ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

Concentration of Arsenic and Lead in Water, Sediment and Some Aquatic Plants in Thale Noi, Phatthalung Province

พจนลักษณ์ ตรีอุดม

Phojanalak Treeudom

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Marine and Coastal Resources Management

Prince of Songkla University

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

Concentration of Arsenic and Lead in Water, Sediment and Some Aquatic Plants in Thale Noi, Phatthalung Province

พจนลักษณ์ ตรีอุดม

Phojanalak Treeudom

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Marine and Coastal Resources Management

Prince of Songkla University

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

ผู้เขียน นางสาวพจนลักษณ์ ตรีอุดม

สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ประดิษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัจน์ ธัญรส)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ โตวัฒนะ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ประดิษฐ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ประดิษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นางสาวพจนลักษณ์ ตรีอุดม)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวพจนลักษณ์ ตรีอุดม)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

ผู้เขียน นางสาวพจนลักษณ์ ตรีอุดม

สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง

ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมกราคม เดือนเมษายน เดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม พ.ศ.2558 จากสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 6 สถานี พืชน้ำที่ทำการศึกษามี 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายพุงชะโด (*Ceratophyllum demersum*) บัวเผื่อน (*Nymphaea stellata*) บัวสาย (*Nymphaea lotus*) และ สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*)

ปริมาณสารหนูในน้ำและดินตะกอนอยู่ในช่วง ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ (ND)-0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ (ND)-6.097 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในสาหร่ายพุงชะโด และสาหร่ายหางกระรอก พบมีค่าอยู่ในช่วง 0.452-2.263 และ 1.096-2.374 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนในบัวเผื่อน และบัวสาย มีค่าต่ำจนไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ (ND) ปริมาณตะกั่วในน้ำและดินตะกอน อยู่ในช่วง ND-0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 9.639-22.382 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ในพืชน้ำทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายพุงชะโด บัวเผื่อน บัวสาย และสาหร่ายหางกระรอก มีค่าอยู่ในช่วง 0.505-1.968, ND-1.729, ND-2.252 และ0.901-2.870 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละสถานี พบว่า ปริมาณตะกั่วในพืชน้ำแต่ละชนิด มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าการสะสมทางชีวภาพ (Bioconcentration Factor) ในพืชน้ำแต่ละชนิดมีค่าต่ำกว่า 1 และพบว่าสาหร่ายมีประสิทธิภาพในการดูดซึมสารหนูและตะกั่วได้ดีกว่าบัว

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าน้ำและดินตะกอนในทะเลน้อยมีค่าปริมาณสารหนูและตะกั่ว ไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน และมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของกรมควบคุมมลพิษ แต่พบว่าในพืชน้ำทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณตะกั่วสูงเกินค่ามาตรฐานอาหารที่มีโลหะหนักปนเปื้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ หากได้รับการสะสมของปริมาณตะกั่วอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

Thesis Title **Concentration of Arsenic and Lead in Water, Sediment and Some Aquatic Plants in Thale Noi, Phatthalung Province**

Author Miss **PhojanalakTreeudom**

Major Program **Master of Science in Marine and Coastal Resources Management**

Academic Year **2015**

ABSTRACT

The arsenic and lead concentrations in water, sediment and aquatic plants in Thale Noi, Phatthalung Province were investigated. The samples of sediment, water and aquatic plants were collected in January, April, July and October 2015 from 6 stations. The collected aquatic plants of 4 species included: coontail hornwort (*Ceratophyllum demersum*), blue water lily (*Nymphaea stellata*), water lily (*Nymphaea lotus*) and esthwaite waterweed (*Hydrilla verticillata*).

The arsenic concentration in water and sediment were found as in the range between ND-0.010 mg/l and ND-6.097 mg/kg dry weight respectively. The arsenic amounts in coontail hornwort and esthwaite waterweed were range of 0.452-2.263 and 1.096-2.374 mg/kg dry weight respectively but those in blue water lily and water lily were non-detected (ND). The lead concentrations in water and sediment were range between ND-0.015 mg/l and 9.639-22.382 mg/kg dry weight respectively. Furthermore, the lead amounts in esthwaite waterweed, coontail hornwort, blue water lily and water lily were range of 0.505-1.968, ND-1.729, ND-2.252 and 0.901-2.870 mg/kg dry weight respectively. The result of the analysis indicated that the lead concentrations in aquatic plants were significantly different ($p<0.05$) in each station. Moreover, The Bioconcentration Factor (BCF) of all the investigated aquatic plants was lower than 1. However, the BCF in esthwaite waterweed and coontail hornwort was higher than that in blue water lily and water lily.

Comparing the measured concentrations of arsenic and lead with water and sediment quality standards of Pollution Control Department in Thailand revealed that the average arsenic and lead concentrations in water and sediment in this study did not exceed the public health standards. However, this study found that lead concentrations in aquatic plants were above the standart of Ministry of Public Health. This is a potential risk for public health in term of lead accumulation from long term consumption.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาในครั้งนี้ ขอบคุณศูนย์เครื่องมือกลางคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดิน ตะกอนและพืชน้ำ และขอขอบคุณศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาพัทลุงเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ศิริพร ประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ดร. สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ รศ.ดร. สุวัจน์ ธัญรส และ รศ.ดร. ประวิทย์ โตวัฒนะ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษา สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ช่วยให้คำแนะนำและช่วยในการเก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำในการทำวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

พจนลักษณ์ ตรีอุดม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(8)
สารบัญ	(9)
สารบัญตาราง	(13)
สารบัญรูป	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.2.1 โลหะหนัก	2
1.2.2 โลหะหนักที่ทำการศึกษาในครั้งนี้	3
1.2.1.2 สารหนู	3
1.2.1.2 ตะกั่ว	5
1.2.3 การแพร่กระจายของสารหนูและตะกั่ว	6
1.2.4 พื้นที่ศึกษา	8
1.2.4.1 ข้อมูลทั่วไปของทะเลน้อย	8
1.2.4.2 อาณาเขตทะเลน้อย	10
1.2.4.3 แหล่งน้ำที่เชื่อมต่อกับทะเลน้อย.	12
1.2.4.4 สภาพภูมิอากาศ	12

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

1.2.4.5 คุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา 13

1.2.4.6 พืชน้ำชนิดเด่นในทะเลน้อย 15

1.2.5 แหล่งที่มาของโลหะหนักในทะเลน้อย. 15

1.2.5.1 การทำผลิตภัณฑ์จักสานกระจูด 15

1.2.5.2 การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง 15

1.2.6 พืชน้ำ 17

1.2.6.1 พืชน้ำที่ทำการศึกษา 17

1.2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชน้ำ 20

1.2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

1.3 วัตถุประสงค์ 25

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 26

บทที่ 2 วิธีการวิจัย 27

2.1 วัสดุ – อุปกรณ์ 27

2.2 พื้นที่ศึกษา 28

2.3 การเก็บตัวอย่างภาคสนาม 30

2.4 การเตรียมตัวอย่าง 31

2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ 32

2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ 33

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย 34

3.1 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำ 34

3.2 ปริมาณสารหนูในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด 37

3.3 ปริมาณตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด 40

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน 43
และพืชน้ำบางชนิด กับค่าออกซิเจนละลายน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่าง

3.5 การสะสมทางชีวภาพ 45

3.6 เปรียบเทียบปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพื้นน้ำบริเวณทะเลน้อย
กับงานวิจัยอื่นๆ และการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน 46

บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ 50

4.1 สรุปผล 50

4.2 ข้อเสนอแนะ 50

บรรณานุกรม 52

ภาคผนวก 60

ก เครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer
(ICP – OES 61

ข จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด 63

ค ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี เบื้องต้น 65

ง ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด 67

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

จ การสะสมทางชีวภาพของพืชน้ำ (Bioconcentration Factor: BCF) 70

ฉ การวิเคราะห์ทางสถิติ 71

ช เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ คุณภาพดินตะกอนและมาตรฐานอาหารที่มีโลหะหนักปนเปื้อน 79

ประวัติผู้เขียน 80

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 ปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มิลลิเมตร) จังหวัดพัทลุง ในระหว่างปีพ.ศ. 2556-2558 12

1-2 สรุปคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา ครั้งที่ 3 ปีงบประมาณ 2555 13

2-1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำ บริเวณทะเลน้อย 29

3-1 ปริมาณสารหนูในน้ำบริเวณทะเลน้อย. 37

3-2 ปริมาณสารหนูในดินตะกอนบริเวณทะเลน้อย 38

3-3 ปริมาณสารหนูในพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย 40

3-4 ปริมาณตะกั่วในน้ำบริเวณทะเลน้อย 41

3-5 ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนบริเวณทะเลน้อย 42

3-6 ปริมาณตะกั่วในพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย 43

3-7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิดกับค่าออกซิเจนละลายน้ำและค่าความเป็นกรดด่าง 45

3-8 ค่าเฉลี่ยการสะสมทางชีวภาพของพืชน้ำ 46

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1-1 แหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนักในธรรมชาติจากกิจกรรมของมนุษย์	3
1-2 ไดอะแกรม EH-pH ของสารหนูที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ	7
1-3 แผนที่ทะเลน้อย	9
1-4 พื้นที่ใกล้เคียงที่ติดต่อกับทะเลน้อย	11
1-5 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา ประจำปีงบประมาณ 2555	14
2-1 แผนที่แสดงสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณทะเลน้อย	29
3-1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บริเวณทะเลน้อย	35
3-2 อุณหภูมิน้ำ บริเวณทะเลน้อย	35
3-3 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ บริเวณทะเลน้อย	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

การปนเปื้อนของสารหนู (As) และตะกั่ว (Pb) ในสิ่งแวดล้อมนั้นส่วนหนึ่งเกิดมาจากกระบวนการตามธรรมชาติ เช่น การกัดเซาะ การผุพังของหิน และการระเบิดของภูเขาไฟ แต่ส่วนใหญ่มักมีแหล่งกำเนิดมาจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งจากการทำอุตสาหกรรม การปล่อยน้ำทิ้งจากบ้านเรือน ชุมชน และโรงงานต่างๆ รวมทั้งการทำเกษตรกรรม ส่งผลให้สารหนูและตะกั่วปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำเกิดเป็นมลพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ โดยสารหนูและตะกั่วสามารถเปลี่ยนรูปและเคลื่อนย้ายเข้าไปสะสมตัวอยู่กับตัวกลางได้ เช่น ดินตะกอน พืชน้ำ สัตว์น้ำ หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำอย่างอิสระได้ (สรัญญา, 2544) ปริมาณสารหนูและตะกั่วในพืชน้ำและสัตว์น้ำจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร และเกิดการถ่ายทอดผ่านการบริโภค ซึ่งผู้บริโภคลำดับสุดท้ายจะได้รับปริมาณโลหะหนักสะสมในร่างกายสูงที่สุด เนื่องจากปริมาณสารพิษของโลหะหนักดังกล่าวจะสะสมเพิ่มขึ้นแล้วถ่ายทอดต่อไปตามลำดับการกิน (Biomagnification) (ณพล, 2556) จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น อาจทำให้มนุษย์ได้รับความเสี่ยงจากการสัมผัสสิ่งต่างๆ หรือการบริโภคอาหารที่มีโลหะหนักปนเปื้อนก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ หากได้รับการสะสมของสารพิษโลหะหนักในปริมาณมากหรือในช่วงระยะเวลาต่อเนื่อง

ทะเลน้อยเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยสัตว์และพืชน้ำนานาชนิด นอกจากนี้บริเวณโดยรอบทะเลน้อยยังมีการสร้างบ้านเรือนและตั้งถิ่นฐาน เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยของผู้คนนับพันครัวเรือนโดยคนในชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น ทำนา ปลูกยาง ปลูกปาล์ม ในพื้นที่พรุควนเคร็งซึ่งตั้งอยู่ทางทิศเหนือของทะเลน้อยนอกจากชาวบ้านก็ยังมีนายทุนบางส่วนที่เข้ามาทำเกษตรกรรมในพื้นที่พรุควนเคร็งด้วยเช่นกัน ทำให้มีการใช้ปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้คนในชุมชนบางส่วนมีการประกอบอาชีพหัตถกรรมจักสานกระจูดเพื่อสร้างรายได้ให้แก่ตนเอง ครัวเรือนและชุมชน ทะเลน้อยจึงกลายเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากทั้งบ้านเรือน ชุมชน สีและน้ำทิ้งจากการย้อมกระจูด รวมทั้งเป็นแหล่งรองรับปริมาณน้ำหลากจากพรุควนเคร็งอีกด้วย จากแหล่งที่มาของน้ำดังกล่าวอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่ทะเลน้อยได้ จึงควรวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในน้ำ และดินตะกอนบริเวณทะเลน้อย รวมทั้งทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในพืชน้ำบางชนิดด้วย เนื่องจากมีชาวบ้านบางส่วนนำสาหร่ายในทะเลน้อยไปใช้

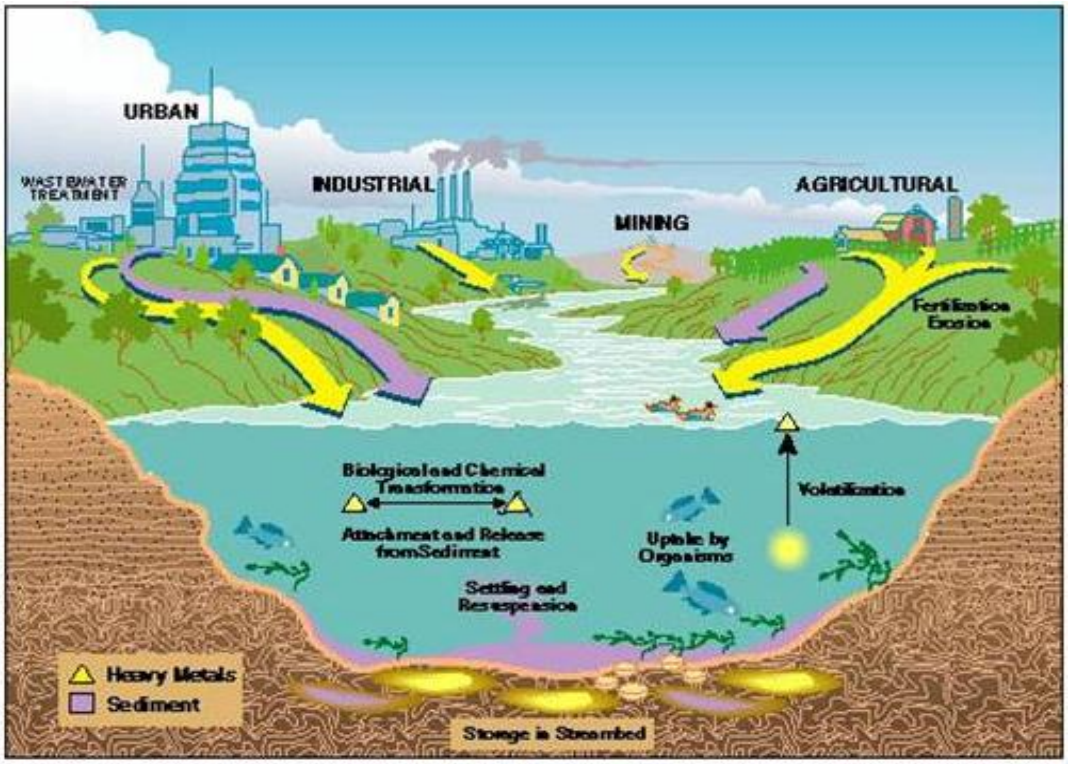
เพื่อเป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์ และนำบัวบางชนิดไปบริโภค หากมีการสะสมของโลหะหนักในพืชน้ำในปริมาณมากอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณโลหะหนักสารหนูและตะกั่วที่สะสมอยู่ในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จะทำให้ทราบถึงปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำในทะเลน้อย ซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์หรือประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและวิจัยได้ต่อไป

