถุในระดับสูง จากการศึกษาของ Dahl และคณะ (2004) ในลำธารทางตอนใต้ของประเทศสวีเดนพบว่า บริเวณที่มีสารอินทรีย์ในปริมาณมากมีผลทำให้กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีความชุกชุมที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ในการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าความชุกชุมของสัตว์ในสถานี PBC1 ที่มีค่าต่ำ เนื่องมาจากระดับความเป็นพิษที่เกิดจากปริมาณอินทรีย์สารของแหล่งน้ำในระดับสูง เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

4.3.1 ดัชนีชีวภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 27 ตัวแปร

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำ (Doyle *et al.*, 2005) ในการศึกษาครั้งนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพไม่เกิน 2 ดัชนี และมีส่วนปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพมีสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ไม่สูง (r^2 อยู่ในช่วง 0.036-0.527) ส่วนปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพจำนวน 8 ตัวแปร คือ ความขุ่นของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณตะกอนแขวนลอย ปริมาณไนไตรท์ ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด สัดส่วนของอนุภาคกรวด สัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งรวมกับโคลน และสัดส่วนของอนุภาคโคลน

ปัจจัยทางด้านสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำที่สามารถทำนายดัชนีชีวภาพได้ดี คือ อุณหภูมิของน้ำและอากาศ โดยปัจจัยทั้ง 2 ตัวแปรนี้สามารถอธิบายดัชนีชีวภาพได้ถึง 9 ดัชนี แต่

อย่างไรก็ตามทั้ง 2 ปัจจัยนี้ยังมีสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ค่อนข้างต่ำ (r^2 อยู่ในช่วง 0.051-0.088) การศึกษาของ Leszczyñski (1976 อ้างโดย Alabaster, 1980) พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้หนอนแดงลดความชุกชุมลง และทำให้สัดส่วนของ %Diptera ลดลงด้วย และจะส่งผลให้ Abundance มีค่าลดลง (Ndaruga *et al*., 2004) และผลจากการศึกษาของ Sponseller และคณะ (2001) ที่พบว่าค่าของดัชนี Taxa richness, EPT richness, Shannon-Wiener Diversity Index และ Evenness มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งให้ผลที่ต่างจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ Abundance และ %Amphipods มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้น แต่จะส่งผลให้ %Non-dipteran insects, %EPT, EPT/C และ ETO/C มีค่าที่ลดลง และเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ %Diptera insects มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้น แต่จะส่งผลให้ %Dominant taxa และ %Pelecypods มีค่าที่ลดลง

ส่วนความกว้างของแหล่งน้ำมีความสัมพันธ์กับ Taxa richness (Butcher *et al*., 2003; Williams *et al*., 2003; Probst *et al*., 2005) Shannon-Wiener Diversity Index และ %EPT richness (Butcher *et al*., 2003) และ %Oligocheates (Ndaruga *et al*., 2004) แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความกว้างมีความสัมพันธ์กับ %Amphipods เพียงดัชนีเดียวเท่านั้น และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น %Amphipods และ %Polychaetes จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย จากการศึกษาของ Ruensirikul และคณะ (2007) ในทะเลสาบสงขลา พบว่าบริเวณชายฝั่งมีความชุกชุมของ Amphipods มากกว่าบริเวณที่กลางทะเลสาบที่ลึกออกไป เนื่องจากสัตว์ในกลุ่ม Amphipods และ Polychaetes มีความชุกชุมในบริเวณใกล้กับปากแม่น้ำมากกว่าในลำธารขนาดเล็ก และ Amphipods เป็นสัตว์ที่พบได้บ่อยในบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่ง (คณิศร์, 2539) ดังนั้นเมื่อแหล่งน้ำไหลหรือลำคลองมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีระยะห่างจากปากแม่น้ำน้อยลง %Amphipods และ %Polychaetes จึงมีค่าที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการศึกษาของ Sharma และคณะ (2004) ในแม่น้ำ Dhauliganga ของประเทศอินเดีย พบว่าความลึกมีความสัมพันธ์กับ Abundance โดยแหล่งน้ำที่มีความลึกเพิ่มขึ้น จะพบความชุกชุมของสัตว์ที่ลดลง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้พบว่า Abundance ไม่มีความสัมพันธ์กับความลึก

ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของแหล่งน้ำที่สามารถทำนายดัชนีชีวภาพได้ดี คือ BOD ซึ่งเป็นปัจจัยที่บ่งบอกถึงการปนเปื้อนอินทรีย์สารและความสกปรกของแหล่งน้ำ และสามารถอธิบายดัชนีชีวภาพได้ถึง 9 ดัชนี ต่างจากปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพไม่เกิน 2 ดัชนี แต่ความสัมพันธ์ระหว่าง BOD กับดัชนีชีวภาพมีสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ค่อนข้างต่ำ (r^2 อยู่ในช่วง 0.071-0.210) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Buss และคณะ (2002) ที่พบว่า BOD มีผลต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่แต่มีระดับของความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างต่ำ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า BOD มีความสัมพันธ์กับ %Crustacean, EPT richness, ETO richness, %Insects, Taxa richness, Shannon-Wiener Diversity Index, %Dipteran insects, Evenness และ

Simpson Diversity Index และจากการศึกษาของ Ndaruga และคณะ (2004) พบว่า %Oligocheates มีค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อแหล่งน้ำมีความสกปรกเพิ่มขึ้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่า %Oligocheates มีความสัมพันธ์กับความสกปรกในรูปของการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ เมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณ FCB เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มี %Oligocheates ที่เพิ่มขึ้นด้วย

จากการศึกษาของ สันทัต (2539) ในลำธารต้นน้ำของคลองอู่ตะเภา และการศึกษาของ Iliopoulou-Geogudaki และคณะ (2003) ในแม่น้ำ Alfeios และ Pineios ในประเทศกรีซ รวมทั้งการศึกษาของ Chen (2005) ในแม่น้ำ Keelung ของประเทศไต้หวัน พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความสัมพันธ์กับ %EPT ในระดับต่ำ เมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงจะทำให้ Abundance ลดลงด้วย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ %EPT มีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า pH ของน้ำที่ลดต่ำลงจะส่งผลทำให้ Abundance และ Taxa richness มีค่าที่ลดลง (Taylor and Bailey, 1997) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบว่า pH มีความสัมพันธ์ต่อ Abundance และดัชนีในกลุ่มของจำนวนชนิด (Richness) ได้แก่ Taxa richness, EPT richness และ ETO richness รวมทั้งกลุ่มของดัชนีความหลากหลาย คือ Simpson Diversity Index , Shannon-Wiener Diversity Index และ Evenness โดยการศึกษาในครั้งนี้พบว่า pH มีความสัมพันธ์กับ %Crustacean แต่มีสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ค่อนข้างต่ำ ($r^2 = 0.069$) โดยค่า pH ที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลทำให้ %Crustacean เพิ่มสูงขึ้นด้วย เนื่องจากสัตว์ในกลุ่ม Crustacean ได้แก่ *Gammarus* spp. สามารถอาศัยอยู่ได้ในแหล่งน้ำที่มี pH ต่ำถึง 2.2 (Leackey, 1938 อ้างโดย Alabaster, 1980)

Iliopoulou-Geogudaki และคณะ (2003) ได้รายงานว่าสภาพการนำไฟฟ้ามีอิทธิพลต่อหนอนแดง ซึ่งเป็นสัตว์ที่อยู่ในอันดับ Diptera และมีส่งผลให้ Taxa richness และความชุกชุมของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำมีปริมาณลดลง ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสภาพการนำไฟฟ้าไม่มีความสัมพันธ์กับ %Dipteran insects และดัชนีในกลุ่มของจำนวนชนิด และองค์ประกอบของสัตว์ในกลุ่มของแมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำ คือ EPT richness, ETO richness, %EPT, EPT/C และ ETO/C แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสภาพการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับ %Polychaetes และมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายที่สูงกว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ (r^2=0.527) โดยสัตว์ในกลุ่ม Polychaetes ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมชอบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีความเค็ม เช่น ในทะเลชายฝั่ง และบริเวณปากแม่น้ำ บริเวณเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจากความเค็มทำให้ในน้ำมีไอออนของเกลือในปริมาณมาก ส่งผลทำให้มีสภาพการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าสถานีที่อยู่ห่างจากปากแม่น้ำ ดังนั้นเมื่อค่าการนำไฟฟ้ามีค่าที่สูงขึ้น %Polychaetes จึงมีค่าสูงขึ้นด้วย

ส่วนปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ที่ไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพจำนวน 5 ตัวแปร คือ ความขุ่นของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณตะกอนแขวนลอย ไนไตร์ท

และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด ซึ่งผลที่ได้ต่างจากการศึกษาของ Talf และ Shapovalov (1953 อ้างโดย Alabaster, 1980) ที่พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้อัตราการหลุดลอยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินเพิ่มมากขึ้นทำให้ความชุกชุมของสัตว์ลดลง

ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของตะกอนดินที่สามารถทำนายดัชนีชีวภาพได้ดี คือ ปริมาณของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าอนุภาคกรวด (%Sand+silt+clay) และปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดิน ซึ่ง %Sand+silt+clay สามารถอธิบายดัชนีชีวภาพได้ถึง 4 ดัชนี แต่มีสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ค่อนข้างต่ำ (r^2 อยู่ในช่วง 0.036-0.132) ขนาดของอนุภาคเม็ดดินบริเวณพื้นท้องน้ำมีผลต่อประชาคมสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน (APHA *et al*., 1998) สัดส่วนของอนุภาคที่มีสภาพเป็นกรวดในปริมาณสูงจะมีดัชนีความหลากหลายสูงกว่าบริเวณที่เป็นทราย (Mackay and Kalff, 1969) และทรายแป้ง (Nedeau *et al*., 2003) เมื่อบริเวณพื้นท้องน้ำมีปริมาณทรายแป้งที่เพิ่มขึ้น ทำให้ Abundance และ Taxa richness ลดลง (Taylor and Bailey, 1997) และหากพื้นท้องน้ำมีปริมาณของอนุภาคทรายเพิ่มขึ้น จะทำให้สัตว์จำพวกผู้ล่า (predator) มีจำนวนเพิ่มขึ้นด้วย (Yamamuro and Lamberti, 2007) ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดินสามารถอธิบายดัชนีชีวภาพได้ 3 ดัชนี แต่มีสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ค่อนข้างต่ำ (r^2 อยู่ในช่วง 0.047-0.097) ความสัมพันธ์ระหว่าง %OM กับดัชนีชีวภาพพบว่า บริเวณที่มีการทับถมของอินทรียวัตถุจะมีความชุกชุมของสัตว์สูงกว่าบริเวณที่ใบไม้ที่มาเกาะกลุ่มกัน (Leaf pack) (Mackay and Kalff, 1969) ปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดินเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่อาจมีความสัมพันธ์ต่อการแพร่กระจาย และความชุกชุมของสัตว์ (Sripongpun, 2003) เมื่ออินทรียวัตถุมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ Abundance เพิ่มขึ้นด้วย (Taylor and Bailey, 1997) แต่จะทำให้ Taxa richness มีค่าที่ลดลง (Taylor and Bailey, 1997; Yamamuro and Lamberti, 2007) ตัวอ่อนแมลงสองปีกในวงศ์ Chironomidae และตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์ Hydropsychidae มีความชุกชุมเพิ่มขึ้นเมื่ออินทรียวัตถุเพิ่มปริมาณมากขึ้น (Sasaki *et al*., 2005) รวมทั้งทำให้สัตว์จำพวกผู้ล่ามีความชุกชุมเพิ่มมากเช่นกัน (Yamamuro and Lamberti, 2007)

ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของตะกอนดินที่ไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพพบว่ามีจำนวน 3 ตัวแปร คือ สัดส่วนของอนุภาคกรวด สัดส่วนของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าอนุภาคทราย และสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้ง ต่างจากการศึกษาของ Rice และคณะ (2001) ที่พบว่าอนุภาคกรวดมีความสัมพันธ์กับ Abundance และ Taxa richness และเมื่อ substrate มีขนาดใหญ่ขึ้นส่งผลให้ตัวอ่อนแมลงสองปีกในวงศ์ Chironomidae มีจำนวนชนิดที่เพิ่มขึ้นด้วย (Rae, 2004) เนื่องจากสัตว์ในบางกลุ่มจำเป็นที่ต้องใช้ substrate ที่มีขนาดใหญ่ในการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและหา

อาหาร เช่น ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวในวงศ์ Heptageniidae และ ตัวอ่อนแมลงปีกแข็งในวงศ์ Psephenidae

4.3.2 ดัชนีชีวภาพกับปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

เมื่อนำปัจจัยทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ จำนวน 15 ปัจจัย พบว่าดัชนีชีวภาพส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำเพียง 1 ตัวแปรเท่านั้น โดย Abundance, EPT richness และ ETO richness เป็นดัชนีชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านคุณภาพน้ำมากที่สุดจำนวน 3 ตัวแปร (r^2 อยู่ในช่วง 0.188-0.346) ซึ่ง Abundance มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับ NO_3^- และ pH แต่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับ TP ต่างจากการศึกษาของ Ndaruga และคณะ (2004) ในประเทศเคนยาที่พบว่า Abundance ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิ ส่วนการศึกษาของ Davis (1997) ในลุ่มแม่น้ำทรินิตี้ (Trinity) ในรัฐ Texas ประเทศอเมริกา พบว่า Abundance มีค่าลดลงเมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณของ DO ที่ลดลง ส่วนดัชนี EPT richness และ ETO richness มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับ BOD, TDS และ Salinity สอดคล้องกับการศึกษาของ AQEM Consortium (2002 อ้างโดย Dahl *et al.*, 2004) พบว่า EPT richness มีค่าลดลงเมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณ BOD เพิ่มขึ้น การศึกษาของ Pastuchová (2006) ในแม่น้ำ Slaná และ Ipel´ ของประเทศสโลวเกียพบว่า DO เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับดัชนี EPT richness ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่า DO ไม่มีความสัมพันธ์กับ Abundance และ EPT richness

%Crustacean, Taxa richness และ %Polychaetes มีความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านคุณภาพน้ำจำนวน 2 ตัวแปร (r^2 อยู่ในช่วง 0.214-0.527) โดย %Crustacean มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับ BOD และ pH เนื่องจากสัตว์ในกลุ่มนี้มักจะกินอาหารที่เป็นอินทรีวัตถุในแหล่งน้ำ ซึ่งให้ผลที่ต่างจากการศึกษาของ คณิศร์ (2539) และ AQEM Consortium (2002 อ้างโดย Dahl *et al.*, 2004) ที่พบว่าจำนวนของสัตว์ในกลุ่ม Crustacean จะลดลงเมื่อมีค่า BOD ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วน Taxa richness มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับ BOD และปริมาณของตะกอนแขวนลอยในน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ AQEM Consortium (2002 อ้างโดย Dahl *et al.*, 2004) และ %Polychaetes ซึ่งเป็นดัชนีที่มีสัมประสิทธิ์การอธิบายมากที่สุด (r^2 = 0.527) และมีความสัมพันธ์กับสภาพการนำไฟฟ้าและปริมาณตะกอนที่ละลายน้ำ เนื่องจากสัตว์ในกลุ่ม Polychaetes ชอบอาศัยอยู่ในบริเวณทะเลชายฝั่ง และปากแม่น้ำ ซึ่งบริเวณเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจากความเค็มทำให้ในน้ำมีไอออนของเกลือและตะกอนที่ละลายน้ำในปริมาณมาก ทำให้มีสภาพการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าสถานีที่อยู่ห่างจากปากแม่น้ำ ดังนั้นเมื่อค่าการนำไฟฟ้ามีค่าที่สูงขึ้น %Polychaetes จึงมีค่าสูงขึ้นด้วย ในบริเวณเหล่านี้จึงพบสัดส่วนของ Polychaetes ที่มีค่าสูงกว่าในบริเวณที่อยู่เหนือน้ำขึ้นไป

4.3.3 ดัชนีชีวภาพกับดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพกับดัชนี WQI ที่พบว่าดัชนีชีวภาพเกือบทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์กับ WQI มีเพียง %Amphipods ที่มีความสัมพันธ์กับ WQI แต่ก็มีสัมประสิทธิ์การอธิบายในระดับต่ำ ($r^2 = 0.057$) ดังนั้นดัชนีคุณภาพน้ำจึงไม่อาจบ่งบอกถึงสภาพความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ WQI จึงอาจจะไม่ใช่ดัชนีที่ดีในการประเมินแหล่งน้ำทางนิเวศวิทยา ซึ่งประเทศไทยได้มีการนำดัชนี WQI มาใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 แม้ว่าจะมีการนำมาทดสอบในแหล่งน้ำไหลจำนวน 48 แหล่ง และน้ำนิ่งจำนวน 4 แหล่ง แต่ผลที่ได้ในปีที่ผ่านมาไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนักเนื่องจากสภาพของแหล่งน้ำยังคงมีสภาพอยู่ในสภาวะที่เสื่อมโทรม (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 1999)

ในช่วงที่ผ่านมาการติดตามคุณภาพแหล่งน้ำโดยทั่วไปนิยมใช้ตัวชี้วัดทางกายภาพและเคมี (MRC, 2008) ทำให้การประเมินแหล่งน้ำจำเป็นต้องมีเทคนิคและความชำนาญในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ นอกจากนี้ตัวชี้วัดทางกายภาพและเคมียังมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นการยากในการนำตัวชี้วัดทางกายภาพและเคมีมาใช้โดยบุคคลทั่วไป (Rosenberg and Resh, 1993) สำหรับปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่มีการนำมาใช้ในการประเมินแหล่งน้ำอย่างยาวนาน อาจมีประสิทธิภาพสำหรับการนำไปใช้ในการกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้ง และป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ แต่อาจจะไม่สามารถนำไปใช้ในการดูแลรักษาสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศในแหล่งน้ำ หรือการนำไปใช้ในการจัดการพื้นที่ๆ มีขนาดใหญ่ (Norris and Thoms, 1999)