1.2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก (Heavy Metals) คือ โลหะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ขนิษฐ, 2550) คุณสมบัติทางกายภาพของโลหะหนักคือ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีความมันวาว เหนียว สามารถนำมาตีแผ่เป็นแผ่นบางๆ ได้และสะท้อนแสงได้ดี ส่วนคุณสมบัติทางด้านเคมีที่สำคัญของโลหะหนักคือ มีค่าออกซิเดชันได้หลายค่า ดังนั้นโลหะหนักจึงสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex Compound) ได้หลายรูปที่เสถียรกว่าโลหะอิสระ โดยเฉพาะเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ (วิกันดา, 2541) โลหะสามารถก่อให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำได้ เนื่องจากการไม่สลายตัวโดยกระบวนการทางธรรมชาติของโลหะหนักในแหล่งน้ำ (สุดชาย, 2540) สารพิษโลหะชนิดต่างๆ เมื่ออยู่ในแหล่งน้ำสามารถสะสมตัวอยู่กับตัวกลาง เช่น ดินตะกอน พืชน้ำ สัตว์น้ำ หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำอย่างอิสระได้ในปริมาณต่างๆ กัน ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้สามารถเปลี่ยนรูปหรือเคลื่อนย้ายไปตามห่วงโซ่อาหารได้ การปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำมีสาเหตุเกิดทั้งจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การผุพังของหิน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งชุมชน หรือการเกษตรกรรม (รูปที่ 1-1) (Browne et al., 1982)



รูปที่ 1-1 แหล่งที่มาของการปนเปื้อนโลหะหนักในธรรมชาติจากกิจกรรมของมนุษย์

ที่มา: (Garbarino, et.al., 1995)

1.2.2 โลหะหนักที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

โลหะหนักที่ทำการศึกษามีด้วยกัน 2 ชนิดได้แก่สารหนู (As) และ ตะกั่ว (Pb)

1.2.2.1 สารหนู (Arsenic: As)

คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของสารหนู

สารหนูจัดอยู่ในประเภทธาตุกึ่งโลหะ มีเลขอะตอมเท่ากับ 33 น้ำหนักอะตอม 74.92 มีจุดหลอมเหลวที่ 817 องศาเซลเซียสและมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ -3, 0, +3 และ +5 โดยทั่วไปพบอยู่ในวาเลนซี +3 และ +5 ซึ่งสามารถแบ่งสารหนูออกได้เป็น 3 ประเภท ตามคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และความเป็นพิษ (Marie, 1990) ได้แก่ สารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ และก๊าซอาร์ซีน ซึ่งสารประกอบอนินทรีย์จะมีความเป็นพิษสูงกว่าสารประกอบอินทรีย์ และสารหนูอนินทรีย์วาเลนซี 3 จะมีความเป็นพิษสูงกว่าสารหนูอนินทรีย์วาเลนซี 5 ทั้งนี้ทั้งสองวาเลนซีสามารถเปลี่ยนไปมาซึ่งกันและกันได้ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชัน

- สารหนูวาเลนซี 3 (Arsenite) มีสูตรโมเลกุลที่มีประจุลบคือ AsO_3^{3-} และเป็นสารอนุพันธ์ของ arsenious acid (As_4O_6) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนและอยู่รวมกับธาตุอื่นๆ เช่น $Cu_2(C_2H_3O_2)(AsO_3)$ เป็นส่วนประกอบในสารฆ่าแมลง และ $CuHAsO_3$ ใช้ในการผลิตสี เป็นต้น
- สารหนูวาเลนซี 5 (Arsenate) มีสูตรโมเลกุลที่มีประจุลบคือ AsO_4^{3-} และเป็นสารอนุพันธ์ของ orthoarsenic acid (H_3AsO_4) และอยู่รวมกับธาตุอื่นๆ เช่น $Pb_3(AsO_4)_2$ และ $Ca_3(AsO_4)_2$ เป็นส่วนประกอบในยาฆ่าแมลง เป็นต้น
- ก๊าซอาร์ซีน (Arsine) มีสูตรทางเคมีคือ AsH_3 เป็นก๊าซที่มีความเป็นพิษสูง หากได้รับในปริมาณสูงอาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ (Weaver, 1987)

การใช้ประโยชน์

ในธรรมชาติ จะพบสารหนูอยู่ในรูปสารประกอบ ซึ่งส่วนใหญ่จะรวมตัวกับกำมะถันและเหล็ก นอกจากนี้ยังเกิดจากการสึกกร่อนของเปลือกโลก และพบในบริเวณภูเขาไฟในรูปสารประกอบอาร์เซไนด์หรือซัลไฟด์ของทองแดง ตะกั่วและเงิน แต่ส่วนใหญ่มักพบอยู่ในรูปของแร่ เช่น แร่อาร์ซีโนไพไรต์ (Arsenopyrite) แร่อาร์ซีโนไลต์ (Arsenolite) เป็นต้น สารประกอบสารหนูถูกนำไปใช้ทางการเกษตร เช่น เป็นสารกำจัดวัชพืช เป็นสารป้องกันและกำจัดแมลง น้ำยารักษาสภาพเนื้อไม้ และสารเติมในอาหารสัตว์ นอกจากนั้นยังใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและเซรามิค อุตสาหกรรมต่อเรือ อุตสาหกรรมพลาสติกและใช้เป็นส่วนประกอบเครื่องมือหลอดอิเล็กทรอนิกส์ (วิโรจน์ และนิตินัย, ม.ป.ป.)

ความเป็นพิษของสารหนู

สารหนูสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ การหายใจ การกินอาหารและการสัมผัสทางผิวหนังโดยตรงจากการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสารหนู ผู้ที่ได้รับพิษจากการได้รับสารหนู มีทั้งการเกิดอาการแบบเฉียบพลัน และแบบเรื้อรัง โดยอาการแบบเฉียบพลัน (จากการกิน) จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร ลำไส้ คลื่นไส้อาเจียน และท้องร่วง ในคนไข้ที่มีอาการรุนแรงอุจจาระอาจมีเลือดปน คนไข้จะอ่อนเพลีย อาจช็อกและตายได้ และอาการแบบเรื้อรัง (จากการกินหรือหายใจ) จะมีอาการอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร คลื่นไส้ ระบบทางเดินอาหารผิดปกติ ตับอาจถูกทำลาย นอกจากนี้อาจมีอาการทางผิวหนัง ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของผิวหนัง ทำให้หนังด้าน อาการนูนบวมแข็งอาจจะเป็นสาเหตุของมะเร็งที่ผิวหนังได้ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความผิดปกติของระบบขับเหงื่อและทำให้เกิดเนื้อตาย บริเวณนิ้ว (ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา, ม.ป.ป.)

1.2.2.2 ตะกั่ว (Lead, Pb)

คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของตะกั่ว

ตะกั่วเป็นโลหะหนักในหมู่ 4 ของตารางธาตุมีมวลอะตอม 207.22 มีเลขอะตอม 82 จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1,740 องศาเซลเซียส (Ziemacki et al., 1989) ความถ่วงจำเพาะ 11.34 ตะกั่วเป็นโลหะสีเงินปนเทามีลักษณะอ่อนไม่เปราะหลอมเหลวได้ง่ายสามารถทำให้อ่อนและดัดแปลงให้มีรูปร่างลักษณะต่างๆได้ตามต้องการมีความสามารถในการนำไฟฟ้าไม่ดีแต่คงทนต่อการสึกกร่อนละลายได้เล็กน้อยในน้ำเย็นและน้ำร้อนตะกั่วมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าได้แก่ +1 +2 และ +4 แต่ตะกั่วส่วนมากจะอยู่ในสภาวะ +2 ซึ่งจัดว่าเสถียรที่สุด (ไมตรี, 2531) สารประกอบของตะกั่วแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ตะกั่วอนินทรีย์ (Inorganic lead) อยู่ในรูปเกลือและออกไซด์ เช่น ตะกั่วคาร์บอเนต ตะกั่วโครเมตตะกั่วออกไซด์

2. ตะกั่วอินทรีย์ (Organic lead) เช่น ตะกั่วเตตระเอธิล และตะกั่วเตตระเมธิล ซึ่งใช้ผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันให้สูงขึ้น สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วค่อนข้างจะมีพิษมากกว่าตะกั่วอนินทรีย์

การใช้ประโยชน์

ตะกั่วเป็นธาตุอิสระที่พบน้อยมากในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่ เช่น แร่กาลีนา แร่เซรัสไซด์ และแร่แองกลีไซด์ เป็นแร่ที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ มีการนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ อุตสาหกรรมโลหะบัดกรี ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างดีบุกกับตะกั่วในอัตราส่วนต่างๆ กัน โลหะบัดกรีใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้า หม้อน้ำรถยนต์ ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์และแผงวงจรไฟฟ้า นอกจากนี้ยังใช้โลหะตะกั่วในโรงชุบเคลือบเหล็กด้วยสังกะสี ลูกแหลูกอวนที่ใช้ในอุตสาหกรรมประมง ใช้ในการทำกระสุนปืน สะพานไฟฟ้า ทำผนังกั้นรังสีในเครื่องหรือห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับปฏิกรณ์ปรมาณู ใช้ตะกั่วในการทำสี และทำผงตะกั่วแดงตะกั่วเหลือง สำหรับเคลือบภาชนะต่าง ๆ

ความเป็นพิษของตะกั่ว

ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งผ่านระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ และทางผิวหนัง สำหรับโดยทางการกินไม่ว่าตะกั่วจะอยู่ในรูปใด กรดในกระเพาะอาหารสามารถละลายได้แล้วถูกดูดซึมได้ดีที่บริเวณดูโอดินัม (duodinum) คือ ส่วนต้นของลำไส้เล็ก จากนั้นตะกั่วจะถูกพาผ่านทางเส้นเลือดดำสู่ตับ บางส่วนจะถูกขับออกทางน้ำดีและอุจจาระ ตับไตเป็นอวัยวะที่เก็บตะกั่วไว้มาก

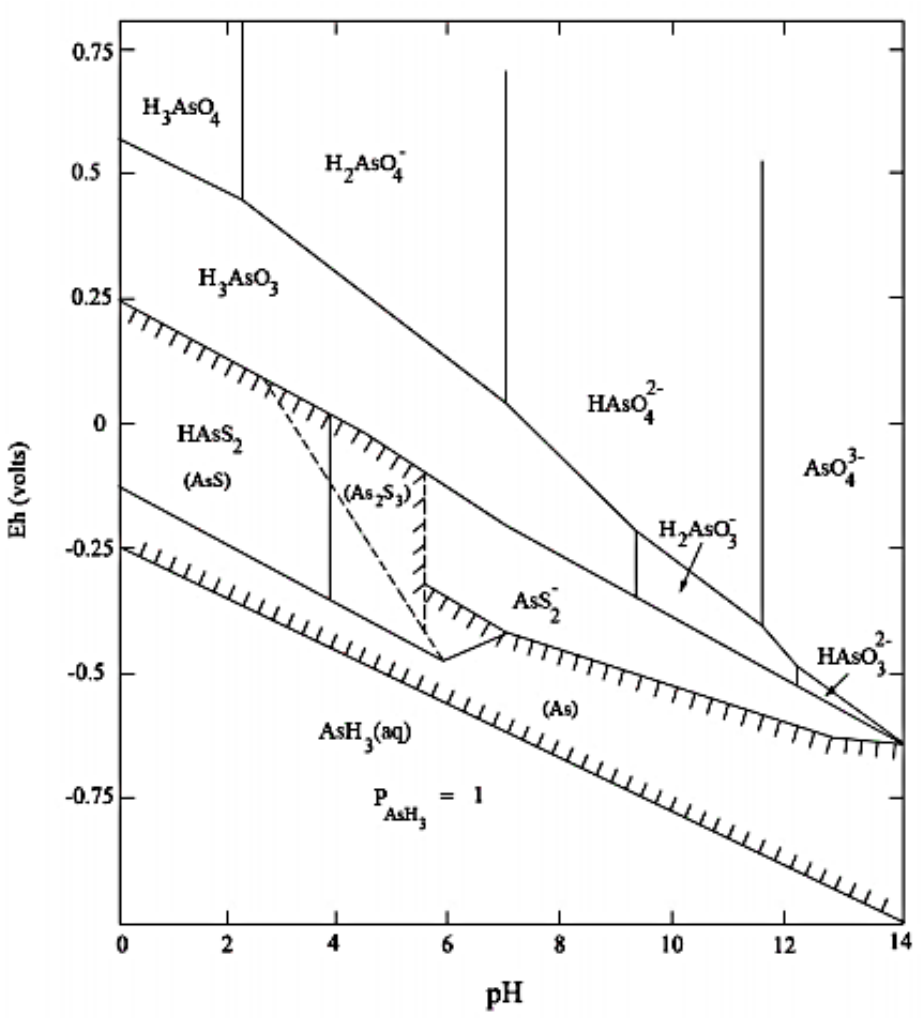
ที่สุด แต่ต่อมาตะกั่วจะเคลื่อนที่ไปตามกระแสเลือดไปเกาะสะสมที่กระดูกในสภาพเกลือที่ละลายยาก เช่น ตะกั่วฟอสเฟต ($Pb_3(PO_4)_2$) กระดูกก็จะสะสมตะกั่วเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หากปริมาณตะกั่วในเลือดสูงถึง 0.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เริ่มแสดงให้เห็นอาการเป็นพิษ และถ้ามีมากกว่านี้ สมองและตับจะพิการถึงแก่ชีวิตได้ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, ม.ป.ป.)

1.2.3 การแพร่กระจายของสารหนูและตะกั่ว

1.2.3.1 การแพร่กระจายของสารหนูและตะกั่วในน้ำธรรมชาติ

สารหนูและตะกั่วในแหล่งน้ำมีหลายรูปแบบ ทั้งที่อยู่ในรูปของสารละลาย สารแขวนลอย และสะสมในสิ่งมีชีวิต ความเข้มข้นของสารหนูและตะกั่วในน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เนื่องจากความสามารถในการผสมผสานของสารละลายและสารแขวนลอยมีความแตกต่างกัน และเนื่องจากน้ำมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาทำให้ตะกอนท้องน้ำลอยตัวขึ้น ทำให้สารหนูและตะกั่วที่สะสมในตะกอนท้องน้ำละลายกลับสู่แหล่งน้ำได้อีก (Duinker and Nolting, 1978) โดยผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี

ในน้ำธรรมชาติ มักพบสารหนูวาเลนซี +3 และ +5 โดยสารหนูวาเลนซี 3 จะพบมากในน้ำที่มีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีเลย และสารหนูวาเลนซี 5 จะพบในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่ (Gupta and Chen, 1978) สารประกอบสารหนูสามารถละลายน้ำได้ดีในน้ำที่มีค่า pH ต่ำ และตกตะกอนในช่วง pH ที่สูงขึ้น ในสภาวะที่มีออกซิเจละลายในน้ำและมีค่า Eh สูง สารหนูวาเลนซี 5 จะคงตัวในรูปของสารประกอบ H_3AsO_4, $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ และ AsO_4^{3-} ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนและค่า Eh ต่ำลงมา สารประกอบสารหนูจะคงตัวในรูปของสารประกอบ H_3AsO_3, $H_2AsO_3^-$, $HAsO_3^{2-}$ (Ferguson and Gavis, 1972) โดยการเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนหรือการดูดซับของสารหนูจะอยู่ในรูปแบบสารประกอบใดขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ค่า Eh และ pH (รูปที่ 1-2)



รูปที่ 1-2 ไดอะแกรม Eh-pH ของสารหนูที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ

ที่มา: (Ferguson and Gavis, 1972)

1.2.3.2 การแพร่กระจายของสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน

สารหนูและตะกั่วที่สะสมในดินตะกอนส่วนหนึ่งเกิดจากการสะสมตัวตามธรรมชาติ โดยการชะล้างแร่ธาตุที่อยู่บนผิวดินลงสู่แหล่งน้ำ หรือเป็นส่วนประกอบของผิวโลกอยู่บริเวณนั้นตามสภาพทางธรณีวิทยา ซึ่งระดับของสารหนูและตะกั่วในตะกอนบริเวณต่างๆ จะแตกต่างกันไปตามลักษณะขององค์ประกอบในดินตะกอน แหล่งกำเนิด การพัดพาตะกอนสู่แหล่งน้ำ สภาพแวดล้อมโดยรอบ หากเป็นบริเวณที่มีการขุดแร่ หรือมีการปล่อยสารหนูและตะกั่วลงสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ บริเวณดังกล่าวจะมีปริมาณสารหนูและตะกั่วสะสมในตะกอนค่อนข้างสูง (ชินชาต, 2543)

การเคลื่อนตัวและการสะสมของสารหนูในธรรมชาติเกิดจากสารประกอบสารหนูในแหล่งแร่ธรรมชาติ ซึ่งอยู่ใต้ชั้นหินที่ค่อนข้างลึก ถูกละลายโดยน้ำใต้ดินหรือน้ำที่มีสภาวะเป็นด่าง แล้วเคลื่อนตัวตามรอยแยกของชั้นหินหรือช่องว่าง เมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำสารประกอบสารหนูที่อยู่ในรูปของสารละลายจะจับตัวกับสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และอนุภาคดินตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำแล้วตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ เรียกกระบวนการนี้ว่า Reducing Process และ Oxidizing Process (เกษม, 2519) โดยสารหนูที่อยู่ในดินสามารถแพร่กระจายสู่แหล่งน้ำได้โดยการชะล้างและพัดพาโดยน้ำฝน น้ำท่า เมื่อรวมตัวอยู่ในแหล่งน้ำสารหนูจะจับกับอนุภาคของดินตะกอนและจมสู่พื้นท้องน้ำ นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากสารหนูในกิจกรรมต่างๆ รวมไปถึงการทำเหมือง การแต่งแร่ การร่อนและล้างแร่ ทำให้สารหนูเกิดการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้มากและเร็วขึ้น

ตะกั่วที่แพร่กระจายอยู่ในธรรมชาติ กำเนิดจากหินอัคนี หินแกรนิต หินทราย หินปูน และดิน เกิดการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมมาจากการพังทลายของหินต้นกำเนิด และการนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์โดยขาดการควบคุม โดยตะกั่วจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจะออกมาในรูปเกลืออนินทรีย์ กระจายในบรรยากาศ เมื่อฝนตกจะถูกชะล้างสู่แหล่งน้ำและพื้นดิน ซึ่งตะกั่วสามารถรวมตัวกับตะกอนได้ดี (กุลธิดา และกอบชัย, 2532)

1.2.3.3 การแพร่กระจายของสารหนูและตะกั่วในพืช

พืชมีการสะสมของสารหนูและตะกั่วได้จากทั้งทางน้ำ ดิน และอากาศ สารหนูและตะกั่วสามารถแพร่กระจายเข้าไปสะสมได้ในทุกส่วนของพืชโดยการดูดซับ เริ่มตั้งแต่การดูดซับของรากพืชอาจจะโดยกระบวนการ Ion absorption การดูดใช้แบบวิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) หรือวิธีการคายน้ำที่เกิดขึ้นในขณะที่พืชมีการดูดน้ำเพื่อทดแทนการคายน้ำ เมื่อการดูดซับน้ำเร็วกว่าการคายน้ำทำให้สารหนูและตะกั่วเคลื่อนที่โดยใช้วิธีการแพร่เข้าสู่รากพืชและสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะสะสมสารหนูและตะกั่วได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของโลหะหนักที่พืชต้องการ ความสามารถในการดูดซับ รวมทั้งรูปแบบทางเคมีของโลหะหนักที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของพืชด้วย (Cutler and Rains, 1974)

1.2.4 พื้นที่ศึกษา

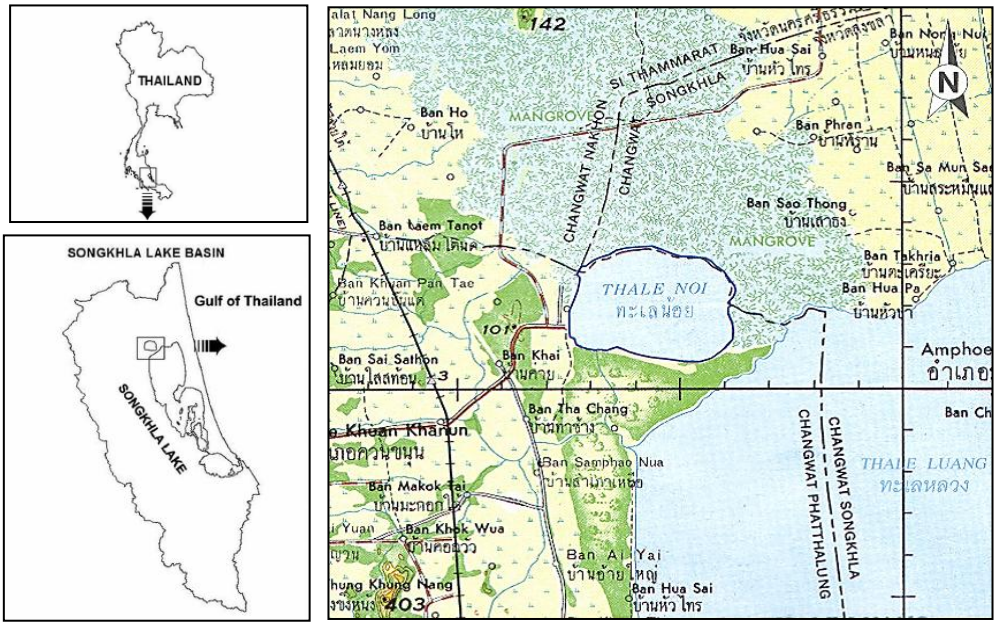
1.2.4.1 ข้อมูลทั่วไปของทะเลน้อย

ทะเลน้อย (รูปที่ 1-3) เป็นทะเลสาบน้ำจืด ตั้งอยู่ใน ตำบลพนางตุง และ ตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง มีคลองนางเรียมเป็นคลองเชื่อมต่อระหว่างทะเลน้อยกับทะเลสาบสงขลาตอนบน (ทะเลหลวง) ทะเลน้อยได้รับการประกาศเป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย แต่ชาวบ้านมักเรียกกันว่า อุทยานนกน้ำทะเลน้อย ซึ่งนับเป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าแห่งแรกของประเทศ

ไทย และด้วยความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ความหลากหลายทางชีวภาพของทะเลน้อย ทำให้พื้นที่ “พรุควนขี้เสี้ยน” ของทะเลน้อยได้รับการประกาศให้เป็นเขตพื้นที่ชุ่มน้ำโลก หรือ “แรมซาร์ ไซต์” (Ramsar Site) แห่งแรกของประเทศไทย

บริเวณโดยรอบทะเลได้มีชุมชนต่างๆ เข้ามาอาศัยกันอย่างหนาแน่นและมีประวัติการตั้งถิ่นฐานมายาวนาน ชุมชนดังกล่าวเรียกว่า “ชุมชนทะเลน้อย” (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2527) ทะเลน้อยจึงกลายเป็นแหล่งน้ำจืดที่มีความสำคัญต่อชุมชนที่อยู่โดยรอบ เพื่อใช้ประโยชน์ในการเดินทางคมนาคมทางน้ำ เป็นแหล่งสร้างรายได้และอาชีพให้แก่คนในพื้นที่ เช่น การทำประมง การขับเรือนำเที่ยว และการทำเสื่อกระจูดขาย เป็นต้น (อภิสิทธิ์ และคณะ, 2543)

พื้นที่บริเวณทะเลน้อยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ป่าพรุ และเป็นพื้นน้ำ คือ ทะเลน้อย ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของชุมชนทะเลน้อย (จิรารัตน์, 2555) มีความกว้างประมาณ 5 กิโลเมตร และความยาว 6 กิโลเมตร เนื้อที่บริเวณผิวน้ำมีขนาดประมาณ 27.2 ตารางกิโลเมตร ซึ่งถูกปกคลุมด้วยพืชน้ำประมาณ 5 ส่วนใน 12 ส่วน มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 1.2 เมตร ทะเลน้อยเป็นที่รองรับปริมาณน้ำหลากมาจากพรุควนเคร็งทางทิศเหนือ และลุ่มน้ำคลองป่าพะยอมทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (สมบูรณ์, 2547)



รูปที่ 1-3 แผนที่ทะเลน้อย

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก (Meksuwan et al., 2011)

1.2.4.2 อาณาเขตทะเลน้อย

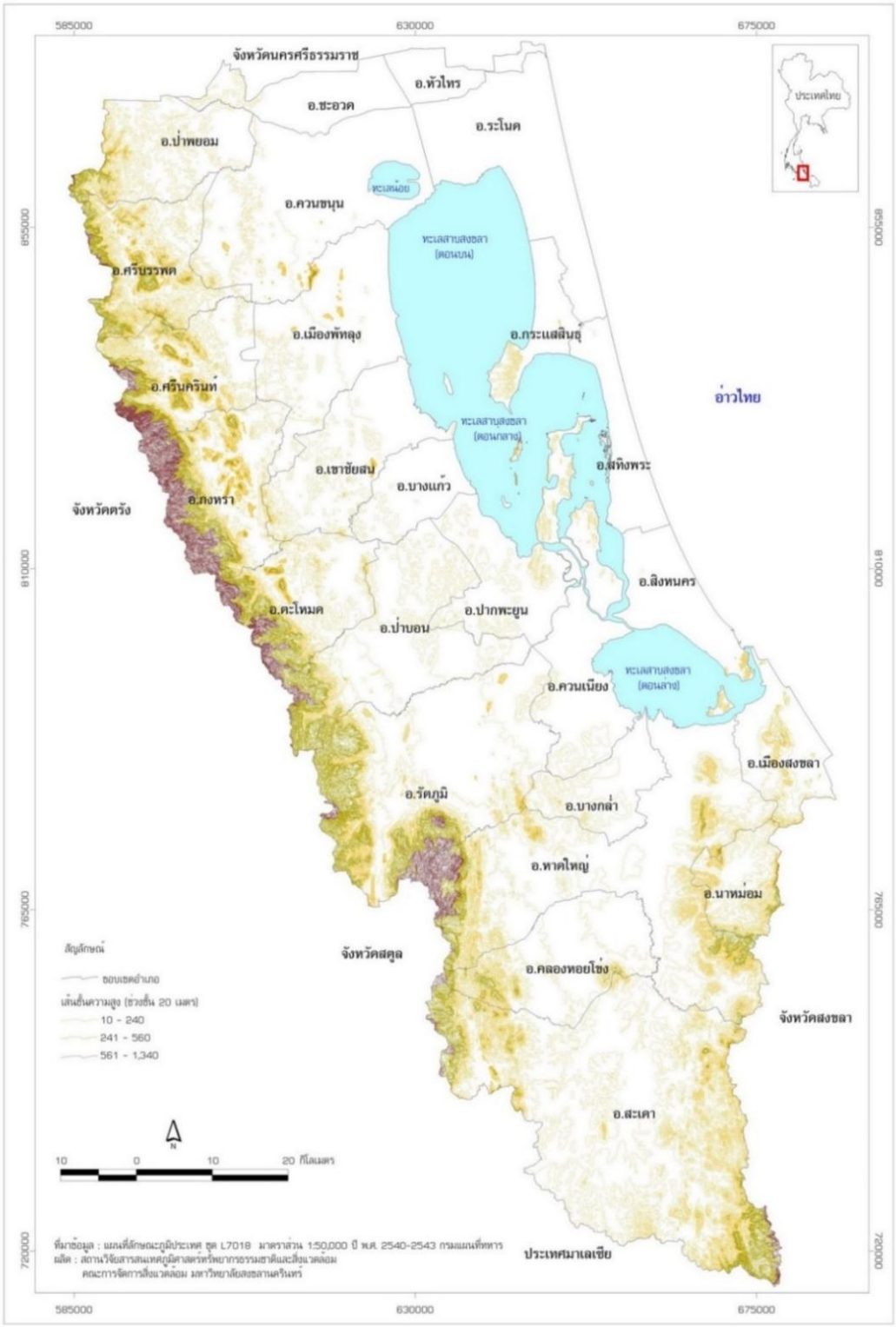
ทะเลน้อย ถือเป็นส่วนหนึ่งของทะเลสาบสงขลา ตั้งอยู่ทางตอนบนสุดของทะเลสาบสงลา มีพื้นที่ครอบคุลมอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง อำเภอชะอวด อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช และอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา โดยมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง (รูปที่ 1-4) ดังนี้

- ทิศเหนือ จรดคลองชะอวด ทุ่งนา ป่าปรือ ป่าไม้เสม็ดขาว ตำบลเคร็ง อำเภอชะอวด ตำบล แหลม ตำบลควนชะลิก อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช

- ทิศใต้ จรดคลองปากประ ตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

- ทิศตะวันออก จรดทะเลหลวง (ทะเลสาบสงขลาตอนบน) ทางหลวงจังหวัดสงขลาหมายเลข 4083 ท้องที่ตำบลเครียะ ตำบลบ้านขาว อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

- ทิศตะวันตก จรดลำคลองคึกฤทธิ์ฝั่งทะเลน้อยตะวันตก ทุ่งนา ป่าปรือ ป่าไม้เสม็ดขาว ตำบลพนางตุง ตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ตำบลขอนหาด ตำบลนางหลง ตำบลท่าเสม็ด ตำบลเคร็ง อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช (จิรารัตน์, 2555)



รูปที่ 1-4 พื้นที่ใกล้เคียงที่ติดต่อกับทะเลน้อย

ที่มา: (สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

1.2.4.3 แหล่งน้ำที่เชื่อมต่อกับทะเลน้อย

การศึกษาลักษณะบางประการของชุมชนทะเลน้อย พบว่ามีแหล่งน้ำที่เชื่อมต่อกับทะเลน้อย (นิธิ และคณะ, 2525) ดังนี้

1. คลองตะเคร็ง ไหลมาจากอำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการใช้ประโยชน์จากคลองนี้เพื่อการประมงโดยการดักลอบ นอกจากนี้ยังใช้ในการคมนาคมติดต่อระหว่างหมู่ที่ 7 บ้านหัวป่าเขียวกับหมู่ที่ 1 และหมู่ที่ 5 ตำบลทะเลน้อย

2. คลองมาบพ้อ ไหลผ่านหมู่ที่ 3, 4 และ 5 ตำบลทะเลน้อย ไม่ได้ใช้ประโยชน์ในการเกษตร แต่ใช้ติดต่อทางเรือในละแวกหมู่บ้านทะเลน้อย

3. คลองญวน ไหลเชื่อมต่อระหว่างทะเลน้อยกับคลองปากประอยู่ในเขตหมู่ที่ 2 ตำบลพนางตุง มีน้ำไหลตลอดปี ใช้เป็นเส้นทางคมนาคมระหว่างหมู่บ้านในตำบลพนางตุงและออกสู่ทะเลหลวง

4. คลองนางเรียม เชื่อมต่อระหว่างทะเลน้อยกับทะเลสาบสงขลา ยังไม่มีความสำคัญทางการเกษตรแต่ใช้เป็นเส้นทางคมนาคม