ดัชนีชีวภาพจึงเป็นวิธีการที่ดีอีกทางหนึ่ง ในการนำมาใช้สำหรับการประเมินความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ โดยอาจทำการจำแนกชนิดของสัตว์ในระดับที่ไม่ลึกจนเกินไป เช่น ระดับวงศ์ และมีการใช้ดัชนีที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ ได้แก่ Taxa richness และ EPT richness (Fore *et al.*, 2001) และการใช้ดัชนีชีวภาพหลายๆ กลุ่ม ยังเป็นวิธีการที่สามารถอธิบายสภาพหรือประเมินความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ดียิ่งขึ้นและสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นกับแหล่งน้ำได้ (Karr, 1999; Chessman, 1999) เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับดัชนีชีวภาพได้มีการพัฒนาและปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา ทำให้มีข้อมูลเพียงพอ และมีแนวโน้มสามารถนำมาใช้ในการประเมินความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้

สำหรับการประเมินความเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลา อาจใช้ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันเพียงด้านเดียวไม่ได้ เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับดัชนีทางชีวภาพในระดับที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งดัชนีทางชีวภาพเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึง

สภาวะของระบบนิเวศและความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ และปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ที่การนำมาใช้ในการประเมินแหล่งน้ำอยู่เป็นประจำนั้น ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพเพียงดัชนีเดียวเท่านั้น ดังนั้นการประเมินความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำหรือการประเมินแหล่งน้ำทางนิเวศวิทยาจึงควรนำดัชนีชีวภาพมาใช้ร่วมกับดัชนีทางกายภาพและเคมี จะสามารถทำให้การประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำได้ผลที่ดีขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลารวม 17,304 ตัว แบ่งออกเป็น 5 ไฟลัม คือ Nematoda, Plathylheminthes, Annelida, Mollusca และ Arthropoda จำแนกชนิดได้ 113 วงศ์ 227 ชนิด Arthropoda เป็นไฟลัมที่มีความหลากหลายมากที่สุด 179 ชนิด ส่วนใหญ่จัดอยู่ในอันดับ Diptera 49 ชนิด รองลงมาคือ Ephemeroptera และ Coleoptera พบจำนวน 24 และ 21 ชนิดตามลำดับ ส่วนไฟลัมที่มีความชุกชุมมากที่สุดคือ Annelida มีความชุกชุม 906 ตัวต่อตารางเมตร ประกอบด้วย Oligocheates และ Polychaetes มีความชุกชุม 882 และ 22 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ สัตว์ในไฟลัม Arthropoda เป็นกลุ่มที่มีความชุกชุมรองลงมาเท่ากับ 829 ตัวต่อตารางเมตร แบ่งออกเป็น Crustacean และ Insects มีความชุกชุม 151 และ 679 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ

การเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝนมีจำนวนชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินมากที่สุด 162 ชนิด รองลงมาคือช่วงฤดูร้อนและช่วงก่อนฤดูฝนที่พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดิน 153 และ 130 ชนิด ตามลำดับ การเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูร้อนพบความชุกชุมของสัตว์มากที่สุดเท่ากับ 2,390 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ช่วงฤดูฝนและก่อนฤดูฝน ที่มีความชุกชุมของสัตว์เท่ากับ 2,058 และ 1,961 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ดัชนีชีวภาพที่ได้จากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินมีความสัมพันธ์ กับปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมในระดับที่ไม่สูงมาก มีสัมประสิทธิ์การอธิบายอยู่ในช่วง 0.000-0.669 โดย %Polychaetes เป็นดัชนีที่มีระดับความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมมากที่สุด สามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมได้ 66.9% รองลงมาคือ %Crustacean และ %Amphipods ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายเท่ากับ 0.433 และ 0.370 ตามลำดับ ส่วน %Gastropods เป็นดัชนีที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพไม่เกิน 2 ดัชนี และแต่ละตัวแปรมีสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ค่อนข้างต่ำ (r^2 อยู่ในช่วง 0.000-0.527) จากจำนวนปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 27 ตัวแปร มีเพียง 19 ตัวแปรเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีชีวภาพ โดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ด้านที่สามารถทำนาย ดัชนีชีวภาพได้ดี คือ อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ BOD ปริมาณของอนุภาคตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่าอนุภาคกรวด และปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดิน

เมื่อแยกปัจจัยทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ จำนวน 15 ตัวแปร ซึ่งเป็นปัจจัยที่นำมาใช้ในการประเมินและติดตามคุณภาพแหล่งน้ำอยู่เป็นประจำ ตัวแปรส่วนใหญ่มีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายที่ค่อนข้างต่ำ (r^2=0.000-0.566) สมการของ %Polychaetes มีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายสูงที่สุดเท่ากับ 0.566 รองลงมาคือ EPT richness index และ ETO richness index มีค่า 0.346 และ 0.318 ตามลำดับ ส่วนดัชนี EPT/C, ETO/C และ %Gastropods ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ (p>0.05) ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) มีความสัมพันธ์กับ %Amphipods เพียงดัชนีเดียวเท่านั้น แต่เป็นความสัมพันธ์ในระดับต่ำ (p=0.043, r^2=0.057)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชีวภาพที่ได้จากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินกับปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมในลำคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อม และตัวแปรทางด้านคุณภาพน้ำที่ใช้ในการประเมินแหล่งน้ำอยู่เป็นประจำ สามารถบ่งบอกถึงความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายที่อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นในการประเมินแหล่งน้ำทางนิเวศวิทยาของทะเลสาบสงขลาจึงควรนำดัชนีชีวภาพมาใช้ ร่วมกับตัวแปรทางกายภาพและเคมีที่มีการใช้อยู่เป็นประจำ ทั้งนี้เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินแหล่งน้ำมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

สำหรับการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดค่าดัชนีเพื่อเป็นเกณฑ์ในการบ่งบอกสภาวะของแหล่งน้ำ เพื่อให้การนำดัชนีชีวภาพไปใช้ในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยการตั้งเกณฑ์ในการประเมินว่าแหล่งน้ำที่ทำการทดสอบอยู่ในสภาพที่มีความสมบูรณ์หรืออยู่ในระดับที่เสื่อมโทรมจากค่าดัชนีชีวภาพที่ได้ ซึ่งอาจแบ่งออกเป็นระดับต่างๆ เช่นเดียวกับการใช้ดัชนีทางกายภาพและเคมีที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ ดีมาก ดี พอใช้ เสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมมาก ซึ่งจะทำให้เกิดการนำผลที่ได้ไปใช้ในการจัดการแหล่งน้ำได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2543. โครงการสำรวจและตรวจสอบคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาและแหล่งน้ำประปาทั่วประเทศ. กรุงเทพฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. 2551. สถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2550. กรุงเทพฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535. *ใน* ราชกิจจานุเบกษา. (ed. สำนักนายกรัฐมนตรี) หน้า 234-240. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.

คณิศร์ เกตุมณี. 2539. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินบริเวณคลองพะวง ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่. 2525. ปัญหาสภาพแวดล้อมทะเลสาบสงขลา. วารสารสงขลานครินทร์ 4 : 243-256.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่. 2530. การวางแผนพัฒนาและจัดการคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา 2529 : รายงานสำรวจคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา. สงขลา : ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นฤมล แสงประดับ และวิโรจน์ หนักแน่น. 2541. การศึกษาเบื้องต้นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำห้วยหญ้าเครือ และลำห้วยพรมแล้ง อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น 3 : 1-15.

นฤมล แสงประดับ, ชุติมา หาญวณิช, ยรรยง อินทร์ม่วง และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง. 2541. ดัชนีชีวภาพสำหรับการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีววิทยา ในลุ่มน้ำพองด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 26 : 289-304.

นฤมล แสงประดับ. 2542. “นาฬิกาสัตว์หน้าดิน” ทางเลือกของการดูแลเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำโดยชุมชนท้องถิ่น. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 27 : 279-287.

นิรมล มูนจินดา. 2544. ห้องเรียนนักสืบสายน้ำ : คู่มือทำกิจกรรมเรียนรู้ลำน้ำสำหรับครูและนักสืบสายน้ำ. กรุงเทพฯ : มูลนิธิโลกสีเขียว.

พิมลพรรณ ลีละวัฒนากูล. 2537. อนุกรมวิธานของโพลีขีด (คลาสโพลีคีตา ไฟลัมแอนเนลิดา) ที่เก็บไว้ในพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา เพื่อการอ้างอิงทางสัตววิทยา. สงขลา : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภาสกร ถมพลกรัง และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2538. การสำรวจคุณภาพและสัตว์หน้าดินในคลองพะวงแลทะเลสาบสงขลาตอนนอก. รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2538 กรมประมง ณ ห้องประชุมใหญ่ กรมประมง และสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 18-20 กันยายน 2538 หน้า 41-51.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2537. พลวัตของระบบนิเวศในทะเลสาบสงขลาตอนนอก ประเทศไทยทางใต้: รายงานการวิจัย. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. การวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สันทัต จรูญวรรธนะ. 2539. การแพร่กระจายของแมลงน้ำในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง จังหวัดสงขลา. สงขลา : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12. 2541. รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ปี 2541. กรุงเทพฯ : สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16. 2548. รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ปี 2547. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16. 2550. แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พื้นที่ภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก พ.ศ. 2550–2554. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ศิริเพ็ญ สุภัทราวิวัฒน์. 2548. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง หนอนมีปล้อง และหนอนไม่มีปล้อง. สงขลา : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Alabaster, J.S. 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Water Reseach Centre, Stevenage, UK : Butterworths Co, Ltd.

Aldridge, D.C., T.M. Fayle and N. Jackson. 2007. Freshwater mussel abundance predicts biodiversity in UK lowland rivers. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 17: 554–564.

Allan, J.D. 1995. Stream Ecology. Michigan : School of Natural Resouces and Environment, University of Michigan.

Alba-Tercedor, J. 2006. Aquatic Macroinvertebrates. *in* Biological Mornitoring of Rivers: Application and Perspectives. (eds. G. Ziglio, M. Siligardi, and G. Flaim) pp. 71-87. West Sussex : John Wiley and Sons.

Angsupanich, S. and R. Kuwabara. 1999. Distribution of macrobenthic fauna in Phawong and U-Taphao canals flowing into a lagoonal lake, Songkhla, Thailand. Lakes and Reservoirs: Research and Management 4 : 1–13.

APHA, AWWA and WEF. 1998. Standard Method for the Examination of Water and Waste Water. New York : American Public Health Publisher.

Armitage, P.D., D. Moss, J.F. Wright and M.T. Furse. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on Macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. Water Research 17 : 333-347.

Astin, L.E. 2006. Data synthesis and bioindicator development for nontidal streams in the interstate Potomac River basin, USA. Ecological Indicators 6 : 664-685.

Baptista, D.F., D.F. Buss, M. Egler, A. Giovanelli, M.P. Silveira and J.L. Nessimian. 2007. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil. Hydrobiologia 575 : 83-94.

Bates Prins, S.C. and E.P. Smith. 2007. Using biological metrics to score and evaluate sites a nearest-neighbour reference condition approach. Freshwater Biology 52 : 98-111.

Bêche, L.A., E.P. McElravy and V.H. Resh. 2006. Long-term seasonal variation in the biological traits of benthic-macroinvertebrates in two Mediteranean-climate streams in California, U.S.A. Freshwater Biology 51 : 56-75.

Benton, A.H. and W.E. Werner, Jr. 1983. Manual of Field Biology and Ecology. New York : Macmillian Publishing.

Boulton, A.J. 1999. An overview of river health assessment, philosophies, practice, problems and prognosis. Freshwater Biology 41: 469-479.

Burger, J. 2007. The effect on ecological systems of remediation to protect human health. American Journal of Public Health 97 : 1572-1578.

Buss, D.F., D.R. Baptista, M.P. Silveira, J.L. Nessimian and L.F.M. Dorvillé. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. Hydrobiologia 481 : 125-136.

Butcher, J.T., T.P. Simon and P.M. Stewart. 2003. A benthic community index for streams in the northern lakes and forests ecoregion. Ecological Indicators 3 : 181-193.

Cheetham, M.D., A.F. Keene, R.T. Bush, L.A. Sullivan and W.D. Erskine. 2008. A comparison of grain-size analysis methods for sand-dominated fluvial sediments. Sedimentology 55 : 1905–1913.

Chen, C.S. 2005. Ecological risk assessment for aquatic species exposed to contaminants in Keelung River, Taiwan. Chemosphere 61 : 1142-1158.

Chessman, B.C. 1995. Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: A procedure based on habitat-specific sampling, family level identification and a biotic index. Australian Journal of Ecology 20 : 122-129.

Chessman, B.C. 1999. Predicting the macroinvertebrate faunas of rivers by multiple regression of biological and environmental differences. Freshwater Biology 41 : 747-757.

Chiangthong, K. and C. Phalaraksh. 2007. Use of aquatic insects as bioindicators of water quality of Mae Kham Watershed, Chiang Rai province. Khon Khan University Reseach Journal 12 : 277-287.

Chumchuen, W., S.P. Davison and I.C. Campbell. (in press). Benthic Macroinvertebrates as Bioindicators of the Ecological Health of Songkhla Lake Tributaries, Thailand. Proceedings of the Second Joint PSU–UNS International Conference on BioScience: Food, Agriculture and Environment, June 22 – 24, 2008, Novi Sad, Serbia.

Chutter, F.M. 1972. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. Water Research 6 : 19-30.

Corbi, J.J. and S. Trivinho-Strixno. 2008. Relationship between sugar cane cultivation and stream macroinvertebrate communities. Brazilian Archives of biology and Technology 51 : 769-779.

Dahl, J., R.K. Johnson and L. Sandin. 2004. Detection of organic pollution of streams in southern Sweden using benthic macroinvertebrates. Hydrobiologia 516 : 161-172.

Davis, J.R. 1997. Revitalization of a northcentral Taxas river, as indicated by benthic macroinvertebrate communities. Hydrobiologia 346 : 95-117.

De Zwart, D. and R.C. Trivedi. 1994. Manual of Integrated Water Quality Evaluation. Bilthoven : National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM).

Downes, B.J., P.S. Lake, A. Glaister and N.R. Bond. 2006. Effects of sand sedimentation on the macroinvertebrate fauna of lowland streams: are the effects consistent? Freshwater Biology 51 : 144-160.

Doyle, M.P., M.C. Erickson. 2006. Closing the door on the fecal coliform assay. Microbe 1: 162-163.

Doyle, M.W., E.H. Stanley, C.H. Orr, A.R. Selle, S.A. Sethi and J.M. Harbor. 2005. Stream ecosystem response to small dam removal: Lessons from the Heartland. Geomorphology 71 : 227-244.

Dudgeon, D. 1999. Tropical Asian Streams. Aberdeen : Hong Kong University.

Epler, J.H. 2001. Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. North Carolina : North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Division of Water Quality.

Fore, L.S., K. Paulsen and K. O'Laughlin. 2001. Assessing the performance of volunteers in monitoring stream. Freshwater Biology 46 : 109-123.

Gerritsen, J., R.E. Carlson, D.L. Dycus, C. Faulkner, G.R. Gibson, J. Harcum and S.A. Markowitz. 1998. Lake and Reservoir Bioassessment and Biocriteria. Technical Guidance Document. US environmental Protection Agency. EPA 841-B-98-007. (http://www.epa.gov/owow/monitoring/tech/lakes.html)

Hauer, F.R. and V.H. Resh. 1996. Benthic Macroinvertebrates. *in* Methods in Stream Ecology. (eds. F.R. Hauer and G.A. Lamberti.) pp. 339-368. New York : Academic Press.

Hudson, P.L., D.R. Lenat, B.A. Caldwell and D. Smith. 1990. Chironomidae of the Southeastern United States: A Checklist of Species and Notes on Biology, Distribution, and Habitat. Washington, D.C. : United States Department of the Interior Fish and Wildlife Service.

Iliopoulou-Georgudaki, J., B. Montesantou, P. Kaspiris, P. Katharios, T.H. Geogiadis and V. Kantzaris. 2003. An application of different bioindicators for assessing water quality: A case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). Ecological Indicators 2 : 345-360.

Johnson, R.K., W. Goedkoop and L. Sandin. 2004. Spatial scale and ecological relationships between the macroinvertebrate communities of stony habitats of streams and lakes. Freshwater Biology. 49 : 1179-1194.

Karr, J.R. 1999. Defining and measuring river health. Freshwater Biology. 41 : 221-234.

Kettler, T.A., J.W. Doran and T.L. Gilbert. 2001. Simplified method for soil particle-size determination to accompany soil-quality analyses. Soil Science Society of America Journal 65 : 849–852.

Klemm, D.J., K.A. Blocksom, W.T. Thoeny, F.A. Fulk, A.T. Herlihy, P.R. Kaufmannand and S.M. Cormier. 2002. Methods development and use of macroinvertebrates as indicators of ecological conditions for streams in the Mid-Atlantic Highlands Region. Environmental Monitoring and Assessment 78 : 169-212.

Macan, T.T. 1959. A Guide to Freshwater Invertebrate Animals. London : Lowe and Brydone.

Mackay, R.J. and J. Klaff. 1969. Seasonal variation in standing crop and species diversity of insect communities in a small Quebec stream. Ecology 50 : 101-109.

Maloney, K.O. and J.W. Feminella. 2006. Evaluation of single- and multi-metric benthic macroinvertebrate indicators of catchment disturbance over time at the Fort Benning Military Installation, Georgia, USA. Ecological Indicators 6 : 469-484.

Maneepong, S. 1995. Particle size and clay mineral composition of sediments from Phawong and U Taphao canals. Songklanakarin Journal of Science and Technology 17 : 203-210.

Maneepong, S**.** and Angsupanich, S. 1999. Concentration of arsenic and heavy metals in sediments and aquatic fauna from the outer part of Songkhla Lagoon, Phawong and U Taphao Canals. Songklanakarin Journal of Science and Technology 21 : 111-121.

Mandaville, S.M. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Nova Scotia : Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax.

McCafferty, W.P. 1981. Aquatic Entomology. Boston : Jones and Bartlett Publishers.

McSorley, A. and H. Brown. 2003. Macroinvertebrate Survey of Cootamundra Creek. Sydney : Department of Environmental Science, University of Technology.

Mebane, C.A. 2001. Testing bioassessment metrics: macroinvetebrate, sculpin, and salmonid responses to stream habitat, sediment, and metals. Environmental Monitoring and Assessment 67 : 293-322.

MRC. 2008. Biomonitoring of The Lower Mekong River and Selected tributaries, 2004 – 2007. Mekong River Commission, Vientiane.

Muenz, T.K., S.W. Golladay, G. Vellidis and L.L Smith. 2003. Stream macroinvertebrates and amphibians as indicators of ecosystem stress: a case study from the coastal plain, GA. Proceedings of the 2003 Georgia Water Resources Conference, held April 23-24 at the University of Georgia. Kathryn J. Hatcher, editor, Institute Ecology, The University of Georgia, Athens, Georgia.

Muenz, T.K., S.W. Golladay and G. Vellidis. 2005. Using adopt-a-stream in the coastal plain: a look at the macroinvertebrate index. Proceedings of the 2005 Georgia Water Resources Conference, held April 25-27 at the University of Georgia. Kathryn J. Hatcher, editor, Institute Ecology, The University of Georgia, Athens, Georgia.

Mustow, S.E. 1997. Aquatic Macroinvertebrates and Environmental Quality of Rivers in Northern Thailand. Ph.D. Thesis (external programme), University of London.

Mustow, S.E. 2002. Biological monitoring of rivers in Thailand: Use and adaptation of the BMWP score. Hydrobiologia 479 : 191–229.

Ndaruga, A.M., G.G. Ndiritu, N.N. Gichuki and W.N. Wamicha. 2004. Impact of water quality on macroinvertebrate assemblages along a tropical stream in Kenya. African Journal of Ecology 42 : 208-216.

Nedeau, E.J., R.W. Merritt and M.G. Kaufman. 2003. The effect of an industrial effluent on an urban stream benthic community: water quality vs. habitat quality. Environmental Pollution 123 : 1-13.

Norris, R.H. and M.C. Thoms, 1999. What is river health? Freshwater Biology. 41 : 197-209.

Ofenböck, T., O. Moog, J. Gerritsen and M. Barbour. 2004. A stressor specific multimetric approach for monitoring running waters in Austria using benthic macro-invertebrates. Hydrobiologia 516 : 251-268.

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 1999. Environmental Quality Report in 1997. Bangkok : Department of Environmental Quality Promotion, Ministry of Natural Resources and Environment.

Olive, J.H. and C.A. Dambach. 1973. Benthic macroinvertebrates as indexes of water quality in whetstone creek, Morrow country, Ohio (Scioto River Basin). The Ohio Journal of Science 73 : 129-149.

Parnrong, S. 2002. A Review of Biological Assessment of Freshwater Ecosystems in Thailand. Vientiane : Environment Program, Mekong River Commission.

Pastuchová, Z. 2006. Macroinvertebrate assemblages in conditions of low-discharge streams of the Cerova vrchovina highland in Slovakia. Limnologica 36 : 241- 250.

Petridis, D. and A. Sims 1993. Benthic macrofauna of Tavropos reservoir (Central Greece). Hydrobiologia 262 : 1-12.

Plafkin, J.L., M.T. Barbour, K.D. Porter, S.K. Gross and R.M. Hughes. 1989. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish. Washington, D.C. : Office of Water Regulations and Standards, U.S. Environmental Protection Agency.

Probst, M., N. Berenzen, A. Lentzen-Godding, R. Schulz and M. Liess. 2005. Linking land use variables and invertebrate taxon richness in small and mediu-sized agricultural streams on a landscape level. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60 : 140-146.

Rae, J.G. 2004. The colonization response of lotic chironomid larvae to substrate size and heterogeneity. Hydrobiologia 524 : 115-124.

RDO and FOE. 1994. Songkhla Lake Basin Study Project: Executive Summary. Research and Development Office and Faculty of Engineering, Prince of Songkla University. Songkhla, Thailand.

Reish, D.J., 1955. The relation of polychaetous annelids to harbor pollution. Public Health Reports 70 :12 1168-1174.

Rice, S.P., M.T. Greenwood and C.B. Joyce. 2001. Macroinvertebrate community changes at coarse sediment recruitment points along two gravel bed rivers. Water Resources Research 37 : 2793–2803.

Rosenberg, D.M. and V.H. Resh. 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. New York : Chapman and Hall.

Ruensirikul, J., S. Angsupanich and A. Phongdara. 2007. Abundance and diversity of amphipod crustaceans in the Upper Songkhla Lagoon. Songklanakarin Journal of Science and Technology 29 : 1225-1249.

Sangpradub, N., U. Inmuong, Y. Inmuong and C. Hanjavanit. 1996. A Correlation Study Between Freshwater Benthic Macroinvertebrates Fauna and Environmental Quality Factors in Nam Pong Basin, Thailand Part I. A Research Report to The Thailand Research Fund. Bangkok.

Sangpradub, N., U. Inmuong, Y. Inmuong and C. Hanjavanit. 1998. A Correlation Study Between Freshwater Benthic Macroinvertebrates Fauna and Environmental Quality Factor in Nam Pong Basin, Thailand. Bangkok : Thailand Research Fund.

Sasaki, A., A. Ito, J. Aizawa and T. Umita. 2005. Influence of water and sediment quality on benthic biota in an acidified river. Water Research 39 : 2517-2526.

Shao, J., C. Wei and D. Xie. 2005. Sustainable land use planning based on ecological health - Case study of Beiwenquan Town, Chongqing, China. Chinese Geographical Science 15 : 137-144.

Sharma, R.C., G. Bhanot and D. Singh. 2004. Aquatic macroinvertebrate diversity in Nanda Devi biosphere reserve, India. The Environmentalist 24 : 211-221.Shao

Simachaya, W. 2002. Water Quality Monitoring and Modeling Application in Thailand. Bangkok : Water Quality Management Division, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environmental.

Smith, B.J. 1996. Identification key to the Families and Genera of Bivalve and Gastropod Molluscs Found in Australian Inland Waters. Tasmania : Queen Victoria Museum and Art Gallery.

Somers, K.M., R.A. Reid and S.M. David. 1998. Rapid biological assessments: how many animals are enough? Journal of the North American Benthological Society 17 :348-358.

Sponseller, R.A., E.F. Benfield and H.M. Valett. 2001. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. Freshwater Biology 46 :1409-1424.

Sripongpun, G. 2003. Benthic macroinvertebrates as a biological index of water quality in the lower Thachin River. Silpakorn University International Journal 3 : 168-193.

Taylor, B.R. and R.C. Bailey. 1997. Technical evaluation on methods for benthic invertebrate data analysis and interpretation : Final Report. Ottawa : Canada Centre for Mineral and Energy Technology.

Thorne, R.St.J. and W.P. Williams. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries : a multimetric system of bioassessment. Freshwater Biology 37 : 671–686.

UK National Water Council. 1981. River Quality : The 1980 Survey and Future Outlook. London : Her Majesty's Stationery Office (HMSO).

Watanasit, S. 1996. Aquatic insects in streams in southern provinces of Thailand. Songklanakarin Journal of Science and Technology 18 : 385-396.

Weatherhead, M.A. and M.R. James. 2001. Distribution of macroinvertebrates in relation to physical and biological variables in the littoral zone of nine New Zealand lakes. Hydrobiologia 462 : 115-129.

Williams, P., M. Whitfield, J. Biggs, S. Bray, G. Fox, P. Nicolet and D. Sear. 2003. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. Biological Conservation. 115 : 329-341.

Wood, P.J. and P.D. Armitage. 1989. Biplogical effects of fine sediment in the lotic environment. Environmental Management 21 : 203-217.

Yamamuro, A.M. and G.A. Lamberti. 2007. Influence of organic matter on invertebrate colonization of sand substrata in a Northern Michigan stream. Journal of the North American Benthological Society 26 : 244–252.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
Nematoda			Unidentified	Unidentified spp.	0.74	4.07	2.59	2.47
Platyhelminthes	Turbellaria		Unidentified	Unidentified spp.	4.44	4.07	5.56	4.69
Annelida	Oligocheata		Enchytraeidae	*Enchytraeus* sp.	94.07	53.33	22.22	56.54
			Tubificidae	*Branchiura* spp.	355.19	342.59	340.74	346.17
				Tubifex sp.	236.67	187.41	296.30	240.12
			Naididae	*Dero* sp.	58.15	358.89	111.48	176.17
				Unidentified sp.	57.04	56.67	53.33	55.68
			Lumbriculidae	Unidentified sp.	0.74	5.19	2.59	2.84
			Haplotaxidae	*Haplotaxis* sp.1	3.70	6.30	-	3.33
				Haplotaxis sp.2	2.59	0.37	1.48	1.48
	Polychaeta		Capitelidae	Unidentified sp.1	4.81	-	-	1.60
				Unidentified sp.2	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.3	1.48	-	-	0.49
			Nephtyidae	Unidentified sp.	5.56	-	-	1.85

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
	Polychaeta (con.)		Nereididae	Unidentified sp.1	4.07	5.19	4.07	4.44
				Unidentified sp.2	0.37	-	0.37	0.25
				Unidentified sp.3	5.56	-	0.74	2.10
				Unidentified sp.4	5.19	-	-	1.73
				Unidentified sp.5	0.74	-	-	0.25
				Unidentified sp.6	2.59	-	-	0.86
			Spionidae	Unidentified sp.1	1.48	-	-	0.49
				Unidentified sp.2	-	21.85	-	7.28
			Unidentified	Unidentified sp.1	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.2	1.11	-	-	0.37
	Hirudinea		Glossiphoniidae	Unidentified sp.	2.22	-	-	0.74
				Helopdella sp.	-	-	2.59	0.86
Mollusca	Gastropoda	Heterobranchia	Ancylidae	*Ferrissia* sp.	6.67	0.37	1.11	2.72
		Architaenioglossa	Ampullariidae	*Pomacea canaliculata*	0.37	1.11	0.37	0.62
			Viviparidae	*Filopaludina* sp	4.44	7.41	4.81	5.56

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
	Gastropoda (con.)	Pulmonata	Lymnaeidae	*Lymnaea peregra*	1.11	-	0.37	0.49
				Lymnaea stagnalis	-	0.74	0.74	0.49
			Planorbidae	*Isidorella* sp.	0.37	-	-	0.12
		Sorbeoconcha	Thiaridae	Unidentified sp.1	44.44	65.56	90.00	66.67
				Unidentified sp.2	50.74	102.59	20.00	57.78
				Melanoides spp.	15.19	15.93	27.04	19.38
				Tiara plotiopsis	2.59	2.96	0.37	1.98
				Tarebia granifera	2.59	4.81	0.37	2.59
				Tiara scabra	1.85	-	2.22	1.36
				Clea helena	0.37	-	-	0.12
		Sorbeoconcha	Hydrobiidae	*Trochidrobia* sp.	27.78	0.37	-	9.38
				Unidentified sp.1	-	-	0.74	0.25
				Unidentified sp.2	-	-	1.11	0.37
	Bivalvia	Unionoida	Unionidae	*Lanceolaria* sp.	2.96	0.37	10.00	4.44
			Hyriidae	*Alathyria* sp.	0.37	0.74	0.37	0.49

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
	Bivalvia (con.)	Mytiloida	Mytilidae	*Limnoperna* sp.	26.67	11.48	23.33	20.49
		Veneroida	Corbiculidae	*Corbicula* sp.1	199.63	163.70	172.22	178.52
			Corbiculidae	*Corbicula* sp.2	-	6.67	-	2.22
			Unidentified	Unidentified sp.	11.85	34.07	7.41	17.78
Artropoda/Crustacea	Malacostraca	Amphipoda	Talitridae	*Platorchestia japonica*	2.22	0.74	0.37	1.11
			Oedicerotidae	*Perioculodes* cf. *acuticoxa*	-	1.11	-	0.37
			Aoridae	*Grandidierella gilesi*	6.67	7.41	0.74	4.94
			Amphilochidae	*Gitanopsis* sp.	-	0.74	-	0.25
			Corophiidae	*Kamaka* cf. *taditadi*	-	2.22	-	0.74
			Paracalliopidae	*Paracalliope fluviatilis*	-	0.37	-	0.12
		Isopoda	Cirolanidae	*Cirolana* sp.	1.48	4.44	0.74	2.22
		Tanaidacea	Apseudidae	*Apseudes* sp.1	27.41	-	0.37	9.26
				Apseudes sp.2	-	-	0.37	0.12

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
	Malacostraca (con.)	Decapoda	Atyidae	Unidentified sp.1	4.07	1.11	3.33	2.84
				Unidentified sp.2	1.85	-	1.85	1.23
				Unidentified sp.3	0.37	1.11	0.74	0.74
				Unidentified sp.4	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.5	0.74	1.48	-	0.74
		Decapoda (con.)	Palaemonidae	*Leptocarpus* sp.	-	-	0.37	0.12
				Larvae sp.	0.37	-	-	0.12
			Hymenosomatidae	Unidentified sp.	-	1.85	0.37	0.74
			Parathelphusidae	*Siamthelphusa improvisa*	-	0.37	0.37	0.25
				Siamthelphusa sp.	-	-	0.74	0.25
	Branchiopoda	Diplostraca	Limnadiidae	*Eulimnadia* spp.	32.59	18.52	14.44	21.85
			Chydoridae	*Leydigia acanthocercoides*	-	0.37	0.74	0.37
				Kurzia longirostris	-	0.74	-	0.25
			Macrothricidae	*Ilyocryptus spinifer*	1.85	0.37	4.07	2.10

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
		Diplostraca (con.)	Moinidae	*Moina* sp.	7.78	45.56	0.37	17.90
			Sididae	*Diaphanosoma* sp.	-	10.37	-	3.46
			Moinidae	*Moina* sp.	7.78	45.56	0.37	17.90
	Maxillopoda	Calanoida	Calanoidae	*Neodiaptomus* sp.	-	135.19	-	45.06
				Unidentified sp.	0.37	-	-	0.12
		Cyclopoida	Cyclopidae	*Thermocyclop* sp.	0.37	-	0.37	0.25
				Mesocyclop sp.	-	9.63	-	3.21
				Unidentified sp.	2.22	-	-	0.74
	Ostracoda	Podocopida	Cyclocyprididae	*Cyclocypris* sp.1	0.74	6.67	-	11.73
				Cyclocypris sp.2	2.59	5.93	3.70	4.07
			Cyprididae	*Candonocypris* sp.1	24.44	8.15	2.59	10.37
				Candonocypris sp.2	10.37	5.56	15.19	2.47
				Cyprinotus scytoda	-	0.37	0.37	0.25
			Entocytheridae	*Sphearomicola* sp.	-	0.37	-	0.12
Artropoda/Hexapoda	Insecta	Coleoptera	Amphizoidae	*Amphizoa* sp.1	0.37	0.37	-	0.25
			Amphizoidae	*Amphizoa* sp.2	-	1.85	-	0.62

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
		Coleoptera (con.)	Amphizoidae	*Amphizoa* sp.3	-	0.37	0.37	0.25
			Dytiscidae	*Oreodytes* sp.	0.37	-	-	0.12
				Copelatus sp.	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.	-	0.37	0.37	0.25
			Elmidae	*Ordobrevia* sp.	11.85	21.48	81.48	38.27
				Ancyronyx sp.	-	0.74	-	0.25
			Hetroceridae	Unidentified sp.	0.37	-	-	0.12
			Hydraenidae	Unidentified sp.	-	1.85	46.30	16.05
			Hydrophilidae	*Coelostoma* sp.	6.67	8.52	-	5.06
				Helophorus sp.	-	0.37	-	0.12
				Berosus sp.	-	-	0.37	0.12
			Psephenidae	*Psephenoides* sp.	0.74	-	-	0.25
				Eubrianax sp.	0.37	-	-	0.12
				Psephenoides sp.	0.37	0.37	0.37	0.37
				Unidentified sp.	0.37	-	-	0.12
			Scirtidae	*Sinopsephenus* sp.	-	0.37	-	0.12

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
		Coleoptera (con.)	Staphylinidae	*Stenus* sp.1	0.37	-	1.11	0.49
				Stenus sp.2	-	0.37	0.37	0.25
			Unidentified	Unidentified sp.	-	1.11	-	0.37
		Collembola	Entomobryidae	*Corynothrix* sp.	1.11	0.74	1.11	0.99
				Entomobrya sp.	1.11	0.37	0.74	0.74
				Cyphoderus sp.	0.37	0.37	-	0.62
				Sinalla sp.	-	-	0.37	0.25
				Unidentified sp.	0.74	0.37	0.74	0.12
			Hypogastruridae	Unidentified sp.	0.37	0.37	-	0.25
			Mackenziellidae	*Mackenziella* sp.	0.37	-	-	0.12
			Sminthuridae	*Aarhopalites* sp.	-	-	0.37	0.12
		Diptera	Athericidae	*Atherix* sp.	-	0.37	0.74	0.37
				Atrichops sp.	-	1.11	-	0.37