5. คลองบ้านนาหรือบ้านคูวา มีการใช้ประโยชน์จากน้ำในคลองในหลายลักษณะ ได้แก่ การทำนา การทำประมงและการคมนาคม

1.2.4.4 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของทะเลน้อย มีลักษณะร้อนชื้น มี 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน และฤดูฝน ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (สำนักงานจังหวัดพัทลุง, 2559) โดยในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีฝนตกชุกมากกว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เพราะจังหวัดพัทลุงอยู่ทางด้านตะวันออก ไม่มีภูเขาสูงปิดกั้น จึงได้รับมรสุมเต็มที่ทำให้มีฝนตกชุกโดยเฉพาะระหว่างเดือนตุลาคมถึงธันวาคม โดยมีค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาพัทลุง ในระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558 (ตารางที่ 1-1) ดังนี้

ตารางที่ 1-1 ปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มิลลิเมตร) จังหวัดพัทลุง ในระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2556	58.4	273.1	1.4	198.8	109.4	65.6	37.5	151.8	56.5	252.9	855.7	357.3
2557	49.5	2.6	18.6	73.8	79.3	90.2	27.1	98.0	132.1	341.9	505.4	742.4
2558	45.3	5.7	12.8	164.2	136.5	94.2	185.5	88.2	174.6	222.1	571.8	344.3

ที่มา: (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก, 2559)

1.2.4.5 คุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา

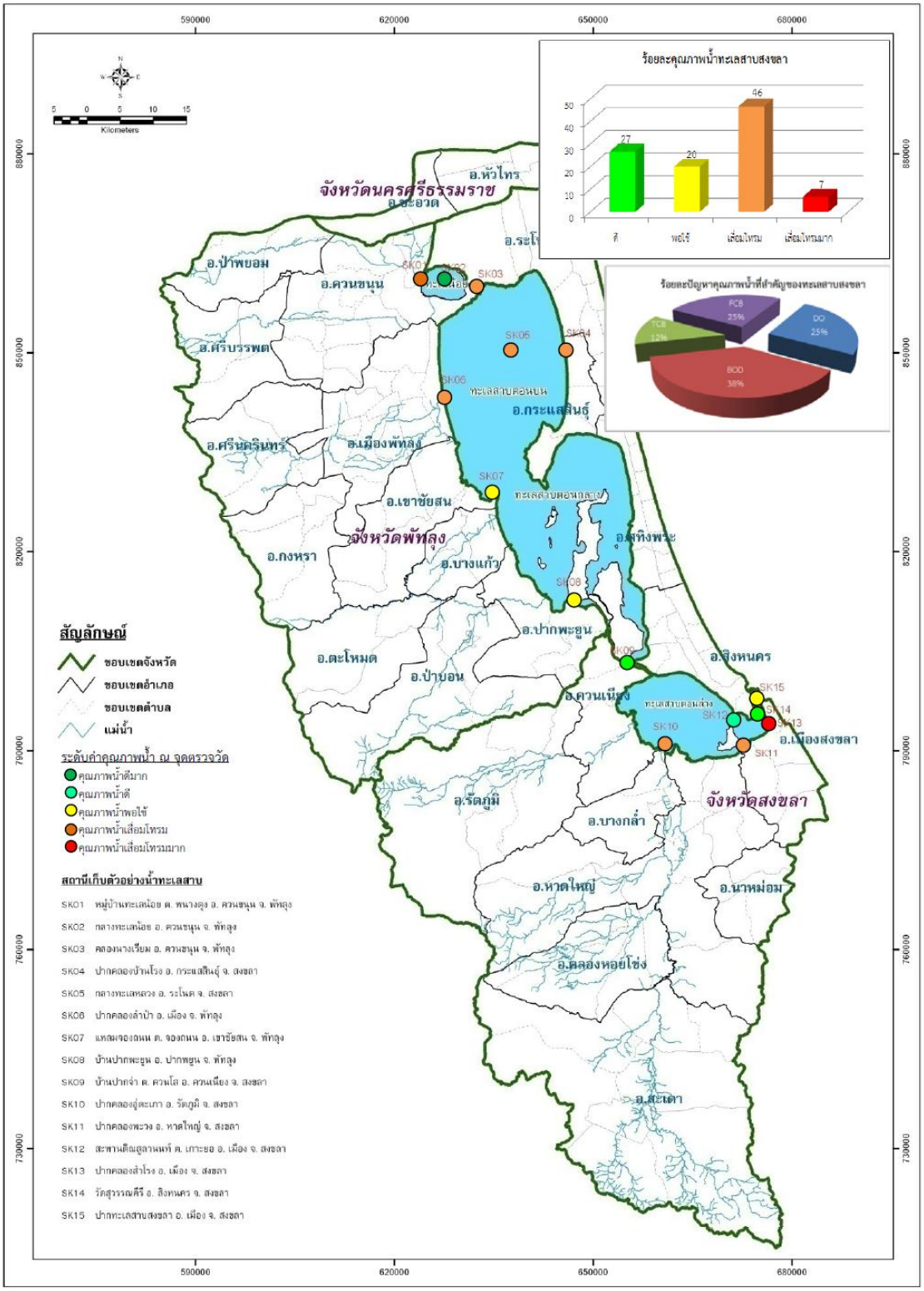
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ได้ดำเนินการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก ครั้งที่ 3 (รูปที่ 1-5) ดำเนินการตรวจวัดในช่วงวันที่ 30 เมษายน – 4 พฤษภาคม 21 -23 และ 27 – 28 พฤษภาคม 2555 ซึ่งเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำในฤดูร้อน ผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา (ตารางที่ 1-2) พบว่า บริเวณที่คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีคือ กลางทะเลน้อยและบริเวณที่คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมคือ หมู่บ้านทะเลน้อย กลางทะเลหลวง คลองนางเรียม และปากคลองต่างๆ ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2555)

ตารางที่ 1-2 สรุปคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา ครั้งที่ 3 ปีงบประมาณ 2555

เกณฑ์คุณภาพน้ำ	บริเวณ	ร้อยละคุณภาพน้ำจากจุดเก็บตัวอย่าง
ดี	กลางทะเลน้อย บ้านปากจำปา สะพานติณสูลานนท์ วัดสุวรรณคีรี	27
พอใช้	แหลมจองถนน บ้านปากพะยูน ปากทะเลสาบสงขลา	20
เสื่อมโทรม	หมู่บ้านทะเลน้อย คลองนางเรียม ปากคลองบ้านโรง กลางทะเลหลวง ปากคลองลำปำ ปากคลองอู่ตะเภา ปากคลองพะวง	46
เสื่อมโทรมมาก	ปากคลองสำโรง	7

ที่มา: (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2555)

<u>หมายเหตุ</u> เกณฑ์คุณภาพน้ำประเมินจาก 4 พารามิเตอร์ คือ ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ แบคทีเรียในกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และออกซิเจนละลายน้ำ



รูปที่ 1-5 จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลา ประจำปีงบประมาณ 2555

ที่มา: (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16, 2555)

1.2.4.6 พืชน้ำชนิดเด่นในทะเลน้อย

พื้นที่ส่วนที่เป็นทะเลสาบน้ำจืดของทะเลน้อย มีพืชน้ำหลากหลายชนิด เช่น กง สาหร่ายต่างๆ กระจูด ผักตบชวา และบัวชนิดต่างๆ กระจายไปทั่วผืนน้ำ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีน้ำขังตลอดปี โดยพบพืชพันธุ์ที่มีท่อลำเลียงจำนวน 56 ชนิด 45 สกุล 24 วงศ์ สำหรับพืชพันธุ์เด่นที่พบทั่วไปในทะเลน้อย ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายข้าวเหนียว สาหร่ายพุงชะโด สาหร่ายเส้นด้าย บัวหลวง บัวสาย บัวเผื่อน จูดหนู แห้วทรงกระเทียม กง จอกหูหนู และผักตบชวา เป็นต้น (จิรารัตน์, 2555) ทำให้ทะเลน้อยมีความสวยงาม จนกลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญอีกแห่งหนึ่งของภาคใต้

1.2.5 แหล่งที่มาของโลหะหนักในทะเลน้อย

1.2.5.1 การทำผลิตภัณฑ์จักสานกระจูด

การสานกระจูดของชาวบ้านในพื้นที่ชุมชนทะเลน้อยและบริเวณโดยรอบป่าพรุควนเคร็งมีมาตั้งแต่ในอดีตโดยเริ่มจากการสานกระจูดเพื่อเป็นเครื่องใช้สอยภายในครัวเรือน ต่อมาในช่วง พ.ศ. 2530 ชาวบ้านเริ่มหันมาให้ความสนใจในการนำกระจูดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น และในช่วงพ.ศ. 2540 เป็นต้นมา รัฐบาลมีนโยบายสนับสนุนด้านการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ชุมชน “หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์” ส่งผลให้ชาวบ้านหันมาสานกระจูดเป็นอาชีพเพื่อนำไปจำหน่ายสร้างรายให้แก่ตนเองมากขึ้น นอกจากนี้ชาวบ้านยังได้ทำการย้อมสีกระจูดเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีสันเพิ่มความน่าสนใจและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น เมื่อน้ำทิ้งจากสีย้อมถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักจากผลิตภัณฑ์สีย้อมออกไปยังธรรมชาติได้

จากการศึกษาของ อานอบ (2542) รายงานการปนเปื้อนของตะกั่วและโครเมียมในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระจูดที่ทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง จากการเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 10 ตัวอย่าง ในเดือนพฤศจิกายน 2541, กุมภาพันธ์ 2542 และมิถุนายน 2542 พบปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 0.050-0.123 ppm ,uค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.082 ppm ซึ่งเกินค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมิใช่ทะเลที่ยินยอมให้มีได้คือ 0.05 ppm และปริมาณโครเมียมอยู่ในช่วง 0.002-0.068 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.025 ppm ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่ยินยอมให้มีได้คือ 0.05 ppm เช่นเดียวกับตะกั่ว

1.2.5.2 การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง

ป่าพรุควนเคร็ง ตั้งอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างลุ่มน้ำปากพนังตอนล่างและตอนบนของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ป่าพรุควนเคร็งมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 195,545 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดพัทลุง จังหวัดสงขลา และจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย

เดิมพรุควนเคร็งเป็นพรุที่มีความอุดมสมบูรณ์ และมีความหลากหลายทางชีวภาพ ชาวบ้านจึงเข้าไปใช้ประโยชน์จากพรุควนเคร็งในการทำมาหากิน และยังเป็นแหล่งวัตถุดิบกระจูดที่สำคัญในการนำมาทำผลิตภัณฑ์จากกระจูด แต่ปัจจุบันป่าพรุควนเคร็งถูกบุกรุกเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย มีการขยายตัวของบ้านเรือนและชุมชน ตลอดจนการขยายหรือเพิ่มพื้นที่ในการทำการเกษตร ประกอบกับพื้นที่ป่าพรุบางแห่งถูกรบกวนเป็นประจำและมีไฟเผาผลาญชั้นอินทรีย์วัตถุจนเกือบหมดสิ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพดินในพื้นที่อย่างรุนแรง นอกจากนี้การขยายตัวของพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ภาคใต้ที่ผ่านมาไม่ว่าจะเป็น ยางพารา หรือปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้เกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าพรุเพื่อนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้น ซึ่งพืชเศรษฐกิจเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ต้องการน้ำในปริมาณสูง และมีการใช้ปุ๋ยและสารปราบศัตรูพืชค่อนข้างมาก ทำให้พื้นที่ป่า และลักษณะทางนิเวศเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะต่อคุณภาพน้ำและดินในพื้นที่

ปิยวรรณและประวิทย์ (2556) ศึกษาผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและดินในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.59 – 5.71 ส่วนน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 2.00 – 5.78 ซึ่งมีสภาพเป็นกรดเป็นไปตามลักษณะโดยทั่วไปของพื้นที่ป่าพรุ แต่จะมีค่าเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปบ้างตามลักษณะของระบบนิเวศ และรูปแบบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ เช่น การเผาไหม้ในป่าพรุ การทำนา การปลูกพืชเศรษฐกิจ การใช้ปุ๋ย และสารกำจัดศัตรูพืช แต่การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและดินในพื้นที่ไม่ได้ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ของประชาชนมากนักในปัจจุบัน เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่ไม่ได้ใช้น้ำในพรุเพื่อการบริโภคและการเกษตรมากนัก นอกจากนี้ประชาชนส่วนใหญ่ได้ปรับเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิตให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาพื้นที่ป่าพรุ

ป่าพรุที่ผ่านการรบกวนจากมนุษย์ และได้มีการพัฒนาเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ นั้น ปรากฏว่า ดิน น้ำ และสภาพแวดล้อมในพื้นที่ป่าได้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับคุณภาพดินและน้ำในพื้นที่ป่าพรุ (ชรินทร์ และจินตนา, 2536) ได้แก่

1. ดินแปรสภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด เนื่องจากดินเป็นดินอินทรีย์ ซึ่งเป็นชั้นของรากพืชที่ล้มตายและอยู่ในระหว่างการสลายตัวทับถมกันอยู่ในบริเวณผืนป่าใต้ชั้นดินเลนมีสารประกอบไพไรท์ (FeS_2) สะสมอยู่ระหว่างอนุภาคชั้นดิน ในสภาพธรรมชาติที่มีน้ำท่วมขังดินและน้ำจะยังไม่มีสภาพเป็นกรด แต่เมื่อน้ำถูกระบายออก ดินเริ่มแห้งสารประกอบไพไรท์จะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน (H_2SO_4) และสารประกอบจาโรไซท์ ($KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$) ในระยะนี้ดินจะแสดงฤทธิ์เป็นกรดอย่างรุนแรง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินประมาณ 3 – 4 เท่านั้น

2. ดินเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเมื่อดินได้รับความร้อนสูงหรือถูกเผาไหม้ธาตุอาหารบางอย่าง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแตสเซียม และแมกนีเซียม ถูกปลดปล่อยออกมาโดยกระบวนการแปรสภาพสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งปริมาณของธาตุอาหารที่ปลดปล่อยออกมามีปริมาณที่น้อยมาก

3. ดินหมดสภาพในการที่จะอุ้มน้ำ ดูดซับ และปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เกิดจากการเผาวัชพืชทำให้ดินแห้งลงถึงระดับที่ไม่มีความชื้นเหลืออยู่ในอนุภาคของดินเลยทำให้การเจริญเติบโตของต้นพืชหยุดชะงักไป

4. น้ำมีฤทธิ์เป็นกรด บริเวณพื้นที่ป่าพรุที่ถูกรบกวนจากมนุษย์เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ และดินแปรสภาพเป็นดินเปรี้ยว กรดที่แทรกตัวอยู่ระหว่างอนุภาคของดินจะละลายออกสู่ท้องน้ำเป็นเหตุให้มีสภาพเป็นกรดและมีรสเปรี้ยวไปด้วย ซึ่งโดยทั่วไปค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าประมาณ 4 – 5 น้ำมีสีดำคล้ำจนถึงสีน้ำตาลปนดำ ขุ่นข้นสกปรก ไม่เหมาะสำหรับใช้บริโภคในครัวเรือน

1.2.6 พืชน้ำ

1.2.6.1 พืชน้ำที่ทำการศึกษา

จากการสำรวจชนิดสาหร่ายและพืชน้ำในพื้นที่ทะเลน้อยเบื้องต้น พบพืชน้ำที่มีการแพร่กระจายในปริมาณมากได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด บัวสาย และบัวเผื่อน ซึ่งมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ (สุชาดา, 2542; จีรภา, 2555; อรุณีและคณะ, 2555; องค์การสวนพฤกษศาสตร์, ม.ป.ป.)