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
		Diptera (con.)	Ceratopogonidae	*Probezzia* sp.1	7.04	10.37	17.04	11.48
				Probezzia sp.2	2.22	3.70	0.37	6.17
				Atrichopogon sp.	-	0.37	-	0.12
				Unidentified sp.1	1.11	0.37	-	2.10
				Unidentified sp.2	0.74	12.59	5.19	0.49
				Pupae spp.	0.37	0.74	2.22	1.11
			Chaoboridae	*Chaoborus* sp.	0.37	7.41	1.11	2.96
			Chironomidae	*Clinotanypus* sp.	33.70	13.33	12.96	20.00
				Microtendipes sp.	226.30	12.22	8.52	82.35
				Nimbocera sp.	81.85	57.04	17.04	51.98
				Chironomus sp.1	26.67	31.85	25.56	28.02
				Gryptotendipes barbipes	8.52	76.67	51.85	45.68
				Ablabesmyia sp.	10.74	5.19	17.41	11.11
				Nartasia sp.	2.59	0.37	2.22	1.73
				Cryptochironomus sp.	13.70	4.07	35.19	17.65
				Polypedilum tritum	21.48	65.19	98.15	61.60

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
			Chironomidae (con.)	*Stempellinella* sp.	1.11	-	0.74	0.62
				Ablabesmyia rhamphe	0.74	3.33	1.48	1.85
				Gryptotendipes paripes	5.19	4.44	8.89	6.17
				Paralauterborniella sp.	1.85	1.11	0.37	1.11
				Paratendipes subaequalis	6.67	4.07	5.56	5.43
				Chironomus major	0.37	6.67	7.04	4.69
				Stictochironomus sp.	2.96	7.78	6.67	5.80
				Georthocladius sp.	0.74	0.74	0.74	0.74
				Micropsecta sp.	17.41	114.81	115.19	82.47
				Gryptotendipes amplus	0.74	3.33	0.74	1.60
				Dicrotendipes leucoscelis	-	0.37	1.48	0.62
				Potthastia longimana	-	1.85	6.30	2.72
				Cladopelma sp.	-	-	4.07	1.36
				Unidentified sp.1	-	1.11	1.85	0.99
				Unidentified sp.2	0.37	1.11	6.30	2.59
				Pupae spp.	28.52	25.93	28.52	27.65

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
			Culicidae	*Anopheles* sp.	-	0.37	-	0.12
				Wyeomyia sp.	-	0.37	-	0.12
			Ephydridae	*Parydra* sp.	0.37	-	-	0.12
				Hydrellia sp.	0.37	-	-	0.12
				Pupae sp.	0.37	-	-	0.12
			Phoridae	*Megaselia* sp.	-	0.37	1.11	0.49
			Psychodidae	Unidentified sp.	0.74	-	-	0.25
				Pupae sp.	4.07	-	-	1.36
			Syrphidae	Pupae sp.	0.37	-	-	0.12
			Tipulidae	*Tipula* sp.1	0.37	0.37	-	0.25
				Tipula sp.2	-	1.48	-	0.49
				Pedicia sp	0.74	-	-	0.25
				Unidentified sp.1	1.85	6.30	5.93	4.69
				Unidentified sp.2	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.3	-	0.37	-	0.12

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
	Insecta (con.)	Ephemeroptera	Baetidae	*Baetis* sp.	2.22	0.74	0.37	1.11
				Unidentified sp.1	8.89	1.85	1.85	4.20
				Unidentified sp.2	1.85	3.70	0.74	2.10
				Unidentified sp.3	1.11	-	-	0.37
				Unidentified sp.4	0.37	0.74	0.37	0.49
				Unidentified sp.5	-	1.48	0.37	0.62
			Caenidae	*Caenis* sp.1	18.15	10.00	19.63	15.93
				Caenis sp.2	33.70	5.19	1.85	13.58
				Branchycerus sp.	0.37	0.74	-	0.37
				Unidentified sp.1	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.2	-	0.74	0.74	0.49
			Ephemeridae	*Ephemera* sp.	8.52	21.85	-	10.12
				Unidentified sp.	0.37	-	-	0.12
			Ephemerellidae	*Serratella* sp.	-	-	0.37	0.12
			Heptageniidae	*Heptagenia* sp.	0.37	3.70	-	1.36
				Nixe sp.	0.74	-	0.37	0.37

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
		Ephemeroptera (con.)	Leptophebiidae	*Paraleptophlebia* sp	0.37	2.59	3.70	2.22
				Choroptepes sp.	1.85	10.74	8.15	6.91
				Thraulus sp.	2.22	3.70	1.11	2.35
				Unidentified sp.1	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.2	0.37	-	-	0.12
			Potamanthidae	*Rhoenanthus* sp.	7.78	0.37	0.37	2.84
			Prosopistomatidae	*Prosopistoma* sp.	0.37	-	-	0.12
			Teloganellidae	*Teloganella* sp.	-	-	0.37	0.12
		Hemiptera	Corixidae	*Micronecta* spp.	4.07	27.41	1.48	10.99
			Geridae	*Eurymetra* sp.	0.37	0.37	-	0.25
				Gerris sp.	-	0.37	1.11	0.49
			Herbridae	*Hyrcanus* sp.	-	0.37	-	0.12
			Mesoveliidae	*Mesovelia* sp.	-	1.11	-	0.37
			Notonectidae	Unidentified sp.	2.22	-	0.37	0.86

ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
		Hemiptera (con.)	Veliidae	Unidentified sp.1	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.2	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.3	0.37	0.37	-	0.25
		Odonata	Corydalidae	*Chauliodes* sp.	-	1.11	1.11	0.74
			Chlorocyphidae	*Rhinocypha* sp.	0.74	0.37	0.37	0.49
			Coenagrionidae	*Zoniagrion* sp.	-	0.74	-	0.25
				Unidentified sp.	-	0.37	-	0.12
			Corduliidae	*Somatochlora* sp.	0.37	-	0.37	0.25
				Unidentified sp.	-	0.37	-	0.12
			Gomphidae	*Stylurus* sp.	1.48	0.37	-	0.62
				Sinogomphus sp.	0.74	0.37	-	0.37
				Octogomphus sp.	0.37	-	-	0.12
				Orientogomphus sp.	1.48	4.44	3.33	3.09
				Unidentified sp.1	0.37	-	-	0.12
				Unidentified sp.2	0.37	-	-	0.12

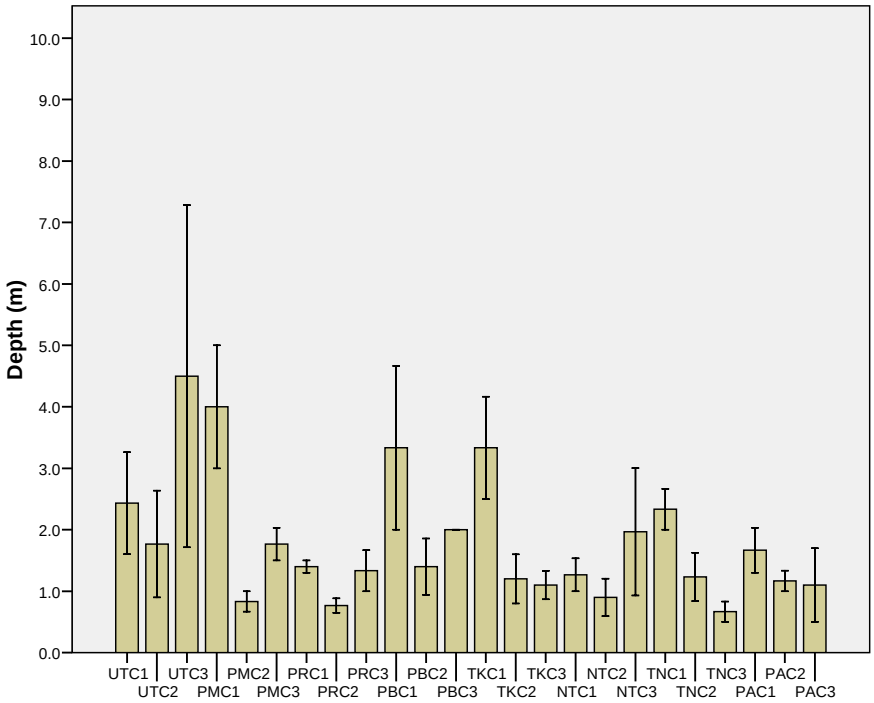
ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
		Odonata (con.)	Libellulidae	*Miathyria* sp.	-	0.37	-	0.12
				Unidentified sp.	-	0.37	-	0.12
			Macromiidae	*Macromidia* sp.	-	0.37	-	0.12
			Protoneuridae	Unidentified sp.	-	0.37	-	0.12
			Perlidae	*Tetropina* sp.	1.11	2.22	5.56	2.96
		Trichoptera	Calamoceratidae	Unidentified sp.	-	-	0.37	0.12
			Ecnomidae	*Ecnomus* sp.1	13.70	1.48	4.81	6.67
				Ecnomus sp.2	3.33	0.37	0.74	1.48
			Dipseudopsidae	*Hyalopsyche* sp.1	10.37	2.96	4.44	5.93
				Hyalopsyche sp.2	0.37	-	-	0.12
			Hydrobiosidae	*Apilochorema sp.*	0.74	-	-	0.25
			Hydropsychidae	*Macrostemum* sp.	2.22	-	-	0.74
				Unidentified sp.	0.37	-	-	0.12
			Hydroptilidae	*Hydroptila* sp.	-	0.37	-	0.12

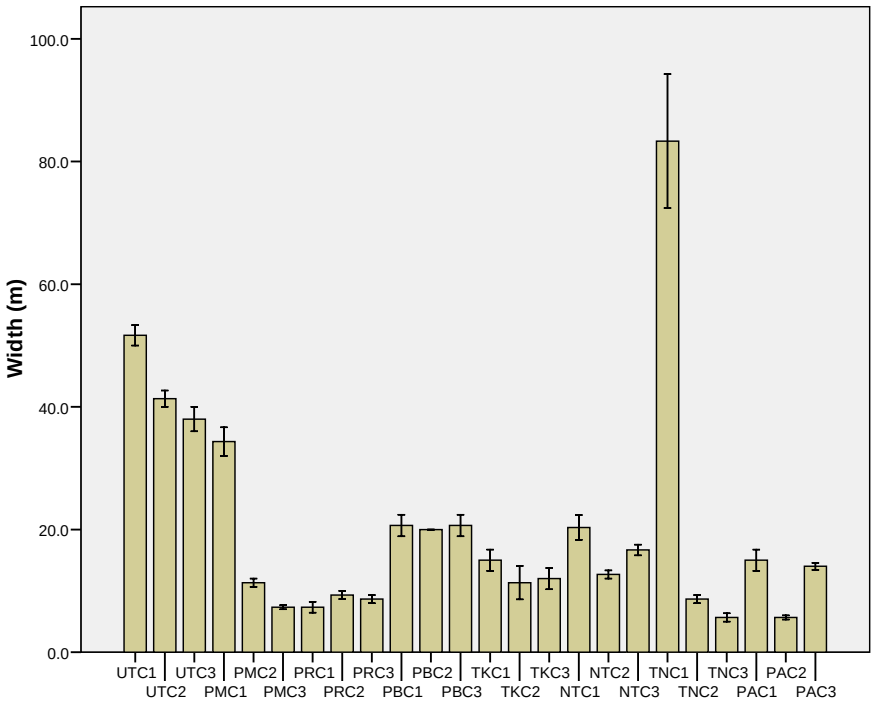
ตารางภาคผนวก ก. ชนิด และความชุกชุม (Ind.m^{-2}) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณหน้าดินในการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (ต่อ)

Phylum/Subphylum	Class	Order	Family	Taxa	Wet	Dry	Pre-wet	Total
		Trichoptera (con.)	Leptoceridae	Unidentified sp.1	1.48	1.48	0.37	1.11
				Unidentified sp.2	0.74	-	0.74	0.49
				Unidentified sp.3	0.74	3.33	2.96	2.35
				Setodes sp.	0.37	1.48	-	0.62
			Polycentropodidae	*Pseudoneureclipsis sp.*	-	2.96	1.11	1.36
			Unidentified	Pupae sp.	-	-	0.37	0.12
Total					**2,057.78**	**2,389.63**	**1,961.48**	**2,136.30**

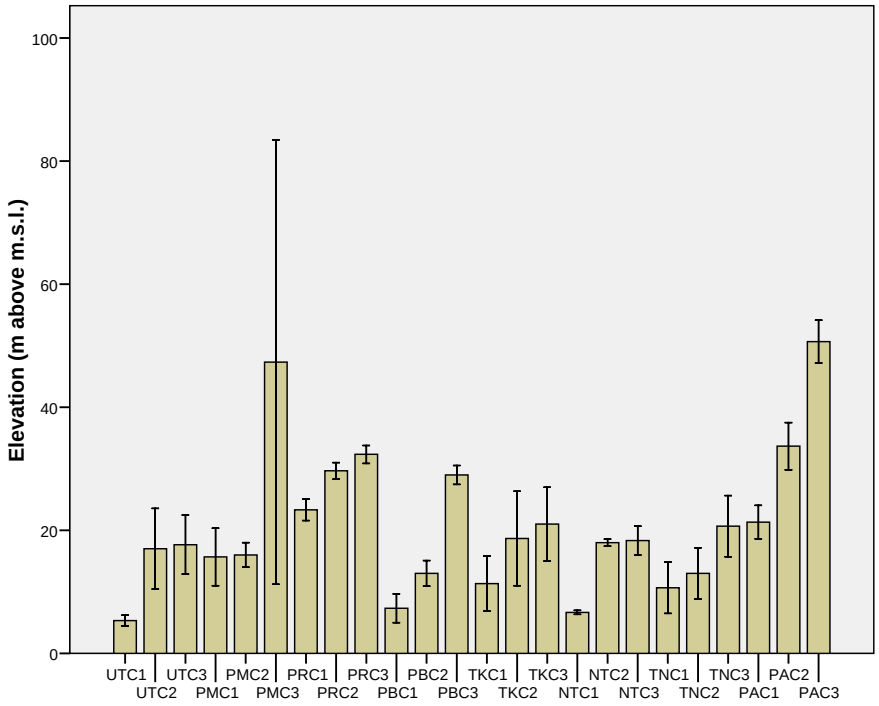
ภาคผนวก ข



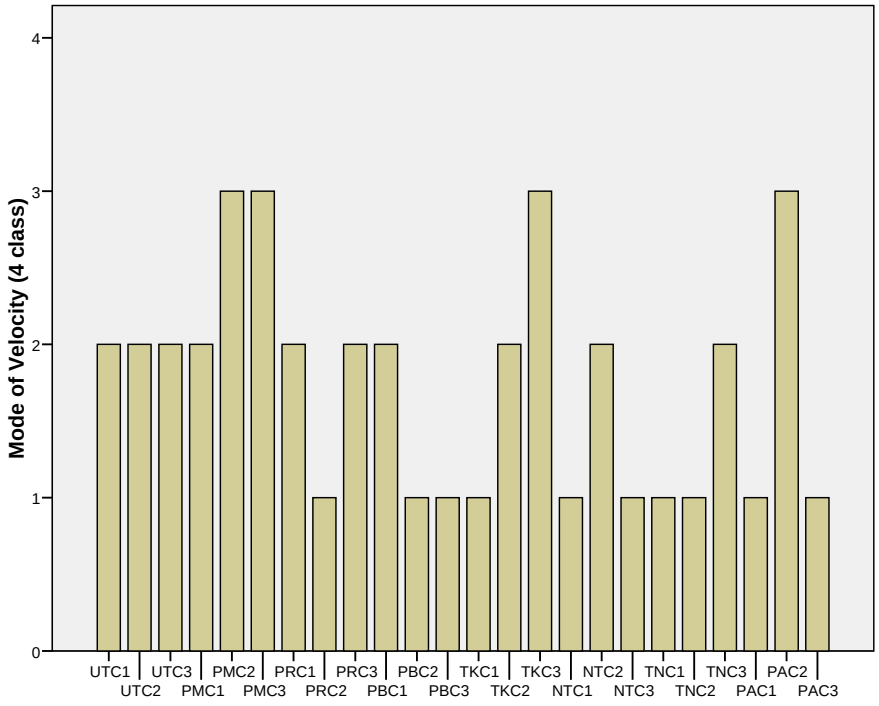
รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าความลึก (m) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



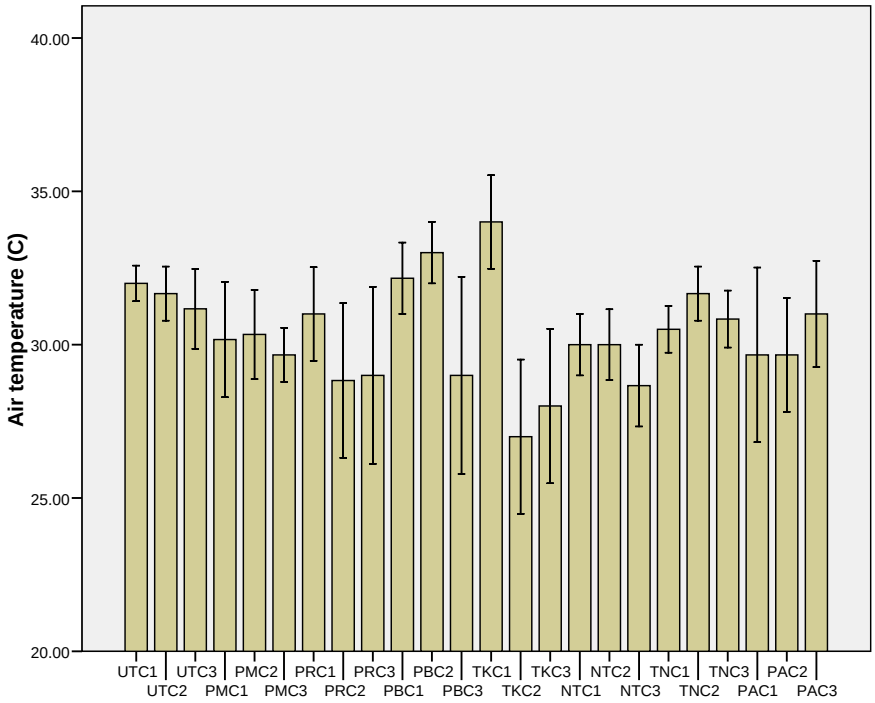
รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าความกว้าง (m) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



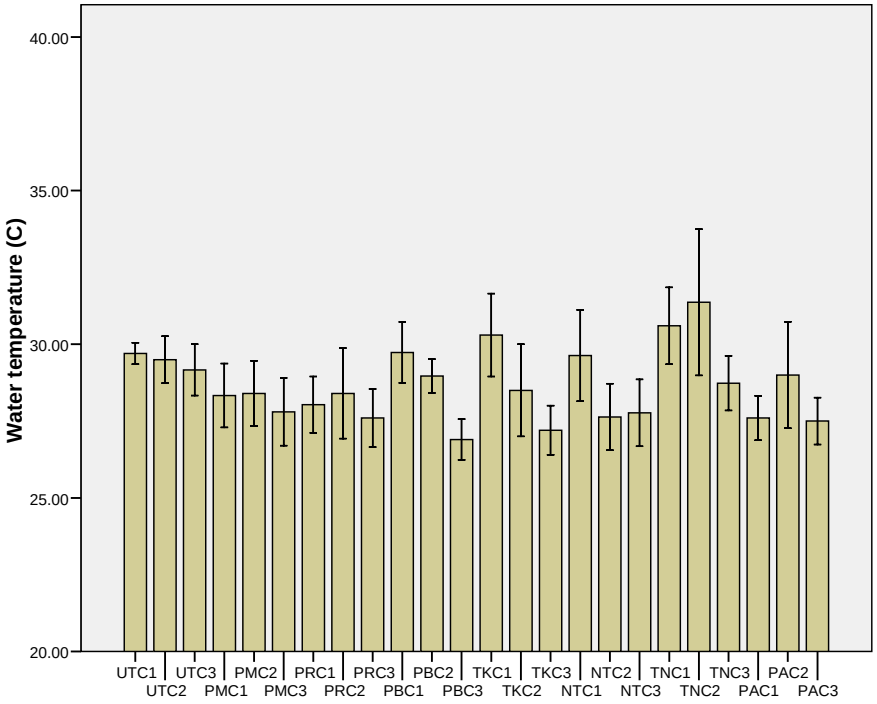
รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (m. above m.s.l.) ของบริเวณที่เก็บตัวอย่างทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



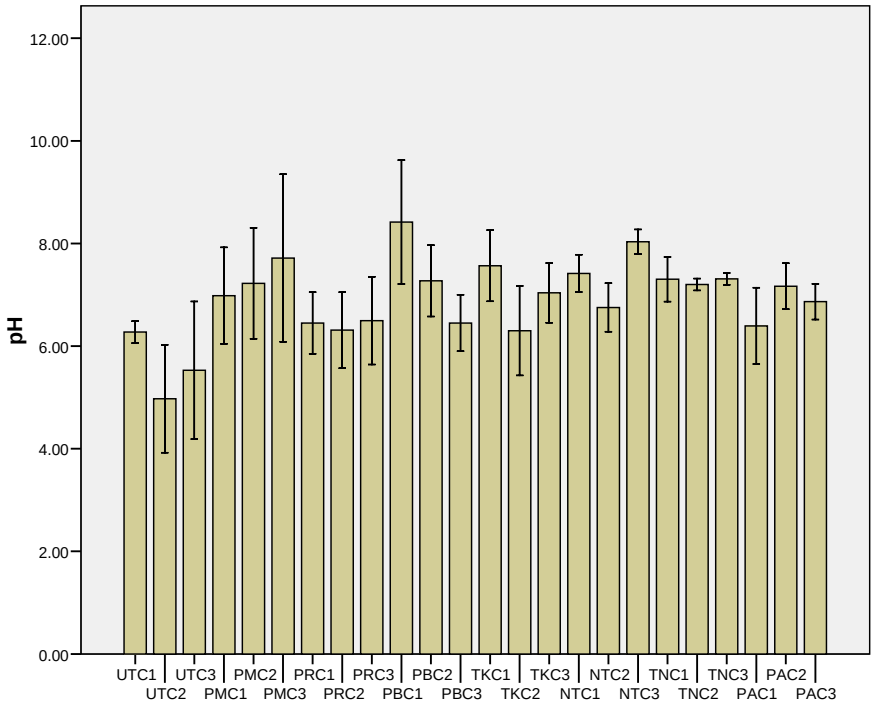
รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าฐานนิยมของความเร็วของกระแสน้ำทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mode, n=3)



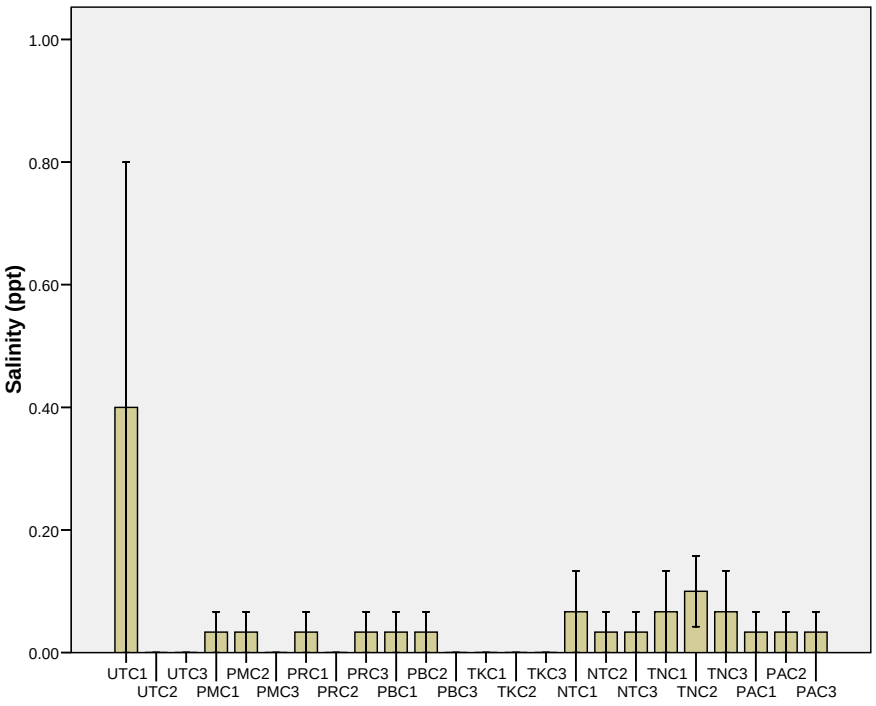
รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิอากาศ (°C) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



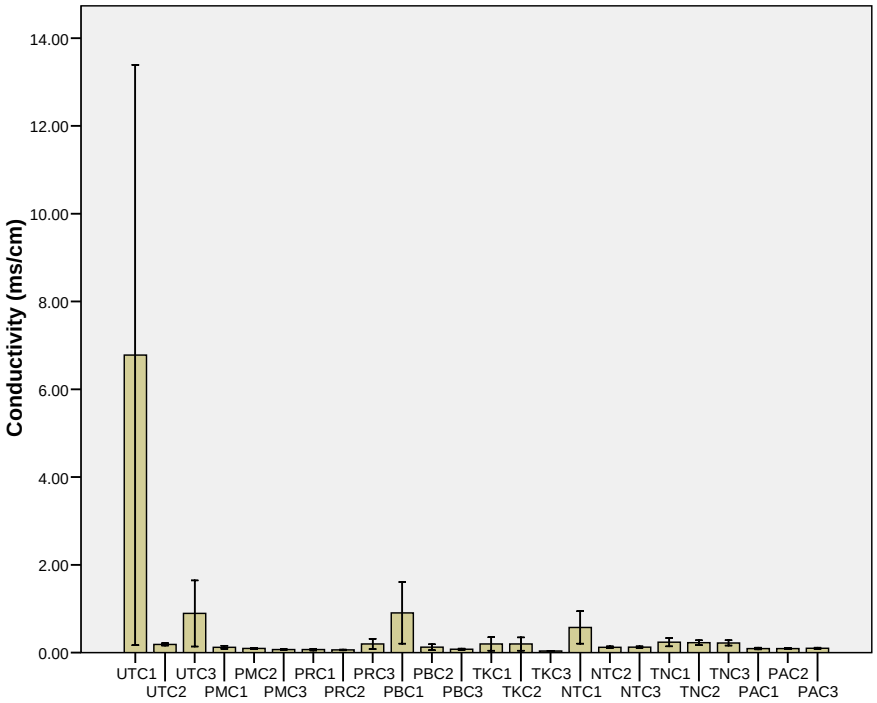
รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิน้ำ (°C) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



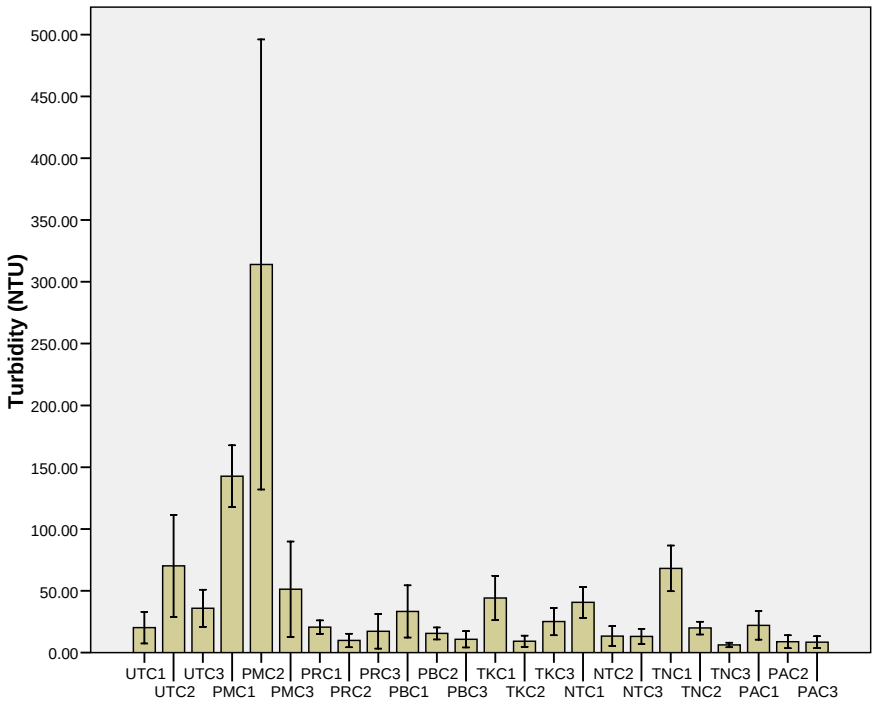
รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



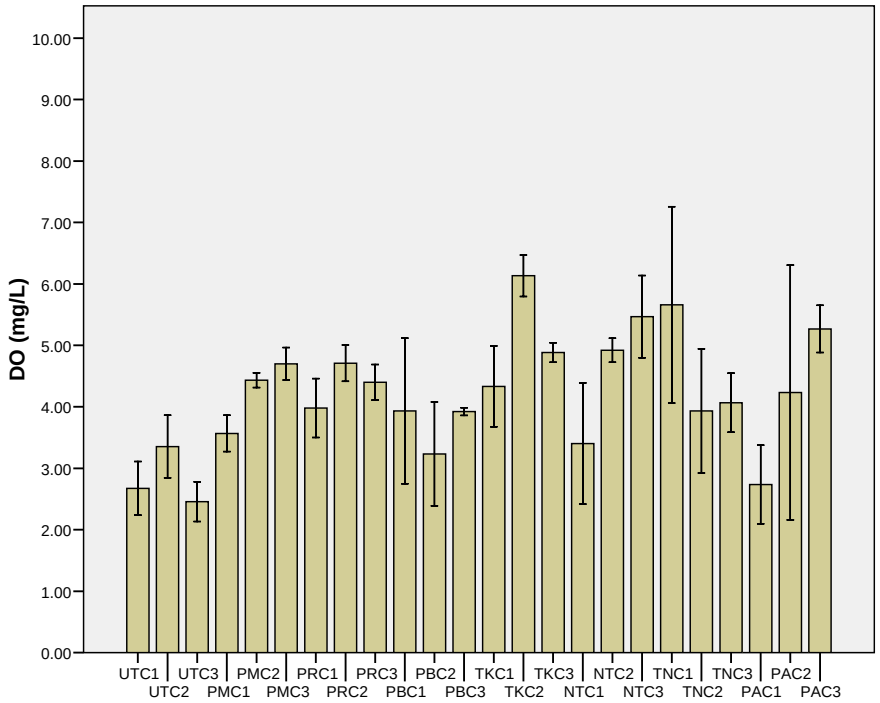
รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าความเค็ม (ppt) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



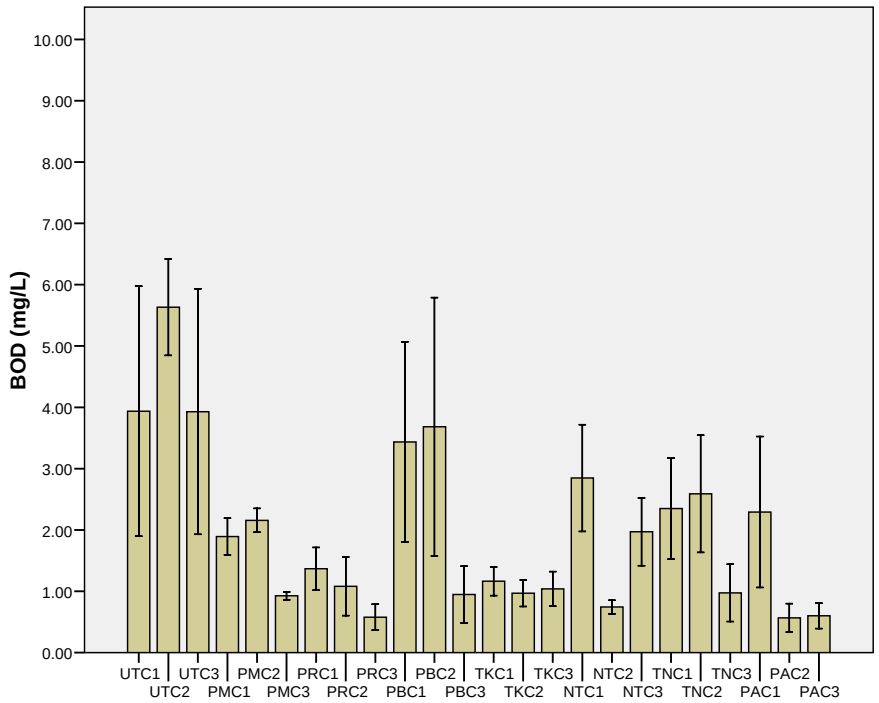
รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ (ms/cm) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



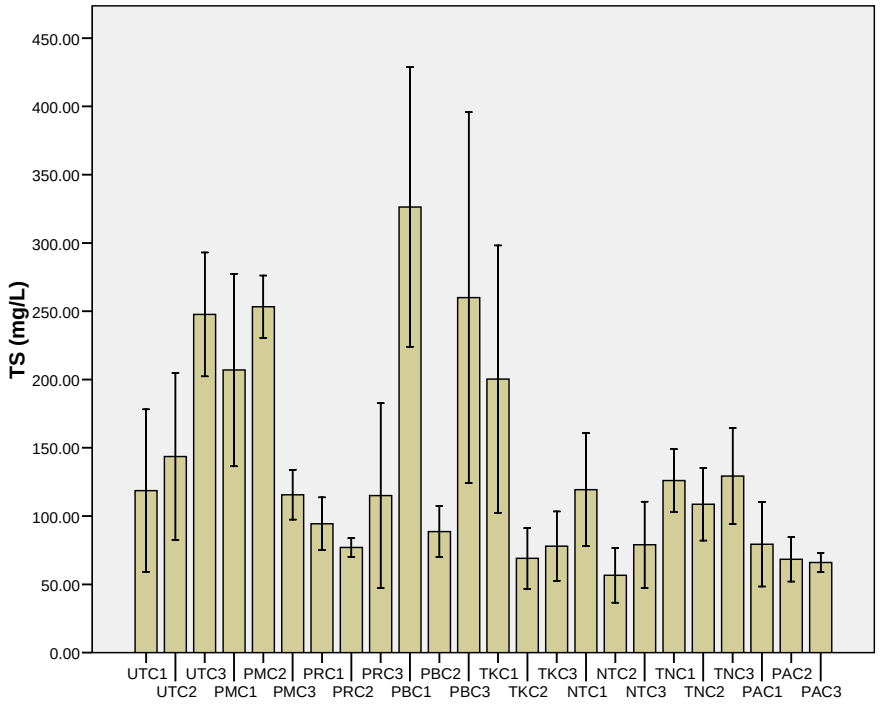
รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าความขุ่นของน้ำ (NTU) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



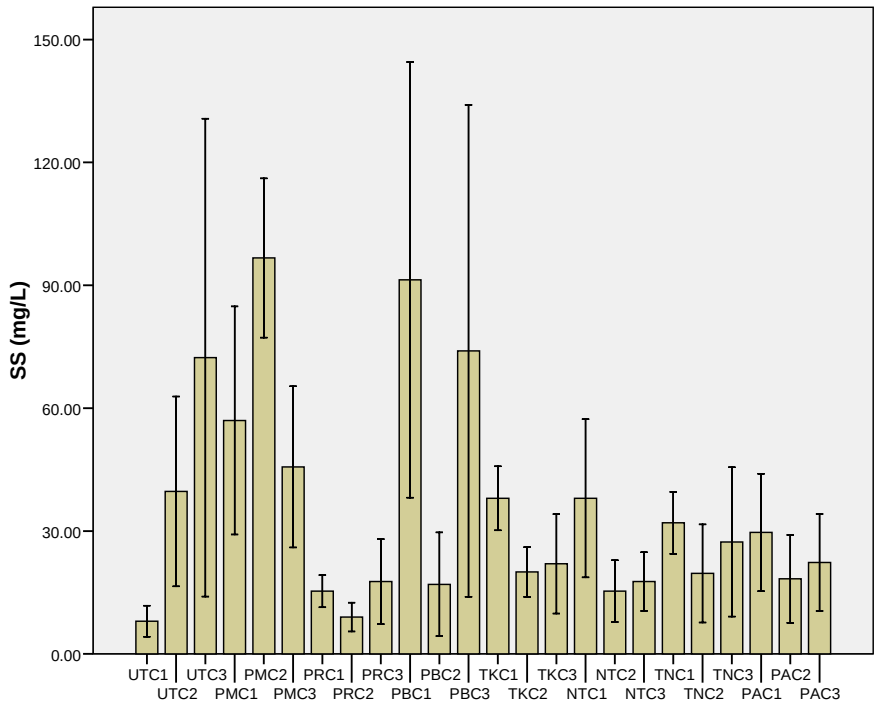
รูปที่ 11 กราฟแสดงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