1. สาหร่ายพุงชะโด (*Ceratophyllum demersum*)

มีการจำแนกตามอนุกรมวิธานดังนี้

Division Magnoliophyta

Class Magnoliopsida

Order Nymphaeales

Family Ceratophyllaceae

Genus *Ceratophyllum*

Species *demersum*

ลักษณะทั่วไป: เป็นสาหร่ายน้ำจืดที่มีอายุหลายฤดู ไม่มีราก ลำต้นผอมยาวเป็นเส้นเล็ก ตามข้อมีใบออกมาโดยรอบเป็นชั้นแตกกิ่งก้านมากจนดูเป็นกลุ่มใหญ่ใต้ผิวน้ำ ใบเป็นเส้น ขอบใบจักหยาบ ปลายใบแตกเป็น 2 แฉก ขอบใบจักแบบฟันเลื่อยปลายใบแหลม ดอกเดี่ยว แยกเพศแต่อยู่ต้นเดียวกันมีขนาดเล็ก เกิดที่ซอกโคนใบ ดอกเพศผู้เห็นได้ชัดมีแต่เกสรเพศผู้สีขาวอยู่เป็นกระจุก ไม่มีกลีบดอก ไม่มีก้านดอก ส่วนดอกเพศเมียจะเห็นชัดเจนเมื่อติดผลแล้ว ผลเป็นรูปไข่สีดำ มีหนามยื่นยาว 3 อัน

การกระจายพันธุ์: พบทั่วไปในหนอง บึง คู อ่างเก็บน้ำและนาข้าว

2. สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*)

มีการจำแนกตามอนุกรมวิธานดังนี้

Division Magnoliophyta

Class Liliopsida

Order Hydrocharitales

Family Hydrocharitaceae

Genus *Hydrilla*

Species *verticillata*

ลักษณะทั่วไป: ลำต้นมีลักษณะเป็นสาย ยาวเรียว ตามความลึกของระดับน้ำหรือทอดยาวไปตามแนวขนานใต้ผิวน้ำ อาจยาวถึง 3 เมตร แตกกิ่งก้านมาก รากยึดพื้นดิน ใบเป็นแผ่นบาง เรียวยาวขนาดเล็ก ไม่มีก้านใบ ขอบใบหยักเป็นซี่เล็กๆ ใบแตกรอบข้อของลำต้นเป็นชั้น ชั้นละ 3 – 8 ใบ ความกว้างของใบประมาณ 2 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 10 – 15 มิลลิเมตร ใบมีสีเขียวแก่ เส้นกลางใบสีแดง ดอกตัวเมียและดอกตัวผู้อยู่ในต้นเดียวกัน (Monoecious plant) ดอกตัวผู้มีขนาดเล็กสีเขียวอมม่วงเป็นดอกเดี่ยว มีก้านดอกสั้น มีกลีบดอก 3 กลีบ กลีบรอง 3 กลีบ ดอกออกตามซอกใบใต้น้ำ ดอกตัวเมียจะออกตามซอกใบเช่นกัน แต่จะมีก้านดอกยาวส่งขึ้นมาบานเหนือน้ำ มีสีขาวขนาดใหญ่กว่าดอกตัวผู้ มีกลีบดอก 3 กลีบ กลีบเลี้ยง 3 กลีบ กลีบเลี้ยงและกลีบดอกโป่งอวบน้ำ ทำให้สามารถลอยอยู่บนผิวน้ำได้ดี แม้จะเกิดกระแสน้ำดอกก็จะไม่จมน้ำ

การกระจายพันธุ์: ชอบขึ้นตามคูน้ำ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ พบที่ระดับความลึกของน้ำ 0.6 – 1.0 เมตร pH ของน้ำ6.0-7.3 อุณหภูมิของน้ำ 25-30 องศาเซลเซียส ลักษณะพื้นเป็นดิน

โคลนปนทราย เป็นพืชที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี จึงพบว่ามีการแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว

3. บัวเผื่อน (*Nymphaea stellata*)

มีการจำแนกตามอนุกรมวิธานดังนี้

Division Magnoliophyta

Class Magnoliopsida

Order Nymphaeales

Family Nymphaeaceae

Genus *Nymphaea*

Species *stellata*

ลักษณะทั่วไป: เป็นพืชน้ำอายุข้ามฤดู ลำต้นเป็นหัวใต้ดินมีขนาดเล็ก แผ่นใบมีรูปไข่กว้างเกือบกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 – 20 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นคลื่น ฐานใบเว้าลึก เส้นใบไม่นูน ใบลอยบนผิวน้ำเรียงเป็นวง ดอกเป็นดอกเดี่ยวขนาดเล็ก ชูเหนือน้ำเล็กน้อย กลีบดอกปลายแหลมมี 8 - 16 กลีบ เรียงซ้อนชั้นกัน 2 - 3 ชั้น เมื่อดอกบานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 - 10 เซนติเมตร มีก้านดอกยาว มีกลีบเลี้ยง 4 กลีบ เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก ผลกลมมีเมล็ดขนาดเล็กจำนวนมาก

การกระจายพันธุ์: แหล่งน้ำนิ่งทั่วไป บึง อ่างเก็บน้ำสระน้ำ

4. บัวสาย (*Nymphaea lotus*)

มีการจำแนกตามอนุกรมวิธานดังนี้

Division Magnoliophyta

Class Magnoliopsida

Order Nymphaeales

Family Nymphaeaceae

Genus *Nymphaea*

Species *lotus*

ลักษณะทั่วไป: เป็นพืชน้ำอายุหลายปี มีเหง้าอยู่ใต้ดินรากฝังอยู่ในโคลนเลน ก้านใบยาว แผ่นใบมีลักษณะกลม ไม่ยกสูงขึ้นเหนือน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร ขอบใบหยักและแหลม ผิวด้านบนเป็นมัน ด้านล่างมีขนนุ่ม ดอกเป็นดอกเดี่ยว เมื่อบานเต็มที่จะมีความกว้างประมาณ 15-20 เซนติเมตร ก้านดอกคล้ายก้านใบ ดอกมีกลีบเลี้ยง 4 กลีบ สีเขียวคล้ำปนน้ำตาล ลักษณะของกลีบดอกคล้ายหอก มีสีชมพูเข้ม สีขาว หรือสีม่วงแดง แตกต่างกันไปตามแต่ละชนิด

การกระจายพันธุ์: พบตามแหล่งน้ำจืดทั่วไป

1.2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชน้ำ

พืชน้ำโดยทั่วไปสามารถเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของพืชน้ำมีด้วยกันหลายประการ (กองประมงน้ำจืด, 2538) คือ

1. แสงสว่าง (Light) มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของพืชน้ำและเป็นตัวช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงในการเจริญเติบโตของพืชน้ำ ซึ่งพืชน้ำแต่ละชนิดมีความต้องการแสงในปริมาณที่แตกต่างกัน

2. อุณหภูมิ (Temperature) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่ขยายตัวของพืชน้ำแตกต่างกัน พืชน้ำบางชนิดเติบโตได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ บางชนิดเติบโตได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง แต่โดยทั่วไปพืชน้ำส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิระหว่าง 25 – 29 องศาเซลเซียส

3. ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของพืชใต้น้ำ โดยเป็นการลดปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงของพืชใต้น้ำ เนื่องจากสารแขวนลอยในน้ำจะปิดกั้นไม่ให้แสงส่องลงไปได้ลึกทำให้การเจริญเติบโตของพืชใต้น้ำลดลง

4. ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) พืชน้ำจะสามารถใช้ธาตุอาหารได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ำหรือสูงเกินไปจะให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี พืชน้ำส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 6.5 – 7.4

5. ความกระด้างของน้ำ (Hardness) มีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด- ด่าง พืชน้ำทั่วไปเติบโตได้ดีในน้ำที่มีลักษณะเป็นน้ำกระด้างเล็กน้อย (0 – 75 มิลลิกรัมต่อลิตร) หรือกระด้างปานกลาง (75 – 150 มิลลิกรัมต่อลิตร)

6. ปริมาณก๊าซ (Gas Content) ก๊าซที่สำคัญต่อพืชน้ำคือ ก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) พืชใช้ก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เมื่อไม่มีแสงสว่างและการสังเคราะห์แสงหยุดลงพืชน้ำที่อยู่ในน้ำจะดูดซึมออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนพืชน้ำที่เจริญอยู่เหนือผิวน้ำจะดูดซึมจากบรรยากาศโดยตรง ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พืชจะใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อละลายน้ำจะได้กรดคาร์บอนิกเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างและความกระด้างของน้ำเปลี่ยนไปด้วย

7. ธาตุอาหารในน้ำ (Minerals) ธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อพืชน้ำคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเช่นเดียวกับพืชบก พืชน้ำทั่วไปจะใช้ไนโตรเจนในรูปของสารประกอบ เช่น แอมโมเนีย หรือไนเตรท ส่วนฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจะอยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตเป็นส่วนใหญ่ สารประกอบประเภทนี้มีความสำคัญมากในปัจจุบันคือ สารประกอบโพลีฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่ใช้ในการผลิตผงซักฟอก เมื่อถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำจะเกิดการสะสม ทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้น้ำในแหล่งน้ำเน่าเสีย

8. การเคลื่อนที่ของน้ำ (Movement of Water) เกิดจากการไหลของกระแสน้ำหรืออิทธิพลจากกระแสลมในแหล่งน้ำพัดพาธาตุอาหารไปยังบริเวณต่างๆ ของแหล่งน้ำ และพัดพาตะกอนไปกองรวมกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพื้นท้องน้ำ

9. พื้นท้องน้ำ (Nature of Substratum) พื้นผิวด้านล่างของแหล่งน้ำแต่ละแหล่งมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน บางแหล่งน้ำอาจเป็นกรวด ทราย หิน หรือโคลน พื้นผิวแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำแต่ละชนิด

1.2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.7.1 การศึกษาโลหะหนักในน้ำ

ประดิษฐ์ และเสาวณี (2535) วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดที่มีน้ำเสียจากชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรม นำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิควิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิตรีแบบพ่นสารโดยตรง (direct aspiration) สำหรับวิเคราะห์ธาตุทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และแมงกานีส แบบไอเย็น (cold vapour) สำหรับวิเคราะห์ปรอท และแบบไฮไดรด์เจเนอเรชัน (hydride generation) สำหรับวิเคราะห์ธาตุเซเลเนียม

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (2555) ตรวจวัดโลหะหนัก จำนวน 6 จุดคือ หมู่บ้านทะเลน้อย คลองนางเรียมปากคลองลำป่า ปากคลองอู่ตะเภา ปากคลองสำโรง และปากทะเลสาบสงขลา โดยทำการตรวจโลหะหนักจำนวน 9 พารามิเตอร์ ได้แก่แคดเมียม โครเมียม แมงกานิส นิกเกิล ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง ปรอท และสารหนู พบเกินเกณฑ์มาตรฐาน 2 พารามิเตอร์ คือ โครเมียม และสารหนู ซึ่งตรวจพบโครเมียมเกินเกณฑ์มาตรฐาน บริเวณหมู่บ้านทะเลน้อย ปากคลองลำป่า และปากคลองอู่ตะเภา และตรวจพบสารหนูเกินเกณฑ์มาตรฐาน บริเวณปากคลองสำโรง

Cicek, et al. (2008) วิเคราะห์ค่าระดับตะกั่วในน้ำ บริเวณทะเลสาบ Uluabat ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำตั้งอยู่ในประเทศตุรกี โดยทำการศึกษาในระหว่างเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2004 และเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 2005 จากสถานีเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 12 สถานี พบว่า ปริมาณตะกั่วในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.149-0.377 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าปริมาณตะกั่วที่พบมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของตุรกี (Turkish Environmental Guidelines)

Obodai, et al. (2011) ศึกษาปริมาณของโลหะหนักในน้ำจากทะเลสาบ 2 แห่ง ในประเทศกานา ได้แก่ ทะเลสาบ Benya และทะเลสาบ Nakwa ด้วยวิธี Cold Vapour Atomic Absorption Technique พบว่า ปริมาณสารหนูในน้ำในทะแลสาบ Benya แลทะเลสาบ Nakwa มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.058±0.05 และ 0.004±0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบปริมาณตะกั่วในน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.672±0.01 และ 0.583±0.01 ตามลำดับ

1.2.7.2 การศึกษาโลหะหนักในดินตะกอน

ประดิษฐ์ (2542) ศึกษาปริมาณสารหนู ตะกั่ว ปรอท สังกะสี และแคดเมียม ในดินตะกอนจากทะเลสาบสงขลา โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอนจากทะเลสาบสงขลา ในจุดที่มีน้ำเสียจากชุมชนและเป็นแหล่งอุตสาหกรรม 9 จุด ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2539 วิเคราะห์หาค่าตะกั่ว สังกะสีและแคดเมียมด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิตรีแบบพ่นสายโดยตรง วิเคราะห์หาค่าปรอทใช้แบบไอเย็น และวิเคราะห์หาค่าสารหนู แบบไฮไดร์ด์เจเนอเรชัน ซึ่งพบว่า ดินตะกอนในทะเลสาบสงขลามีค่าตะกั่วและสารหนู อยู่ในช่วง 26.55 – 92.75 และ 0 – 2.50 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ปิยวรรณ (2549) ศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักบางชนิดในตะกอนทะเลสาบสงขลา โดยเก็บตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ทะเลสาบสงขลาทั้งระบบ ได้แก่ ทะเลน้อย ทะเลสาบตอนในทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอก ผลการศึกษา พบว่า ทะเลน้อยมีการสะสมสารอินทรีย์สูงสุด และแม้ว่าโลหะที่ศึกษาเกือบทุกตัวในตะกอนทะเลน้อยจะมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่น แต่ก็ยังมีค่าต่ำกว่า Thailand proposed guideline

Begum et al. (2009) วิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอนจากทะเลสาบ Madivala ตั้งอยู่ในรัฐ Karnataka ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศอินเดีย ทำการเก็บตัวอย่างในเดือนมิถุนายน ค.ศ. 2008 และทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนด้วยวิธี อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิตรี พบปริมาณโครเมียม นิกเกิล แคดเมียม และตะกั่ว มีค่าอยู่ในช่วง 0.75-2.455, 1.57-6.60, 1.52-5.42 และ 1.10-7.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยแหล่งที่มาของโลหะหนักที่พบคาดว่าเกิดมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ได้แก่ การทำเกษตรกรรม การใช้วัสดุที่มีการเคลือบผิวด้วยกระบวนการทางไฟฟ้า และการใช้น้ำมันหล่อลื่น จากบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับทะเลสาบ

Sompongchaiyakul and Sirinawin (2007) ศึกษาสารหนูบริเวณผิวหน้าดินตะกอน ในระบบนิเวศทะเลสาบสงขลา โดยทำการศึกษาในระหว่างเดือนตุลาคม ค.ศ. 2003 ถึงเดือนมกราคม ค.ศ. 2004 จากการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 74 สถานี พบว่าปริมาณสารหนูในทะเลน้อย ทะเลสาบสงขลาตอนในและตอนกลาง และทะเลสงขลาตอนนอก มีค่าอยู่ในช่วง 5.7-10.8, 3.7-10.8 และ 5.1-25.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