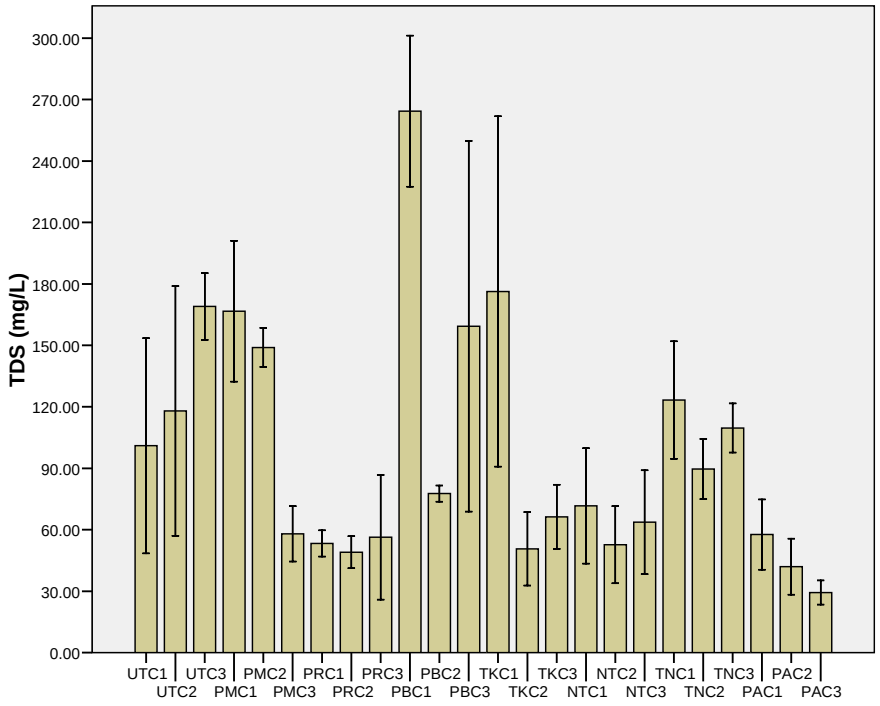
รูปที่ 12 กราฟแสดงปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



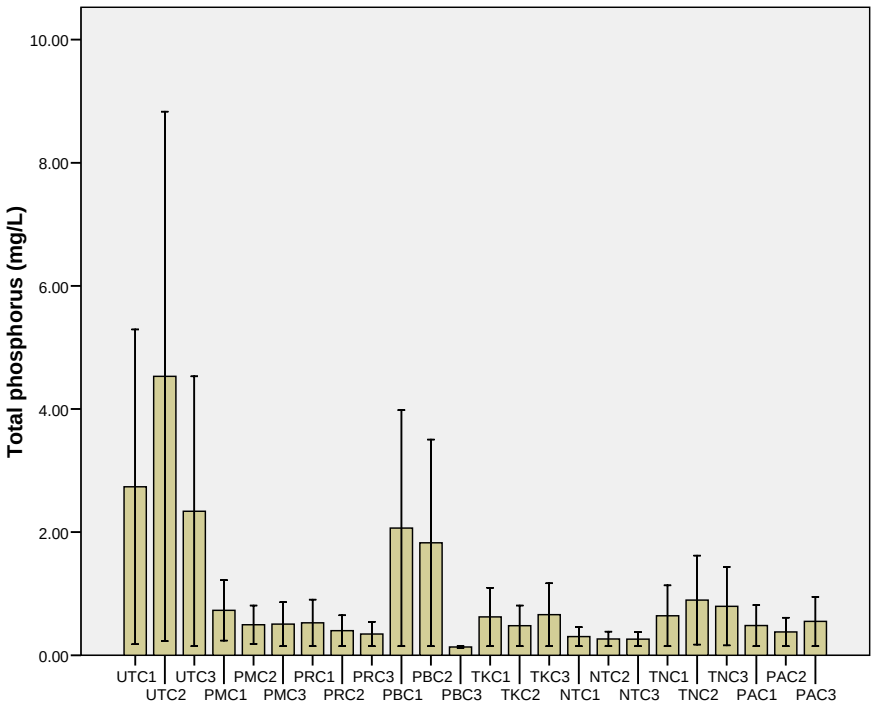
รูปที่ 13 กราฟแสดงปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



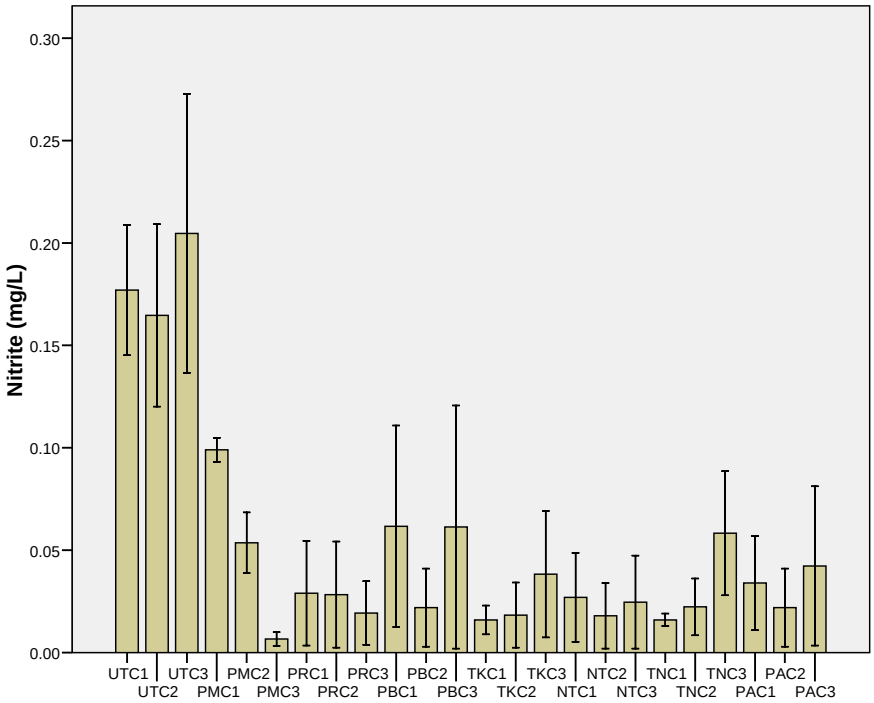
รูปที่ 14 กราฟแสดงปริมาณตะกอนแขวนลอย (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



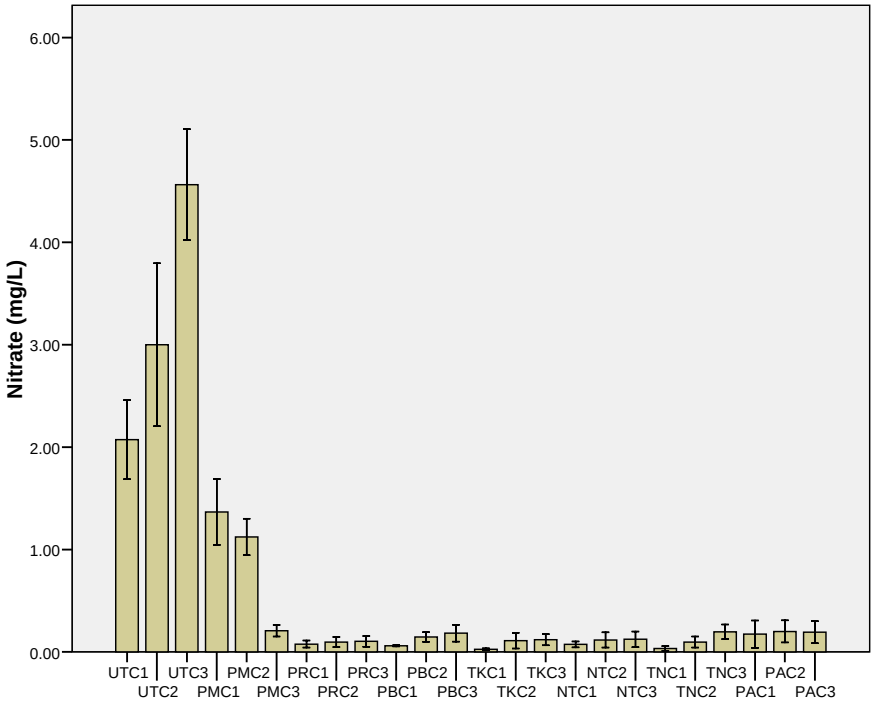
รูปที่ 15 กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



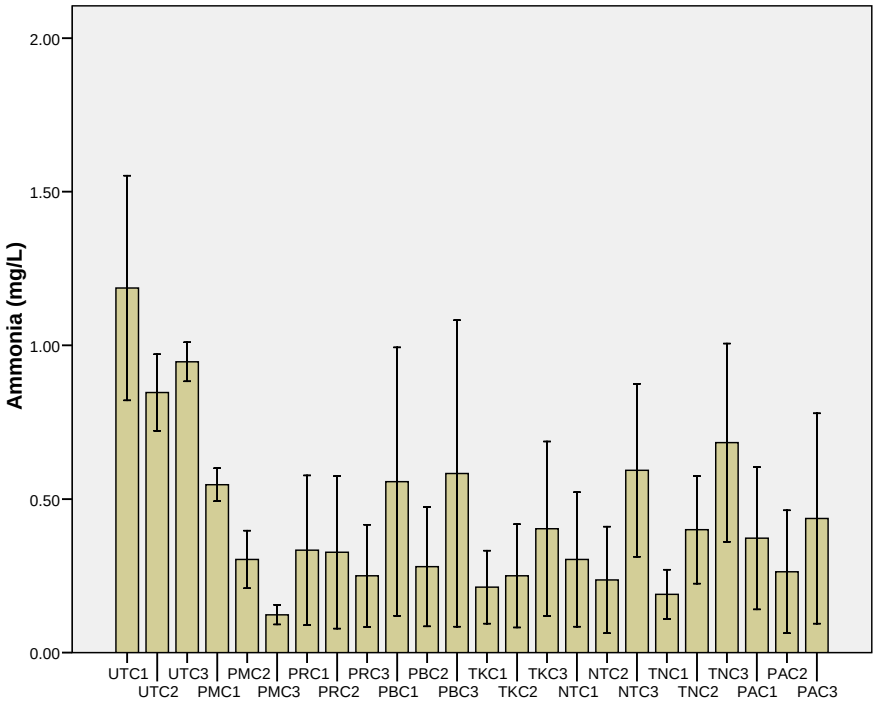
รูปที่ 16 กราฟแสดงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



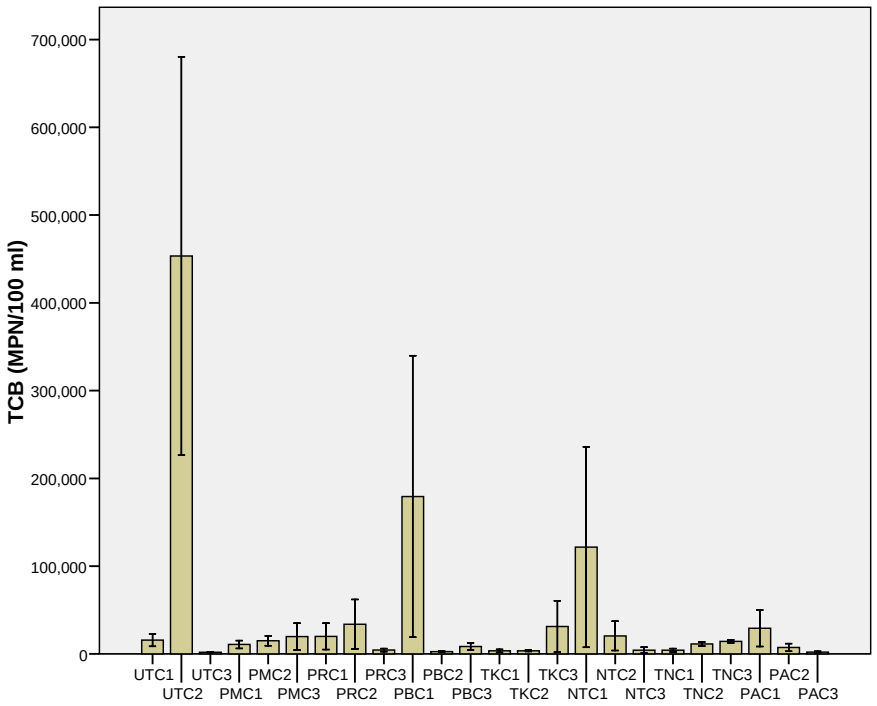
รูปที่ 17 กราฟแสดงปริมาณไนไตรท์ (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



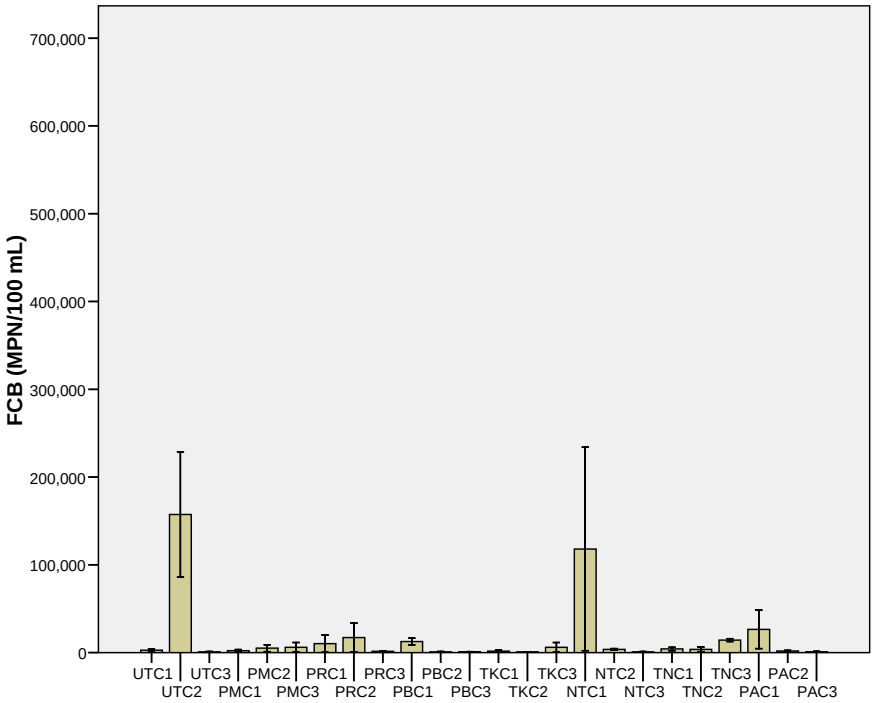
รูปที่ 18 กราฟแสดงปริมาณไนเตรท (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



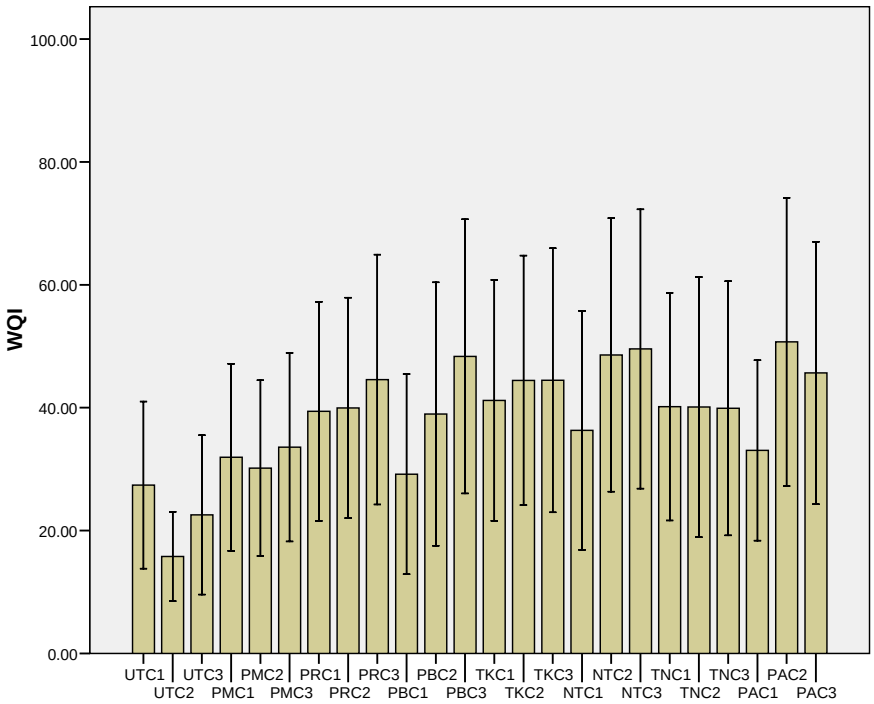
รูปที่ 19 กราฟแสดงปริมาณแอมโมเนีย (mg/L) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



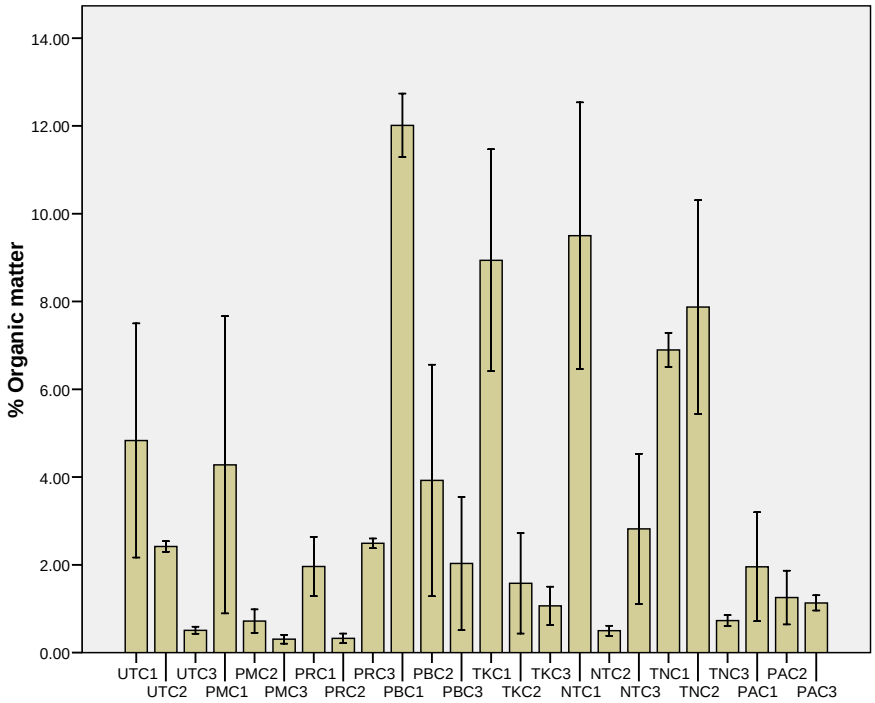
รูปที่ 20 กราฟแสดงปริมาณแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (MPN/100 ml) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



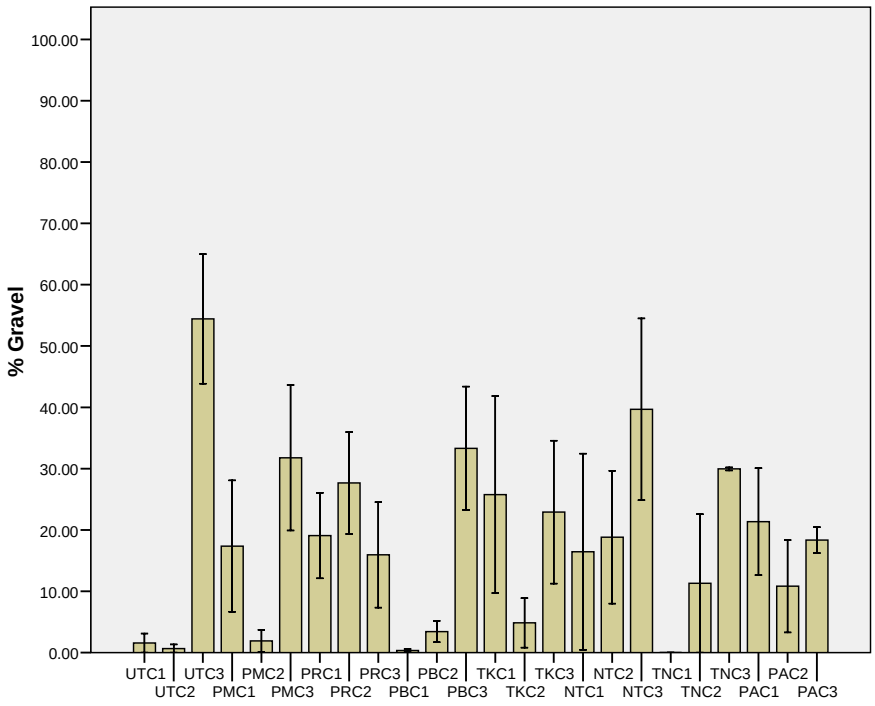
รูปที่ 21 กราฟแสดงแบคทีเรียในกลุ่มกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 ml) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



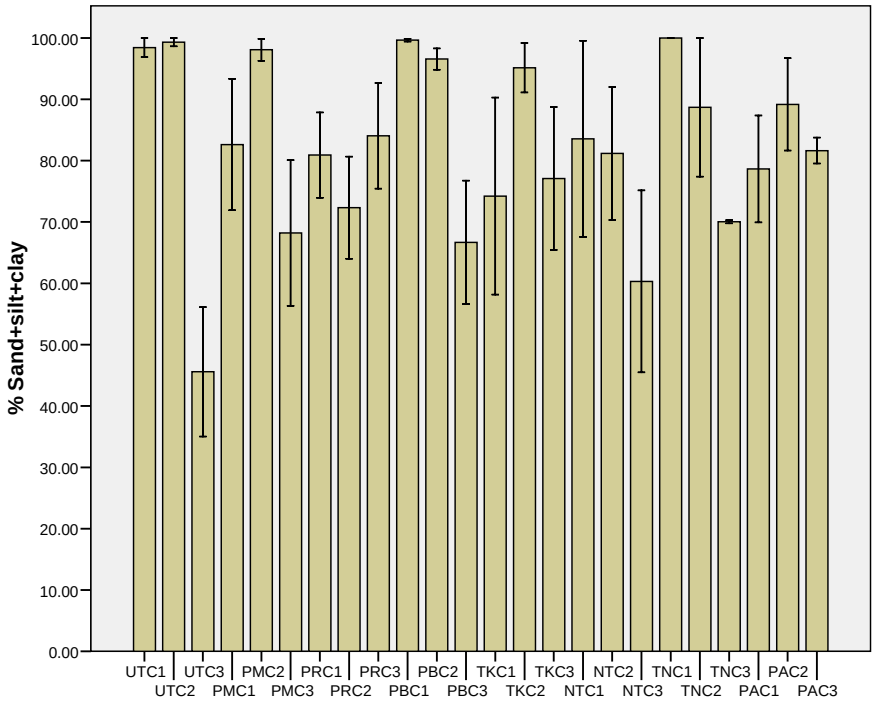
รูปที่ 22 กราฟแสดงค่าดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



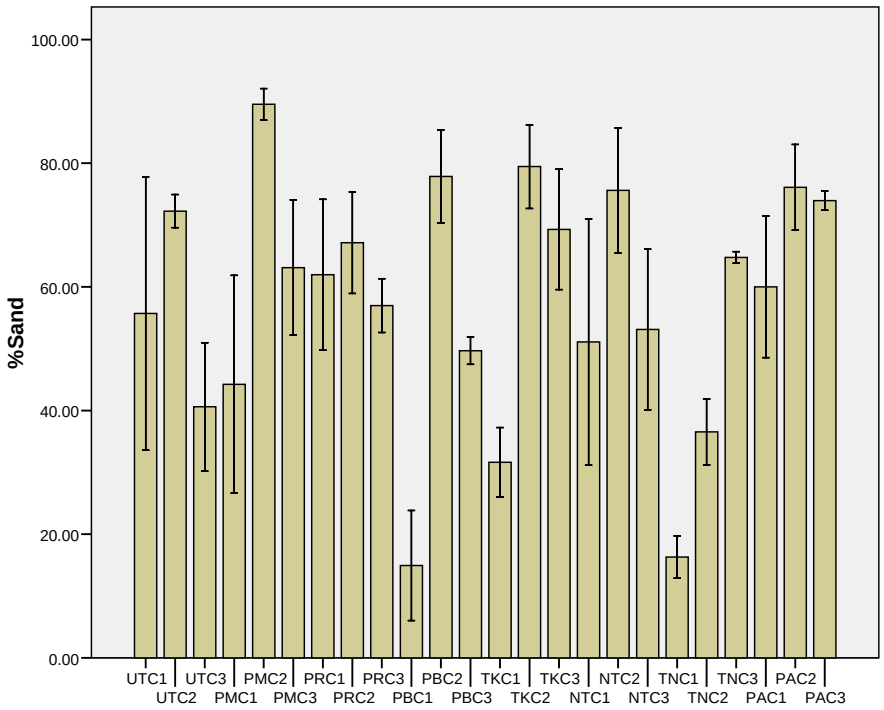
รูปที่ 23 กราฟแสดงปริมาณอินทรียวัตถุในตะกอนดิน (%) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



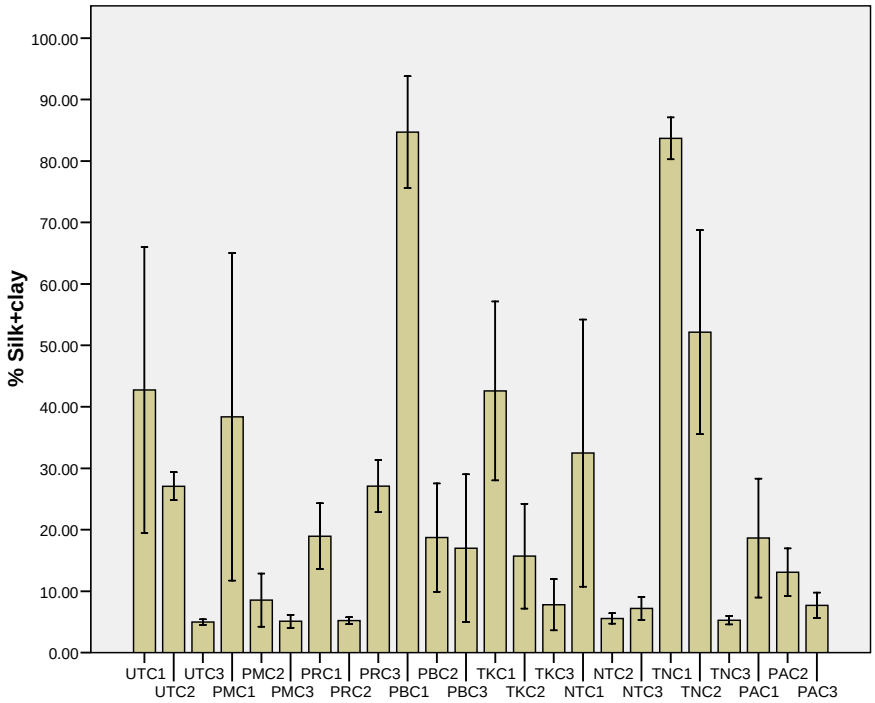
รูปที่ 24 กราฟแสดงสัดส่วนของอนุภาคกรวดในตะกอนดิน (%) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



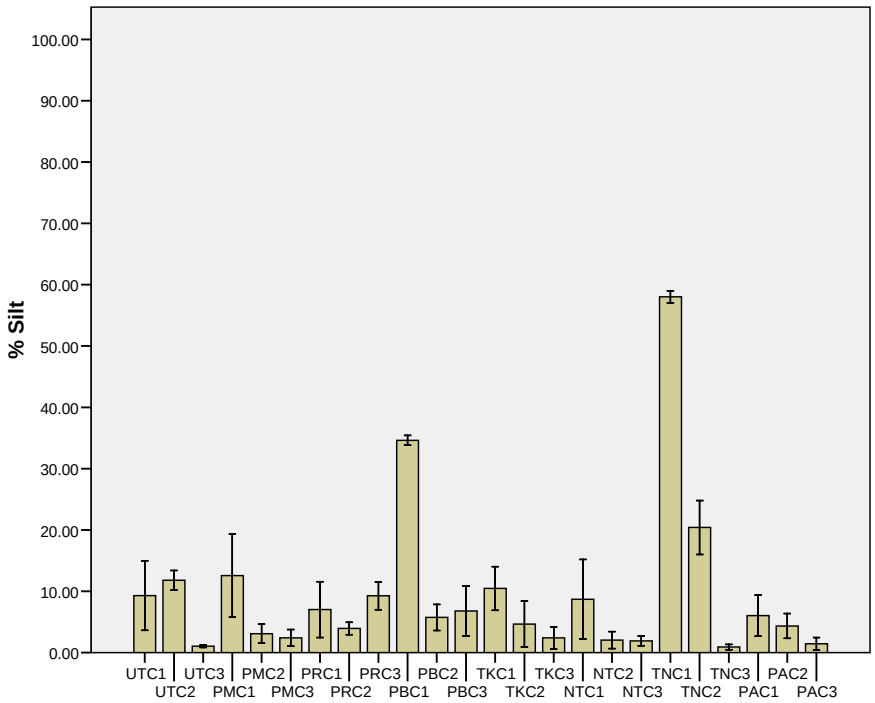
รูปที่ 25 กราฟแสดงสัดส่วนของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าอนุภาคกรวดในตะกอนดิน (%) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



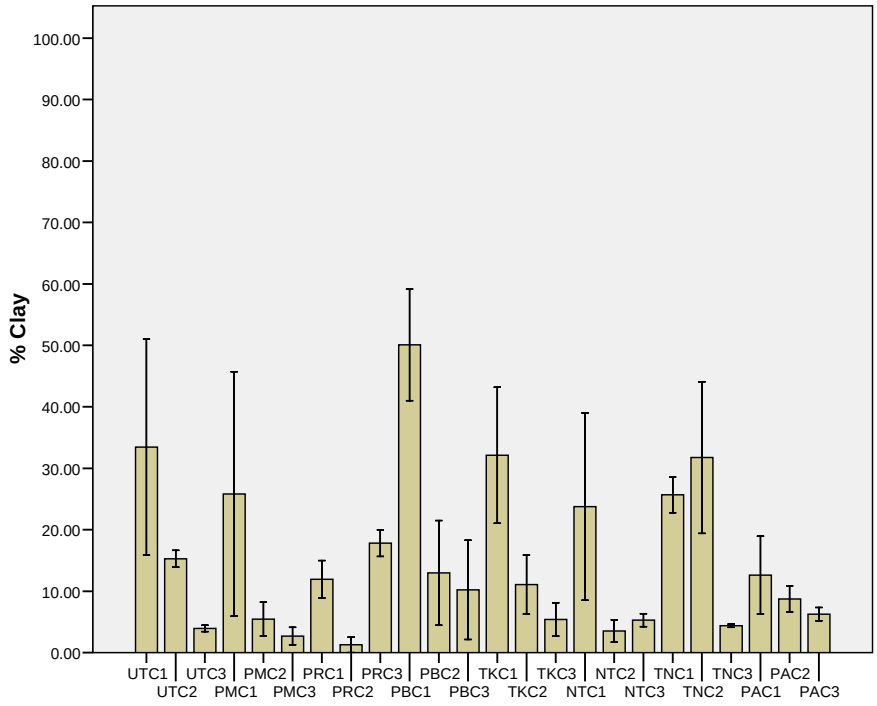
รูปที่ 26 กราฟแสดงสัดส่วนของอนุภาคทรายในตะกอนดิน (%) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



รูปที่ 27 กราฟแสดงสัดส่วนของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าอนุภาคทรายในตะกอนดิน (%) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



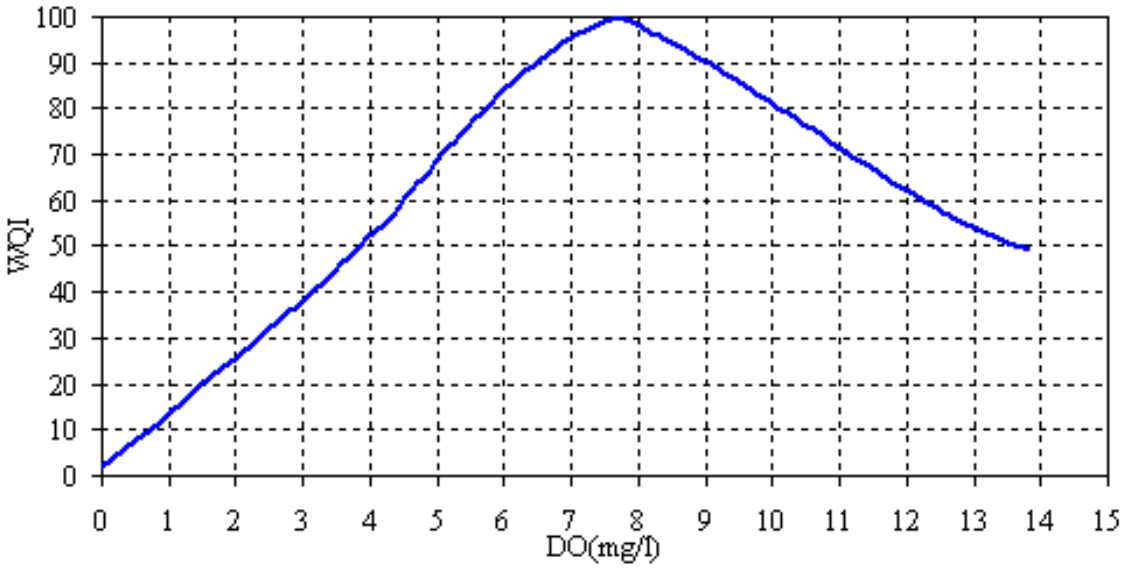
รูปที่ 28 กราฟแสดงสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งในตะกอนดิน (%) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)



รูปที่ 29 กราฟแสดงสัดส่วนของอนุภาคโคลนในตะกอนดิน (%) ทั้ง 24 สถานี ในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้ง (Mean±S.E., n=3)