1.2.7.3 การศึกษาปริมาณโลหะหนักในพืชน้ำ

กาญจนภาชน์ และคณะ (2527) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในสาหร่ายทะเลของไทย สาหร่ายทะเลที่นำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้จากการเก็บจากที่ขึ้นอยู่ในธรรมชาติบริเวณชายฝั่งทะเล ทั้งด้านตะวันออก และตะวันตกของอ่าวไทย ซึ่งได้แก่จังหวัดตราด ระยอง ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี สงขลา และนราธิวาส ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกรกฎาคม 2523 ตัวอย่างสาหร่ายที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สีเขียว สีน้ำตาล และสีแดง โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์หาปริมาณได้แก่ แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ปรอท ตะกั่ว และสังกะสี โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิตรี ปริมาณโลหะหนักที่พบคือ แคดเมียม อยู่ในช่วงระหว่าง 0.20 – 1.44, โครเมียม 1 – 46, ทองแดง 0.9 – 50.0, ปรอท 0 – 59 และสังกะสี 15 – 377 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ยุพดี (2545) ศึกษาความสามารถการดูดซับโลหะหนักแต่ละชนิดคือทองแดง ตะกั่ว และสารหนู โดยวัสดุสาหร่ายทะเลที่มีมากในอ่าวปัตตานีคือ สาหร่ายผมนาง (*Gracilaria fisheri*) และสาหร่ายผักกาด (*Ulva reticulate*) วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์พบว่า สาหร่ายผมนางมีค่าความสามารถสูงสุดในการดูดซับโลหะหนัก ($Q_m \pm$ SD) สำหรับทองแดง ตะกั่ว และสารหนู เท่ากับ 16.10 ± 0.46 มิลลิกรัมต่อกรัม, 1.20 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 133.0 ± 6.0 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ค่า Q_mของสาหร่ายผักกาดคือ 14.64 ± 0.42 มิลลิกรัมต่อกรัม, 1.22 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 128.0 ± 5.0 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ทวีรัชต์ (2546) ศึกษาปริมาณสังกะสี และทองแดงที่สะสมในสาหร่ายทะเลบางชนิด บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543 โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่นแอนาลิสท์100 ทำการเปรียบเทียบปริมาณสังกะสีและทองแดงในสาหร่ายสกุล *Enteromorpha*กับ *Sargassum*บริเวณหาดผาแดง และระหว่างสาหร่ายสกุล*Sargassum* กับ *Padina*บริเวณหาดบ้านเพ พบว่าสาหร่ายต่างชนิดกัน แม้จะอยู่บริเวณเดียวกัน มีการสะสมสังกะสีและทองแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และในแต่ละเดือนพบว่าสาหร่ายทะเลมีการสะสมสังกะสีและทองแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อรอิงค์ (2551) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในผักบุ้งและผักกระเฉด บริเวณแม่น้ำท่าจีน โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้งคือ เดือนมีนาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2549 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก ตามลำดับ จำนวนทั้งสิ้น 38 สถานี นำมาวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี พบว่า ในผักบุ้ง มีค่าอยู่ระหว่าง ND - 0.22, ND - 2.42, 0.69 – 8.42 และ 18.38 – 94.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งและในผักกระเฉด มีค่าอยู่ระหว่าง ND – 0.30, ND – 1.50, 2.00 – 13.13 และ 16.33 - 78.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณโลหะหนักในผักบุ้งและผักกระเฉดส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

กมลพรรณ และคณะ (2552) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulvaintestinalis* Linnaeus) จากพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และจังหวัดจันทบุรี วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่สาหร่ายดูดซับด้วยวิธี ICP – MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry) พบว่า สาหร่ายไส้ไก่มีปริมาณโลหะหนักค่อนข้างสูง และโลหะหนักบางชนิดมีค่าเกินมาตรฐาน โดยมีปรอท ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และสารหนู มีค่าเท่ากับ 0.077 – 0.341, 2.6 – 10.2, 6.2 – 297.12, 6.6 – 16.87, 0.13 – 11.5 และ 0.237 – 5.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

จากการศึกษาข้างต้น กล่าวได้ว่า ปริมาณโลหะหนักในพืชน้ำแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชน้ำ ฤดูกาล และความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของพืชน้ำแต่ละชนิด

1.2.7.4 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับปริมาณโลหะหนักโดยสาหร่าย

สุดสาคร (2541) ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพบริเวณลุ่มน้ำทะเลน้อย กล่าวว่า pH ของน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ พืชน้ำสามารถใช้ธาตุอาหารในน้ำได้ดีหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับค่าระดับ pH ถ้าค่า pH มีระดับที่ต่ำมาก เช่น ต่ำกว่า 4.5 จะทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี

หทัยชนก (2551) ศึกษาการดูดซับโลหะหนักจากแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยใช้สาหร่ายพุงชะโด พบว่า สาหร่ายพุงชะโดมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับทางชีวภาพในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ เนื่องจากสาหร่ายพุงชะโดสามารถดูดซับโลหะหนักได้ที่ช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างกว้างเหมาะกับน้ำทิ้งที่มีความเป็นกรดอ่อนๆ และเป็นเบสอ่อนๆ คือ น้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง pH 6 – 9 โดย pH ที่สาหร่ายสามารถดูดซับตะกั่วได้ดีที่สุดคือ ที่ pH เท่ากับ 7 และ 9 แต่ที่ pH เท่ากับ 9 เป็นสภาวะที่เป็นเบสทำให้มีผลต่อเซลล์ของสาหร่าย และจากสภาวะความเป็นเบสทำให้ตะกั่วเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ทำให้พบปริมาณตะกั่วในสารละลายน้อยลง

Yoonaiwong (2013) ศึกษาการดูดซับทองแดง แคดเมียม และตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยสาหร่ายหางกระรอก และสาหร่ายข้าวเหนียวปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมคลอไรด์ พบว่ามีความสามารถในการดูดซับสูงกว่าไม่ปรับสภาพ และพบว่าปัจจัยด้านสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) เริ่มต้นมีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับแตกต่างกัน โดยที่ pH ระดับ 4 – 6 มีประสิทธิภาพต่อการดูดซับสูงขึ้น ในขณะที่ pH ระดับต่ำกว่า 4 ให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดลง ทั้งนี้ยังพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซับอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาข้างต้น จะเห็นได้ว่า pH เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับปริมาณโลหะหนัก โดยประสิทธิภาพของการดูดซับของพืชน้ำจะลดลง เมื่อค่า pH มีค่าต่ำกว่า 4 หรือกล่าวได้ว่าค่า pH มีผลต่อการแตกตัวของไอออนของสารประกอบที่เป็นกรดหรือเบสในการดูดซับ เมื่อสารละลายหรือตัวดูดซับอยู่ในสภาพที่เป็นกรดจะทำให้ความสามารถในการดูดซับมีแนวโน้มลดลง ซึ่งตรงข้ามกับสารละลายหรือตัวดูดซับที่มีค่าเป็นด่างจะทำให้ความสามารถในการดูดซับที่มากขึ้น (ดัดแปลงมาจากวรชาติ, 2555)

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสะสมของสารหนูและตะกั่ว ในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารหนูและตะกั่วที่สะสมอยู่ในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิดในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงการสะสมของปริมาณสารหนูและตะกั่ว ในน้ำ ตะกอนดินและพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

2. ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและวิจัยต่อไป

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ – อุปกรณ์

ภาคสนาม

- เครื่องหาพิกัดบนพื้นโลกแบบมือถือ (GPS) ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPSmap 62s Thai
- เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature Meter) แบบพกพา ยี่ห้อ WTW รุ่น pHTestr20
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) แบบพกพา ยี่ห้อ WTW รุ่น pHTestr20
- เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen Meter) ยี่ห้อ YSI รุ่น Pro20
- อุปกรณ์วัดความเค็ม (Portable Refractometer) แบบพกพา
- อุปกรณ์ตักดินตะกอน (Ekman Grab)
- ถุงโพลีเอทิลีน (Polyethylene)
- กล่องทึบใส่น้ำแข็งสำหรับเก็บรักษาตัวอย่างในภาคสนาม
- ขวดโพลีเอทิลีน ขนาดความจุ 1 ลิตร

ห้องปฏิบัติการ

- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
- หลอดทดลอง (Test Tube) ขนาด 125 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 10 มิลลิลิตร
- โกร่งบด (Mortar and Pestle)
- ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
- กระดาษกรอง Whatman No.1

- เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง

- ตู้แช่แข็ง (Freezer) ยี่ห้อ Sanyo

- เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer(ICP-OES)

ยี่ห้อ Perkin Elmer Optima รุ่น 4300 DV

- น้ำกลั่น Deionized

- โถดูดความชื้น (Desiccator)

- ปิเปต และไมโครปิเปต

สารเคมี

- กรดไนตริกเข้มข้น (conc. HNO_3)

- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ (30% H_2O_2)

- Multi-Element Calibration Standard 3 ยี่ห้อ Perkin Elmer

2.2 พื้นที่ศึกษา

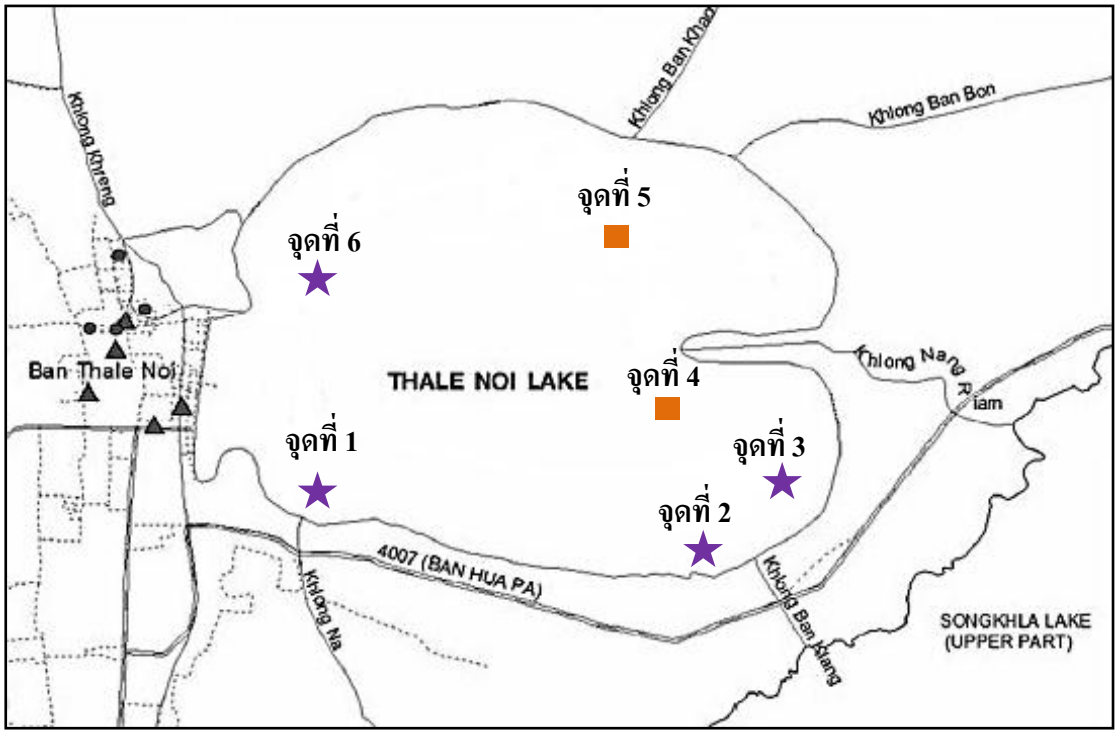
พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำคือ ทะเลน้อย ตั้งอยู่ในตำบลพนางตุง และตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง (รูปที่ 2-1) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ และดินตะกอน จากบริเวณปากคลองต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับทะเลน้อย รวมทั้งทำการเก็บพืชน้ำในจุดที่พบการเจริญเติบโตของพืชน้ำ เนื่องจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างมีการแพร่กระจายของชนิดและปริมาณพืชน้ำที่แตกต่างกัน จึงทำการเก็บพืชน้ำชนิดที่มีการแพร่กระจายจำนวนมากในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง โดยแบ่งสถานีเก็บตัวอย่างออกเป็น 6 สถานี (ตารางที่ 2-1) และทำการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 4 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 เก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม พ.ศ. 2558

ครั้งที่ 2 เก็บตัวอย่างในเดือนเมษายน พ.ศ. 2558

ครั้งที่ 3 เก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558

ครั้งที่ 4 เก็บตัวอย่างในเดือนตุลาคมพ.ศ. 2558



หมายเหตุ ★ เก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำ

■ เก็บตัวอย่างเฉพาะน้ำ และดินตะกอน เนื่องจากเป็นบริเวณที่ไม่พบพืชน้ำ

รูปที่ 2-1แผนที่แสดงสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณทะเลน้อย

ตำบลพนางตุง และตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก (Meksuwan et al., 2011)

ตารางที่ 2-1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบริเวณทะเลน้อย

จุดที่	พิกัด		บริเวณที่เก็บตัวอย่าง	ตัวอย่างที่เก็บ
	x	y		
1	0624723	0861114	ปากคลองญวน	น้ำ ดินตะกอน และสาหร่ายพุงชะโด
2	0629462	0858684	ปากคลองบ้านกลาง	น้ำ ดินตะกอน และบัวเผื่อน
3	0629385	0859152	ปากคลองบ้านกลาง	น้ำ ดินตะกอน และบัวสาย
4	0629083	0860628	ปากคลองนางเรียม	น้ำ และดินตะกอน
5	0628299	0862843	ปากคลองหน้าแหลม	น้ำ และดินตะกอน
6	0624954	0861277	ปากคลองมาบพ้อ	น้ำ ดินตะกอน และสาหร่ายหางกระรอก

มีการใช้ประโยชน์จากคลองต่างๆ ซึ่งเชื่อมต่อกับทะเลน้อย ตามสถานีเก็บตัวอย่างในแต่ละสถานี ดังนี้

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1 คลองญวนตั้งอยู่ในเขต ต.พนางตุง อ.ควนขนุน จ.พัทลุง ไหลเชื่อมต่อระหว่างทะเลน้อยกับคลองปากประแล้วจึงไหลออกสู่ทะเลหลวง มีการใช้ประโยชน์เพื่อเป็นเส้นทางคมนาคมระหว่างหมู่บ้านใน ต.พนางตุง

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2 และ 3 คลองบ้านกลางมีการใช้ประโยชน์เพื่อการคมนาคม เนื่องจากเป็นเส้นทางที่เชื่อมต่อกับทะเลหลวงหรือทะเลสาบสงขลาตอนบน บริเวณปากคลองที่เชื่อมต่อกับทะเลน้อยยังเป็นแหล่งที่ชาวบ้านใช้ในการเลี้ยงควายน้ำ โดยชาวบ้านจะนำควายน้ำมาปล่อยให้หากินและอาศัยอยู่ในทะเลน้อยตลอดวัน

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 4 คลองนางเรียม เป็นคลองขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นคลองสำคัญที่ชาวบ้านใช้เป็นเส้นทางคมนาคม แต่ยังไม่มีความสำคัญทางด้านการเกษตร

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 5 คลองหน้าแหลม รับน้ำโดยตรงมาจากพรุควนเคร็งซึ่งเป็นแหล่งที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม และรับน้ำจากคลองป่าพะยอมโดยมีต้นกำเนิดแหล่งน้ำมาจากเทือกเขาบรรทัดไหลผ่าน อ.ป่าพะยอม (ลุ่มน้ำสาขาคลองป่าพะยอม) ที่มีการปล่อยน้ำเสียจากการเลี้ยงปศุสัตว์ อ.ควนขนุนและ อ.เมืองพัทลุงผ่านพรุควนเคร็งและทะเลน้อยก่อนที่จะไหลออกสู่ทะเลหลวง

สถานีเก็บตัวอย่างที่ 6 คลองมาบพ้อ เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียโดยตรงจากบ้านเรือนโดยไหลผ่านหมู่ที่ 3, 4 และ 5 ต.ทะเลน้อยและจากบ้านเรือนที่อาศัยอยู่โดยรอบทะเลน้อย

2.3 การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

2.3.1 การเก็บตัวอย่างพืชน้ำ

เก็บตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) สาหร่ายพุงชะโด (*Ceratophyllum demersum*) บัวหลวง (*Nymphaea lotus*) และบัวเผื่อน (*Nymphaea stellata*) ตามจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด ประมาณ 5 – 10 กรัม บรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน นำไปแช่ในน้ำแข็งจนกว่าจะถึงห้องปฏิบัติการเพื่อรักษาสภาพตัวอย่างพืชน้ำ แล้วเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์

2.3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุดด้วยขวดโพลีเอทิลีน ปริมาตร 1 ลิตร ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณผิวน้ำ โดยเก็บที่ระดับต่ำกว่าผิวหน้าน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร ทำการ Rinse ขวดเก็บตัวอย่างด้วยน้ำตัวอย่าง 2 - 3 ครั้ง ก่อนทำการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง เติมกรดไนตริกเข้มข้น 2 มิลลิลิตร ลงในขวดน้ำตัวอย่าง เพื่อลดปฏิกิริยาการแยกตัวเป็นตะกอนและการดูดซับ แช่ขวดตัวอย่างในน้ำแข็งจนถึงห้องปฏิบัติการ เมื่อถึงห้องปฏิบัติการทำการเก็บรักษาน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3.3 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

เก็บตัวอย่างดินตะกอนจุดละ 3 ซ้ำ โดยใช้ Ekman Grab นำตัวอย่างดินตะกอนทั้ง 3 ซ้ำ มารวมกันและบรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน ประมาณถุงละ 0.50 กิโลกรัม ปิดปากถุงให้สนิท แช่น้ำแข็งจนกว่าจะถึงห้องปฏิบัติการ แล้วเก็บรักษาตัวอย่างในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์

2.3.4 การวัดคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำ

- ทำการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำได้แก่ วัดอุณหภูมิด้วย Temperature Meter แบบพกพา

- ทำการตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมีของน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำคือ วัดค่าความเค็มด้วย Portable Refractometer แบบพกพาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย pH Meter แบบพกพา และวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำด้วย Dissolved Oxygen Meter

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 การเตรียมตัวอย่างพืชน้ำ

นำสาหร่าย (รวมทั้งต้น) และบัว (เฉพาะส่วนก้าน) ที่แช่เย็นไว้มาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ปราศจากโคลนทราย และสิ่งอื่นๆ ที่เกาะติดอยู่ จากนั้นนำตัวอย่างที่ล้างสะอาดแล้วมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วมาบดให้เป็นผงละเอียด เก็บใส่ถุงโพลีเอทิลีน แล้วนำไปเก็บในโถดูดความชื้น

2.4.2 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยนำดินใส่ถุงโพลีเอทิลีน เปิดปากถุงอบในตู้อบลมร้อนจนกว่าดินจะแห้ง จากนั้นนำมาบดละเอียดร่อนด้วยตะแกรงขนาดตา 0.63 มิลลิเมตร บรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีน ปิดปากถุงให้สนิท นำไปเก็บในโถดูดความชื้น ระหว่างรอนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วตามวิธี AOAC Official Method (AOAC, 2005)

2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

2.5.1 การเตรียมสารละลายจากตัวอย่างดินตะกอนและพืชน้ำ

ย่อยตัวอย่างดินตะกอน และพืชน้ำทำโดยการชั่งน้ำหนักดินตะกอน 0.3 กรัม และพืชน้ำ 0.5 กรัมใส่ในหลอดทดลอง เติม Conc. HNO_3 2 มิลลิลิตร นำไปย่อยในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที เติม 30% H_2O_2 0.5 มิลลิลิตรย่อยต่อในอ่างควบคุมอุณหภูมิประมาณ 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วกรองด้วยกระดาษ Whatman No.1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น Deionized water ให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใน Volumetric Flask เทลงในหลอดทดลองเพื่อรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2.5.2 การเตรียม Standard curve และการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่ว

เตรียมจากสารละลายมาตรฐาน Multi-Element calibration standard 3 ซึ่งสารละลายมีองค์ประกอบของ Ag, Al, As, Ba, Be, Bl, Ca, Cd, Co, Cl, Cs, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, U, V และ Zn ปริมาตร 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นDeionized water ให้ได้ค่าความเข้มข้นที่ 0 (ค่าของน้ำกลั่นdeionized water), 0.01, 0.05, 0.1, และ1 ppm จากนั้นนำสารละลายมาตรฐานที่ได้ รวมทั้งน้ำตัวอย่างและสารละลายจากดินตะกอนและพืชน้ำไปวิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง ตามวิธี AOAC Official Method (AOAC, 2005) ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES) ยี่ห้อ Perkinelmerรุ่น Optima 4300 DV โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารหนูและตะกั่วที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection: LOD) คือ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เป็นการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและสารหนูที่ตรวจวัดได้จากในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำ ในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง สถิติที่ใช้คือ การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum)

2. วิเคราะห์ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละสถานี โดยนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคู่สถานีด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3. การวิเคราะห์การถดถอยอย่าง่าย (Simple regression analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำ กับค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่าง

4. วิเคราะห์การสะสมทางชีวภาพ (Bioconcentration factor: BCF) โดยการเปรียบเทียบปริมาณสารหนูและตะกั่วที่สะสมอยู่ในพืชน้ำแต่ละชนิดซึ่งคำนวณจากสูตร (Kulkarni, et.al., 2014; Ndeda and Manohar, 2014) ดังนี้

$$BCF = \frac{\textbf{Total conc. of Heavy metal in aquatic plant}}{\textbf{Total conc. of Heavy metal in sediment}}$$

บทที่ 3

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

3.1 ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำ

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง ในพ.ศ. 2558 จากสถานีเก็บตัวอย่างจำนวน 6 สถานี โดยทำการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง ในเดือนมกราคม เดือนเมษายน เดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม ได้ผลดังนี้

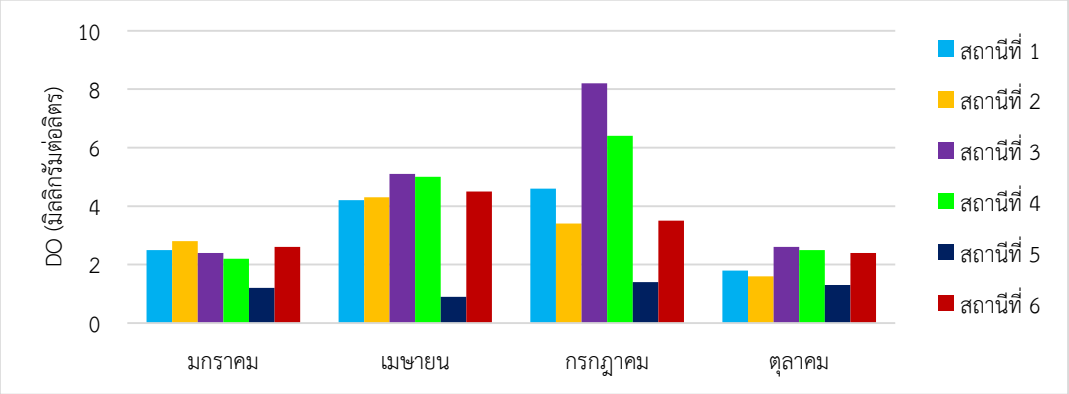
3.1.1 ความเค็ม (Salinity)

จากการศึกษาพบว่าความเค็มมีค่าเป็น 0 พีพีที ตลอดทั้งปี ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าความเค็มจากการศึกษาของสมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์ (2547) ที่ศึกษาสภาพอุทกศาสตร์และการรุกของน้ำเค็มในทะเลน้อย พบว่าความเค็มในทะเลน้อยในปี 2546 มีค่าความเค็มอยู่ระหว่าง 0.0-0.9 พีพีที โดยมีค่าสูงในเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม และมีสภาพเป็นน้ำจืดในระหว่างเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการรุกของน้ำเค็มในทะเลน้อย ได้แก่ อิธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง การระเหยของน้ำ การใช้น้ำในทะเลน้อย การพัฒนาการคมนาคมทางน้ำ การขุดลอกและการตื้นเขินในทะเลน้อย และการชะล้างความเค็มในฤดูฝน ทั้งนี้สาเหตุที่ความเค็มในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเป็น 0 พีพีที โดยแม้ว่าจะเป็นช่วงฤดูแล้งซึ่งโดยทั่วไปจะมีปริมาณน้ำท่าน้อยแต่จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอุตุนิยมวิทยาพัทลุง (ตารางที่ 1-1) (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก, 2559) จะเห็นได้ว่าในช่วงเดือนเมษายนและกรกฎาคม ปี 2558 มีปริมาณน้ำฝนสูงขึ้นกว่าในปี 2557 ซึ่งปริมาณน้ำฝนจะช่วยพัดพาความเค็มที่มาจากอิธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณทะเลหลวงออกไปและระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเค็มในทะเลน้อยลดลงอย่างมากทำให้ความเค็มมีค่าเป็น 0 พีพีที ตลอดทั้งปี สอดคล้องกับการวิจัยของศิริวัฒน์ สันติเมธวิรุฬ และเจียมจิตร ขวัญแก้ว (ม.ป.ป.) ศึกษาคุณภาพน้ำรอบทะเลสาบสงขลา พ.ศ.2535-2539 พบว่าน้ำมีความเค็มเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับการหนุนของน้ำทะเลและปริมาณน้ำฝนตลอดปี

3.1.2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen: DO)

จากการศึกษาพบปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.9-8.2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2±1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำสุดที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 5 (บริเวณใกล้ปากคลองหน้าแหลม) ของเดือนเมษายน และพบปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3 (บริเวณใกล้ปากคลองบ้านกลาง) ของเดือนกรกฎาคม (รูปที่ 3-1)

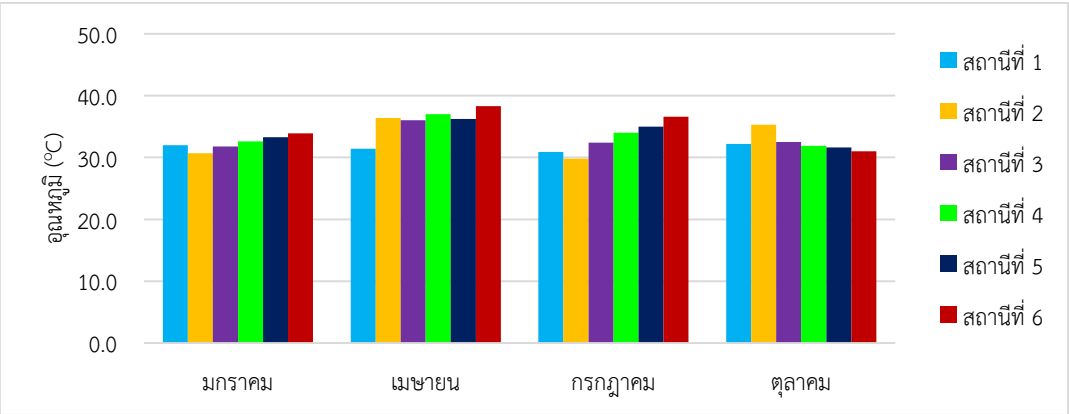
เมื่อทำการทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละสถานีไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05)



รูปที่ 3-1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ บริเวณทะเลน้อย

3.1.3 อุณหภูมิ (Temperature)

จากการศึกษาพบอุณหภูมิน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 29.8-38.3 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.5±2.4 องศาเซลเซียส โดยพบอุณหภูมิของน้ำต่ำสุดที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 2 (บริเวณใกล้ปากคลองบ้านกลาง) ของเดือนกรกฎาคม และพบอุณหภูมิของน้ำสูงสุดที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 6 (บริเวณใกล้ปากคลองมาบพ้อ) ของเดือนเมษายน (รูปที่ 3-2) เมื่อทำการทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าอุณหภูมิน้ำในแต่ละสถานีไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05)

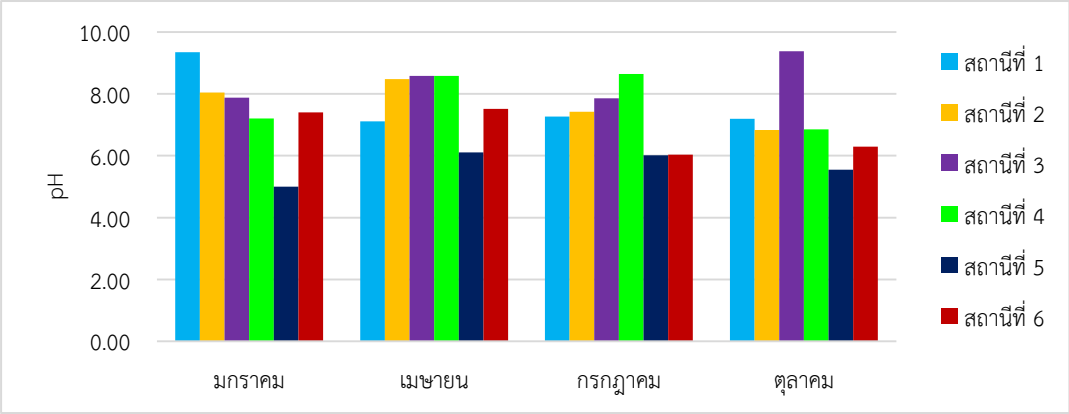


รูปที่ 3-2 อุณหภูมิน้ำ บริเวณทะเลน้อย

3.1.4 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 5.00-9.38 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.36±1.15 โดยพบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ำสุดที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 5 (บริเวณใกล้ปากคลองหน้าแหลม) ของเดือนมกราคม และพบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสูงสุดที่สถานีเก็บตัวอย่างที่ 3 (บริเวณใกล้ปากคลองบ้านกลาง) ของเดือนตุลาคม (รูปที่ 3-3) เมื่อทำการทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในแต่ละสถานีแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในทะเลน้อยจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าต่ำสุดอยู่ในสถานีที่ 5 (บริเวณปากคลองหน้าแหลม) ในทุกๆ เดือนที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.00-6.11 สถานีที่ 5 เป็นบริเวณที่มีพื้นที่ติดต่อกับป่าพรุควนเคร็งซึ่งมีชาวบ้านบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดังกล่าวเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย และขยายหรือเพิ่มพื้นที่ในการทำการเกษตร เมื่อสภาพแวดล้อมในป่าพรุถูกรบกวนส่งผลทำให้คุณภาพดินและน้ำในป่าพรุเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งได้แก่ ดินแปรสภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด ดินเกิดการเปลี่ยแปลงทางเคมีและน้ำมีฤทธิ์เป็นกรด (ชรินทร์และจินตนา, 2536) สอดคล้องกับการศึกษาของปิยวรรณ เนื่องมัจฉา และประวิทย์ เนื่องมัจฉา (2556) ศึกษาผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและดินในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งพบว่าดินและน้ำบริเวณป่าพรุควนเคร็งมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.59-5.71 และ 2.00-5.78 ตามลำดับ จากสาเหตุดังกล่าวค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำนี้จึงคาดว่ามาจากการชะล้างหน้าดินผ่านบริเวณป่าพรุซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเป็นกรดสูงก่อนไหลลงสู่ทะเลน้อย ทำให้น้ำบริเวณนี้มีค่าความเป็นกรดสูงกว่าบริเวณอื่นๆ