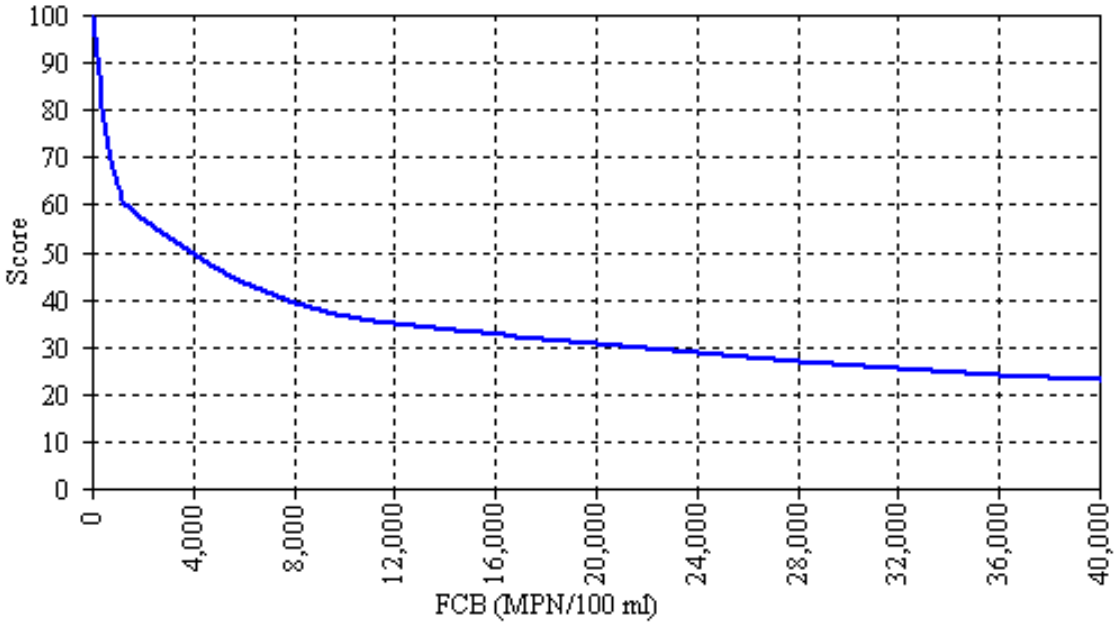
ภาคผนวก ค

รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของ DO จาก Rating Curve of DO เพื่อนำไปหาค่า WQI



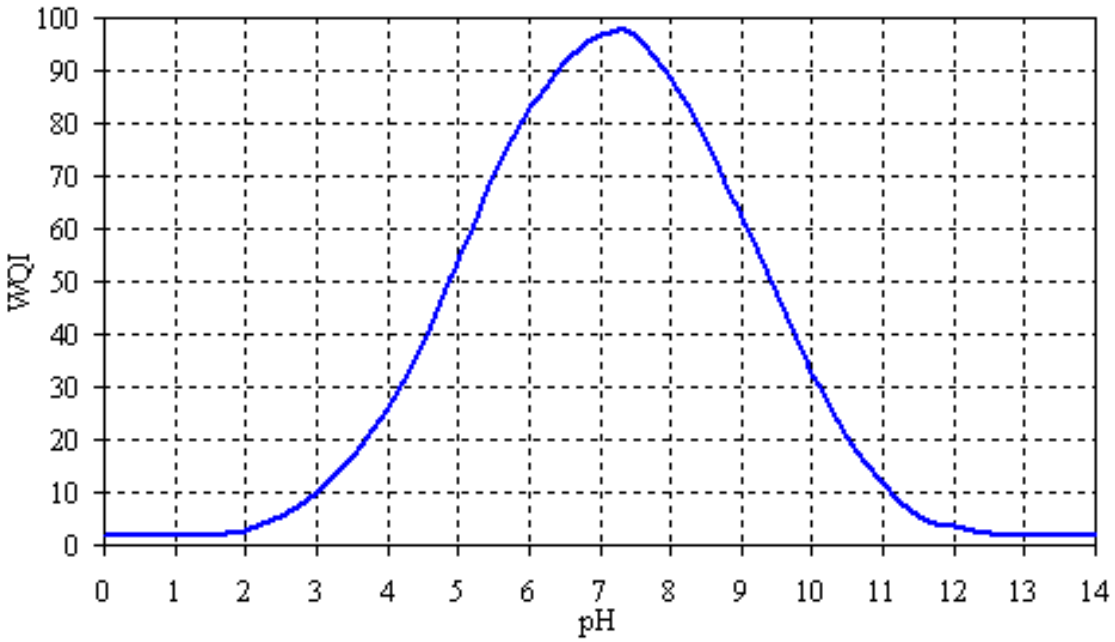
DO	Formula
< 0.105	2
0.105 - 4.150	$(0.2677 \times DO^3) + (-1.4538 \times DO^2) + (14.496 \times DO) + 0.5$
4.151 - 7.690	$(-0.3171 \times DO^3) + (3.7511 \times DO^2) + (2.915 \times DO)$
7.691 - 13.800	$(0.1506 \times DO^3) + (-4.7806 \times DO^2) + (40.856 \times DO)$
> 13.800	2

รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของ FCB จาก Rating Curve of FCB เพื่อนำไปหาค่า WQI



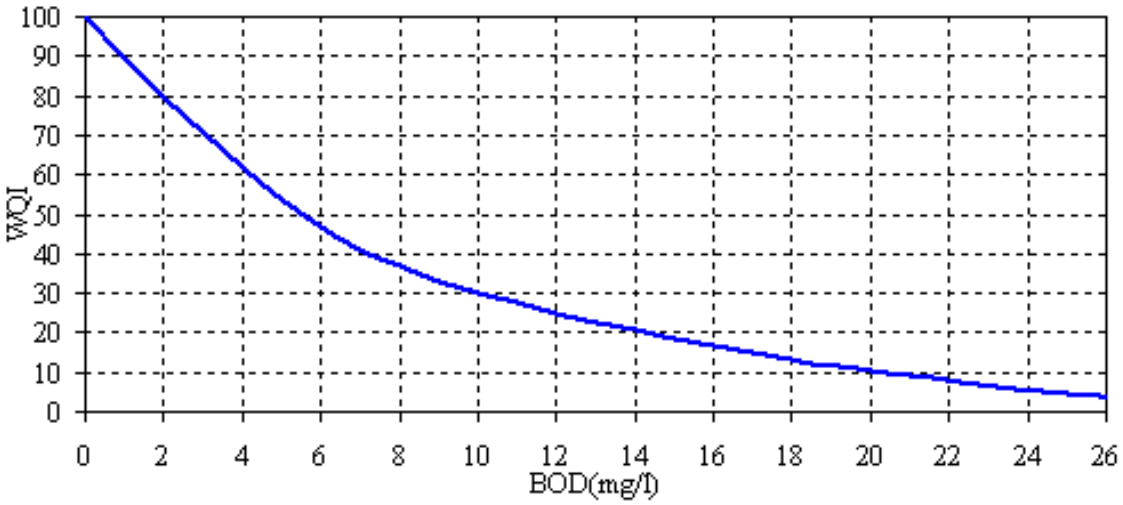
FCB	Formula
0 - 1200	$[2 \times 10^{-5} \times FCB^2] + (-0.0563 \times FCB) + 100$
1200 - 12000	$[2 \times 10^{-7} \times FCB^2] + (-0.005 \times FCB) + 66.417$
12000 - 100000	$[-4 \times 10^{-14} \times FCB^3] + [9 \times 10^{-9} \times FCB^2] + (-0.0008 \times FCB) + 43.367$
> 100000	2

รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของ pH จาก Rating Curve of pH เพื่อนำไปหาค่า WQI



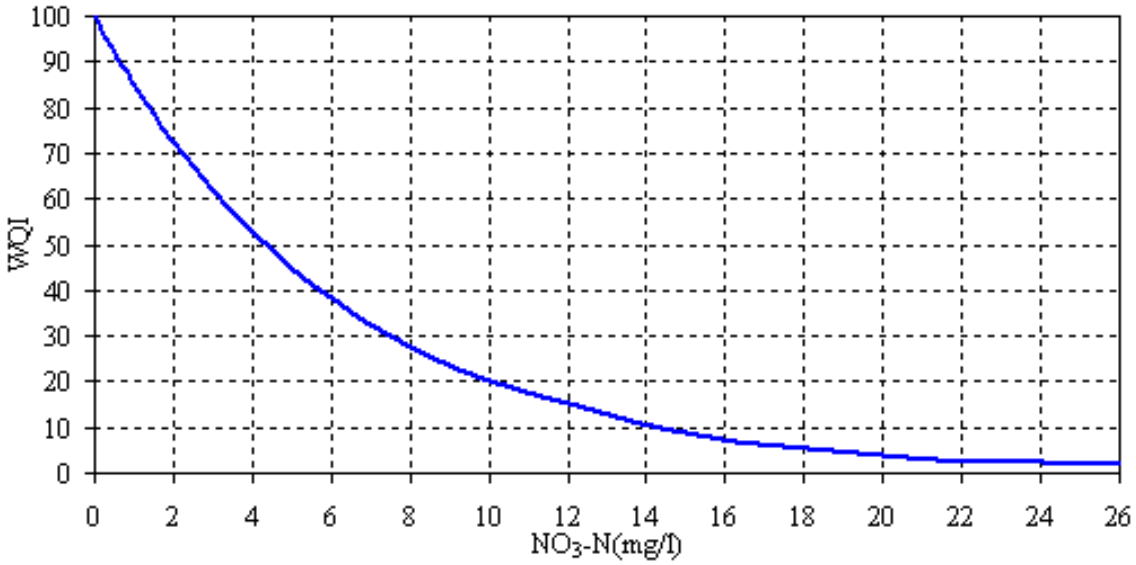
pH	Formula
$\leq$ 1.60	2
1.61 - 7.10	$(-0.089 \times pH^3) + (3.0018 \times pH^2) + (-3.533 \times pH) + 0.2901$
7.11 - 12.45	$(-0.2286 \times pH^4) + (10.456 \times pH^3) + (-174.05 \times pH^2) + (1231.6 \times pH) - 3038.7$
> 12.45	2

รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของ BOD จาก Rating Curve of BOD เพื่อนำไปหาค่า WQI



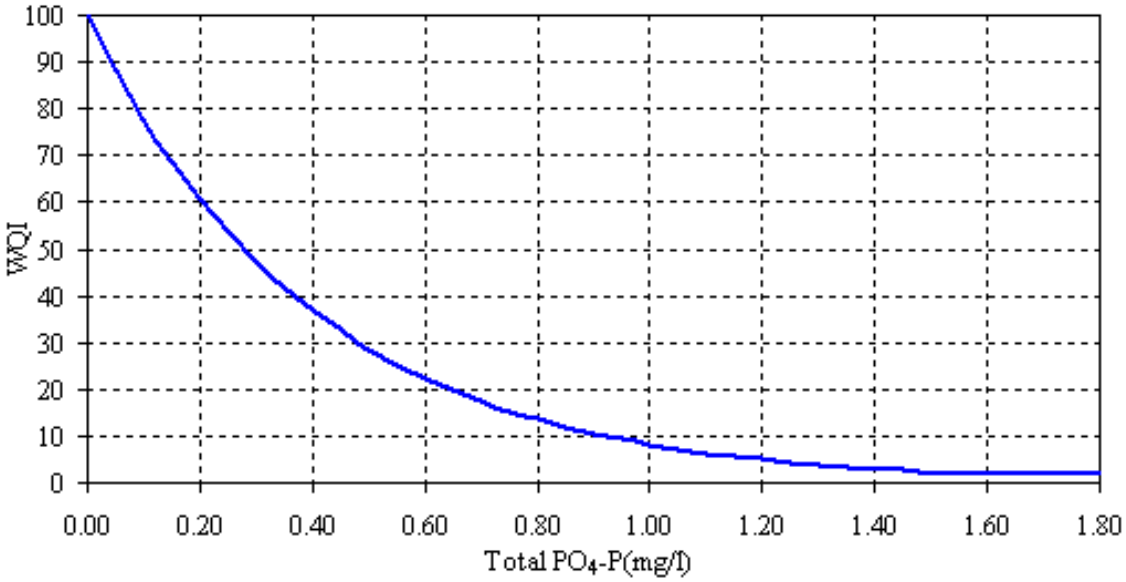
BOD	Formula
0 - 27.1	$(-0.0069 \times BOD^3) + (0.4766 \times BOD^2) + (-11.464 \times BOD) + 100$
> 27.1	2

รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของ NO_3-N จาก Rating Curve of NO3-N เพื่อนำไปหาค่า WQI



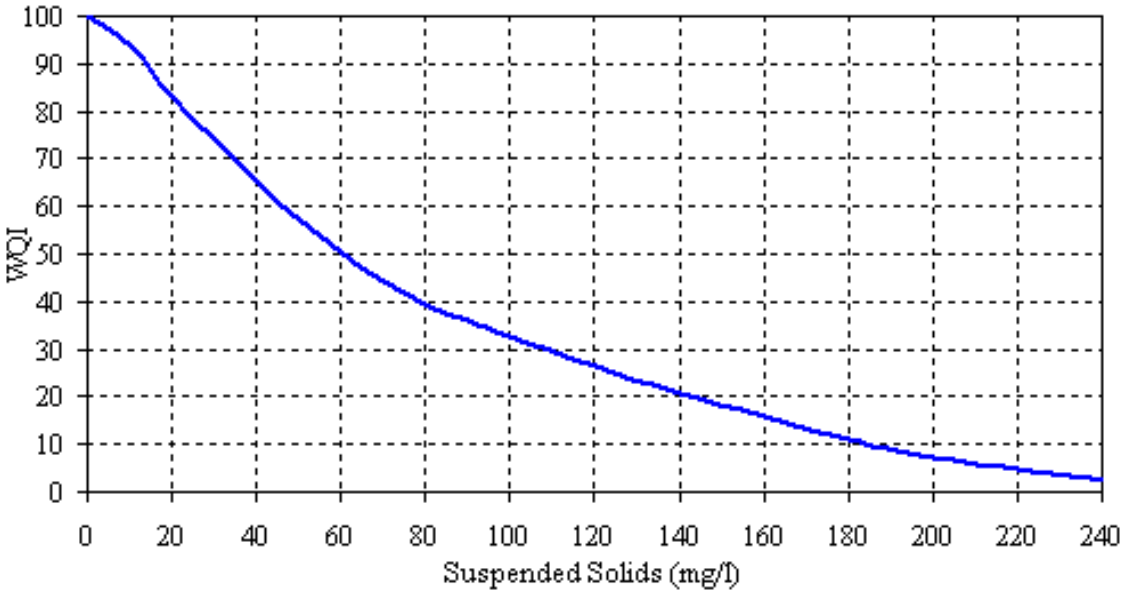
NO_3-N	Formula
0 - 23	$[e^{-0.16 \times NO3\text{-}N}] \times 100$
> 23	2

รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของ TP จาก Rating Curve of TP เพื่อนำไปหาค่า WQI



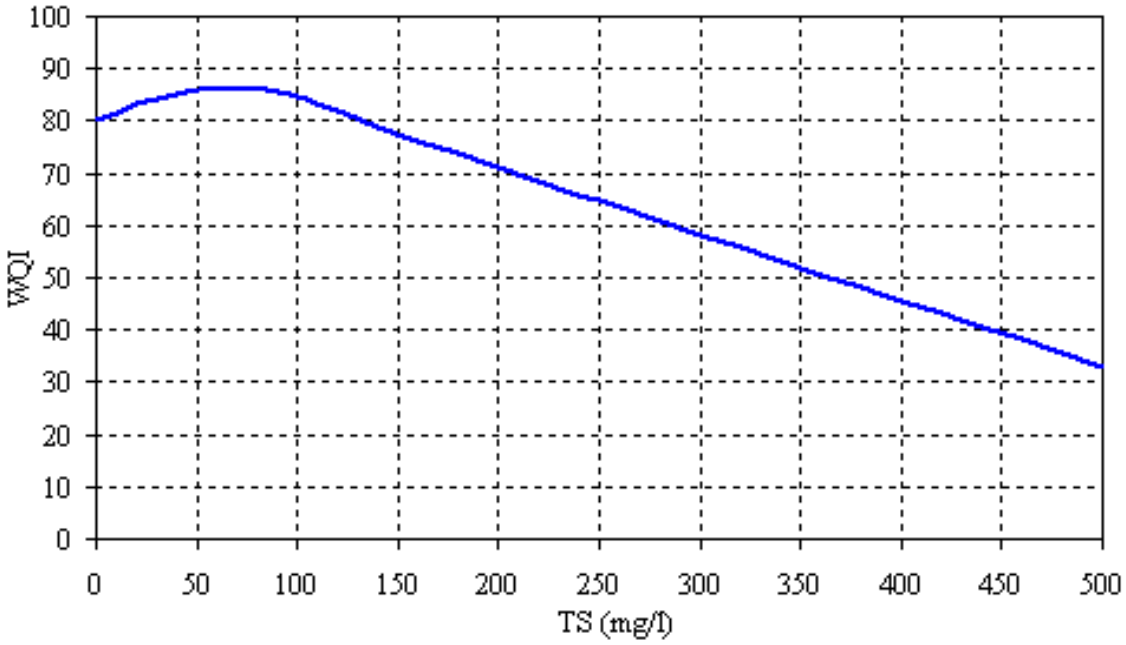
TP	Formula
0 - 1.48	$[e^{-2.5 \times TP}] \times 100$
> 1.48	2

รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของ SS จาก Rating Curve of SS เพื่อนำไปหาค่า WQI



SS	Formula
0.0 - 4.0	100
4.1 – 75.0	$(0.0043 \times SS^2) + (-1.1687 \times SS) + 105.03$
75.1 - 230	$(0.0007 \times SS^2) + (-0.4647 \times SS) + 72.208$
> 230	2

รายละเอียดการคำนวณค่าคะแนนของ TS จาก Rating Curve of TS เพื่อนำไปหาค่า WQI



TS	Formula
0 - 120	$(-0.0014 \times TS^2) + (0.1863 \times TS) + 80$
121 - 500	$(0.00001 \times TS^2) + (-0.1338 \times TS) + 97.5$
> 500	20

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายวัชรพงศ์ ชุ่มชื่น

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4842082

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วท.บ. (วาริชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

– ตำแหน่งนักวิชาการประมง ระดับปฏิบัติการ
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเลลึก
สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง
ถนนศรีสมุทร ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Watcharapong Chumchuen, Supatra Parnrong Davison and Ian C. Campbell. 2009. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of the ecological health of Songkhla lake tributaries, Thailand. Proceeding of The 2nd PSU-UNS Joint International Conference on Bioscience. University of Novi Sad, Serbia, 23-24 June 2008. (In press)

Watcharapong Chumchuen, Supatra Parnrong Davison and Ian C. Campbell. How well water quality parameter predict river health: an assessment of stream in the Songkhla lake basin, Thailand? (In preparation).