รูปที่ 3-3 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ บริเวณทะเลน้อย

3.2 ปริมาณสารหนูในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด

3.2.1 สารหนูในน้ำ

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณสารหนูในน้ำ ในช่วงเดือนมกราคม เดือนเมษายน และเดือนตุลาคม มีค่าต่ำจนไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ (ND) มีเพียงตัวอย่างน้ำจากเดือนกรกฎาคมเท่านั้นที่สามารถวิเคราะห์ค่าปริมาณสารหนูในน้ำได้ โดยปริมาณสารหนูในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.001-0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 3-1) ปริมาณสารหนูในน้ำมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในสถานีที่ 2 บริเวณใกล้กับปากคลองบ้านกลาง สถานีที่ 5 บริเวณใกล้กับปากคลองหน้าแหลมและสถานีที 6 บริเวณใกล้กับปากคลองมาบพ้อ และพบปริมาณสารหนูในน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในสถานีที่ 4 ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้กับปากคลองนางเรียม และจากการทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ปริมาณสารหนูในน้ำในแต่ละสถานีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

สถานีที่ 4 พบปริมาณสารหนูในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง ND-0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาจากลักษณะพื้นที่และการใช้ประโยชน์ของคลองนางเรียม ไม่พบว่ามีการใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร และตลอดทั้งลำคลองไม่มีการตั้งของโรงงาน หรือแหล่งกำเนิดมลพิษอื่นๆ ทั้งนี้ปริมาณสารหนูที่พบในน้ำมีค่าค่อนข้างต่ำซึ่งคาดว่าการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำบริเวณนี้อาจมาจากการผุกร่อนของชั้นหินตามแหล่งธรรมชาติ ซึ่งโดยทั่วไปในธรรมชาติมักพบสารหนูในรูปสารประกอบกับธาตุอื่นๆ (วิโรจน์ และนิตินัย, ม.ป.ป.) ทำให้ค่าที่ได้มีค่าน้อยและมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละสถานี

ตารางที่ 3-1 ปริมาณสารหนูในน้ำบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

สถานี	ปริมาณสารหนูในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)				เฉลี่ย±SD
	มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	ND	ND	0.007	ND	0.002±0.004
2	ND	ND	0.001	ND	0.000±0.001
3	ND	ND	0.004	ND	0.001±0.002
4	ND	ND	0.010	ND	0.003±0.005
5	ND	ND	0.001	ND	0.000±0.001
6	ND	ND	0.001	ND	0.000±0.001
เฉลี่ย±SD	-	-	0.004±0.004	-	

หมายเหตุ: ND = Non-detectable

3.2.2 สารหนูในดินตะกอน

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณสารหนูในดินตะกอนอยู่ในช่วง ND-6.097มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.239±1.916 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ ง-2) ปริมาณสารหนูในดินตะกอนมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในสถานีที่ 5บริเวณใกล้กับปากคลองหน้าแหลมและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในสถานีที่ 6 บริเวณใกล้กับปากคลองมาบพ้อ และจากการทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ปริมาณสารหนูในดินตะกอนในแต่ละสถานีแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3-2)

สถานีที่ 6 พบปริมาณสารหนูในดินตะกอนอยู่ในช่วง 4.506-5.521 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.878±0.443 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนตุลาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน เมื่อพิจารณาจากลักษณะพื้นที่และการใช้ประโยชน์ของคลองมาบพ้อ พบว่าบริเวณนี้เป็นแหล่งที่ตั้งของชุมชนซึ่งมีประชากรอาศัยอยู่จำนวนมากทำให้คลองมาบพ้อกลายเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากบ้านเรือนไหลลงสู่ทะเลน้อย น้ำทิ้งส่วนมากมาจากการชำระซักล้างซึ่งประกอบไปด้วยสบู่ ผงซักฟอก รวมทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันที่เกิดจากเศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกง เศษพืช เป็นต้น (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2555) จึงมีสารอินทรีย์จำนวนมากเป็นส่วนประกอบอยู่ในน้ำทิ้ง จากนั้นสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งกับสารหนูที่อยู่ในแหล่งน้ำจะทำการจับตัวกันและจมลงสู่พื้นท้องน้ำเป็นสาเหตุให้บริเวณนี้มีการสะสมของสารหนูในดินตะกอนมากกว่าสถานีอื่นๆ

ตารางที่ 3-2 ปริมาณสารหนูในดินตะกอนบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

สถานี	ปริมาณสารหนูในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)				เฉลี่ย±SD
	มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	6.097	1.934	3.282	5.211	4.131±1.878[b]
2	0.554	1.185	0.598	2.524	1.215±0.919[a]
3	1.246	0.295	0.657	2.465	1.166±0.951[a]
4	1.515	1.937	ND	2.232	1.421±0.992[a]
5	0.472	0.551	0.064	1.398	0.621±0.560[a]
6	4.756	5.521	4.730	4.506	4.878±0.443[b]
เฉลี่ย±SD	2.440±2.385	1.904±1.898	1.555±1.971	3.056±1.470	

หมายเหตุ: ND = Non-detectable, ค่าเฉลี่ยแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT (อักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ)

3.2.3 สารหนูในพืชน้ำบางชนิด

3.2.3.1 สาหร่ายพุงชะโด

ทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายพุงชะโดในสถานีที่ 1 บริเวณปากคลองญวนจาก การศึกษาพบว่า ปริมาณสารหนูในสาหร่ายพุงชะโดมีค่าอยู่ในช่วง 0.452-2.263 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.576±0.784 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือน ตุลาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม (ตารางที่ 3-3)

3.2.3.2 บัวเผื่อน

ทำการเก็บตัวอย่างบัวเผื่อนในสถานีที่ 2 บริเวณปากคลองบ้านกลาง จากการ วิเคราะห์ตัวอย่างบัวเผื่อน พบว่าปริมาณสารหนูในบัวเผื่อนในทุกๆ เดือนมีค่าต่ำจนไม่สามารถ วิเคราะห์ค่าได้ (ND) (ตารางที่ 3-3)

3.2.3.3 บัวสาย

ทำการเก็บตัวอย่างบัวสายในสถานีที่ 3 บริเวณปากคลองบ้านกลาง จากการ วิเคราะห์ตัวอย่างบัวสาย พบว่าปริมาณสารหนูในบัวสายในทุกๆ เดือนมีค่าต่ำจนไม่สามารถวิเคราะห์ ค่าได้ (ND) (ตารางที่ 3-3)

3.2.3.4 สาหร่ายหางกระรอก

ทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอกในสถานีที่ 6 บริเวณปากคลองมาบพ้อ จาก การศึกษาพบว่าปริมาณสารหนูในสาหร่ายหางกระรอกมีค่าอยู่ในช่วง 1.096-2.374 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.558±0.560 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าต่ำสุดอยู่ใน เดือนกรกฎาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนตุลาคม (ตารางที่ 3-3)

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ปริมาณสารหนูที่พบในสาหร่ายพุงชะโดและสาหร่ายหาง กระรอกมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการทดสอบทางสถิติด้วยการทดสอบที (T-test) พบว่าปริมาณสาร หนูในพืชน้ำทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 3-3 ปริมาณสารหนูในพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

สถานี	พืชน้ำ	ปริมาณสารหนูในพืชน้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)				เฉลี่ย±SD
		มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	สาหร่ายพุงชะโด	1.715	1.874	2.263	0.452	1.576±0.784
2	บัวเผื่อน	ND	ND	ND	ND	
3	บัวสาย	ND	ND	ND	ND	
4		-	-	-	-	
5		-	-	-	-	
6	สาหร่ายหางกระรอก	1.372	1.391	1.096	2.374	1.558±0.560

หมายเหตุ: ND = Non-detectable

3.3 ปริมาณตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด

3.3.1 ตะกั่วในน้ำ

จากการศึกษาพบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำมีค่าต่ำจนไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ (ND) ในทุกสถานีของเดือนเมษายน และเดือนตุลาคมสามารถหาค่าปริมาณตะกั่วในน้ำได้ในเดือนมกราคม และเดือนกรกฎาคม โดยปริมาณตะกั่วในน้ำอยู่ในช่วง ND-0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.004±0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ ง-1) ปริมาณตะกั่วในน้ำมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในสถานีที่ 6 บริเวณใกล้กับปากคลองมาบพ้อ และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในสถานีที่ 5 บริเวณใกล้กับปากคลองหน้าแหลม (ตารางที่ 3-4) และจากการทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ปริมาณตะกั่วในน้ำในแต่ละสถานีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

สถานีที่ 5 พบปริมาณตะกั่วในน้ำอยู่ในช่วง ND-0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.007±0.008 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนเมษายนและเดือนตุลาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนมกราคม โดยในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่าง (เดือนกรกฎาคมและเดือนตุลาคม) พบว่า มีคราบน้ำมันลอยกระจายอยู่บริเวณผิวน้ำ และเมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์บริเวณคลองหน้าแหลม พบมีการวางเครื่องมือประมงบริเวณริมฝั่งคลองจำนวนมาก โดยชาวบ้านจะใช้เรือยนต์เพื่อเป็นพาหนะในการเข้ามาทำการประมงในพื้นที่ทะเลน้อย ด้วยเหตุนี้ตะกั่วในน้ำที่พบในบริเวณนี้จึงอาจเกิดการปนเปื้อนตะกั่วมาจากการแพร่กระจายของควันจากเครื่องยนต์เรือในอากาศ การเติมน้ำมัน หรือจากการรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง (อานอบ, 2542) นอกจากนี้คลองหน้าแหลมยังเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากลุ่มน้ำย่อยคลองป่าพะยอมที่ไหลผ่านเขตอำเภอป่าพะยอม

อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุงลงพรุควนเคร็งและไหลลงสู่ทะเลน้อยต่อไป (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (เอกชน), 2555) น้ำเสียจากบ้านเรือนและแหล่งชุมชนรวมทั้งสารกำจัดศัตรูพืชจากการเกษตรในพื้นที่ป่าพรุอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วสู่แหล่งน้ำในบริเวณนี้

ตารางที่ 3-4 ปริมาณตะกั่วในน้ำบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

สถานี	ปริมาณตะกั่วในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)				เฉลี่ย±SD
	มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	0.012	ND	ND	ND	0.003±0.006
2	0.014	ND	0.002	ND	0.004±0.007
3	0.014	ND	0.002	ND	0.004±0.007
4	0.014	ND	0.002	ND	0.004±0.007
5	0.015	ND	0.013	ND	0.007±0.008
6	0.011	ND	0.001	ND	0.003±0.005
เฉลี่ย±SD	0.013±0.020	-	0.003±0.005	-	

หมายเหตุ: ND = Non-detectable

3.3.2 ตะกั่วในดินตะกอน

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนอยู่ในช่วง 9.639-22.382 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.515±2.743 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ ง-2) ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในสถานีที่ 1 บริเวณใกล้กับปากคลองญวน และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในสถานีที่ 4 บริเวณใกล้กับปากคลองนางเรียม (ตารางที่ 3-5) และจากทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนในแต่ละสถานีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

สถานีที่ 4 พบปริมาณตะกั่วในดินตะกอนอยู่ในช่วง 15.280-22.382 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.934±3.079 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน เมื่อพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ของคลองนางเรียมพบว่ามีการใช้ประโยชน์เพื่อการคมนาคมแต่ไม่มีการใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนที่พบอาจเกิดจากตะกั่วซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในน้ำมันเครื่องยนต์เรือเกิดการปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำและจมตัวลงสะสมอยู่ในดินตะกอนพื้นท้องน้ำ นอกจากนี้คลองนางเรียมยังเป็นคลองที่เชื่อมต่อกับทะเลหลวงทำให้มีการระบายน้ำเข้า-ออกสู่ทะเลน้อย (สมบูรณ์, 2547) ซึ่งอาจมี

ตะกั่วจากน้ำทิ้งหรือน้ำเสียจากทะเลหลวงไหลลงสู่ทะเลน้อยและเกิดการสะสมในดินตะกอนเป็นระยะเวลาใดเวลาหนึ่งทำให้ดินตะกอนในสถานีนี้มีค่าสูงกว่าสถานีอื่นๆ

ตารางที่ 3-5 ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

สถานี	ปริมาณตะกั่วในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)				เฉลี่ย±SD
	มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	15.284	16.277	9.639	14.931	14.033±2.984
2	14.237	18.089	14.856	13.898	15.270±1.921
3	15.345	17.391	11.988	11.588	14.078±2.778
4	16.971	22.382	15.280	17.104	17.934±3.079
5	14.175	18.595	16.455	14.555	15.945±2.029
6	12.887	20.014	14.092	16.337	15.833±3.133
เฉลี่ย±SD	14.817±1.386	18.791±2.154	13.718±2.490	14.736±1.942	

3.3.3 ตะกั่วในพืชน้ำบางชนิด

3.3.3.1 สาหร่ายพุงชะโด

ทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายพุงชะโดในสถานีที่ 1 บริเวณปากคลองญวนจากการศึกษาพบว่า ปริมาณตะกั่วในสาหร่ายพุงชะโดมีค่าอยู่ในช่วง 0.505-1.968 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.252±0.736 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนตุลาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน (ตารางที่ 3-6)

3.3.3.2 บัวเผื่อน

ทำการเก็บตัวอย่างบัวเผื่อนในสถานีที่ 2 บริเวณปากคลองบ้านกลาง จากการศึกษาพบว่าปริมาณตะกั่วในบัวเผื่อน มีค่าอยู่ในช่วง ND-1.729 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.704±0.846 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนตุลาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนมกราคม (ตารางที่ 3-6)

3.3.3.3 บัวสาย

ทำการเก็บตัวอย่างบัวสายในสถานีที่ 3 บริเวณปากคลองบ้านกลาง จากการศึกษาพบว่าปริมาณตะกั่วในบัวสายมีค่าอยู่ในช่วง ND-2.252 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 0.697±1.061 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน (ตารางที่ 3-6)

3.3.3.4 สาหร่ายหางกระรอก

ทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอกในสถานีที่ 6 บริเวณปากคลองมาบพ้อ จากการศึกษาพบว่าปริมาณตะกั่วในสาหร่ายหางกระรอกมีค่าอยู่ในช่วง 0.901-2.870 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.477±0.933 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม และมีค่าสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน (ตารางที่ 3-6)

ค่าเฉลี่ยปริมาณตะกั่วที่พบในสาหร่ายหางกระรอก>สาหร่ายพุงชะโด >บัวเผื่อน > บัวสาย และจากการทดสอบทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ปริมาณตะกั่วในพืชน้ำแต่ละชนิด มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 3-6 ปริมาณตะกั่วในพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

สถานี	พืชน้ำ	ปริมาณสารหนูในพืชน้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)				เฉลี่ย±SD
		มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	สาหร่ายพุงชะโด	1.793	1.968	0.742	0.505	1.252±0.736[b]
2	บัวเผื่อน	1.729	1.066	0.019	ND	0.704±0.846[ab]
3	บัวสาย	0.498	2.252	ND	0.038	0.697±1.061[ab]
4		-	-	-	-	
5		-	-	-	-	
6	สาหร่ายหางกระรอก	1.117	2.870	0.901	1.020	1.477±0.933[b]

หมายเหตุ: ND = Non-detectable, ค่าเฉลี่ยแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT (อักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ)

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด กับค่าออกซิเจนละลายน้ำและค่าความเป็นกรดด่าง

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด กับค่าออกซิเจนละลายน้ำและค่าความเป็นกรดด่าง พบว่าค่าต่างๆ มีความสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 3-7) ดังนี้

ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่า pH (r=0.515) ซึ่งค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีความสำคัญต่อการควบคุมการเปลี่ยนแปลง pH ของแหล่งน้ำ โดยความเป็นด่างของน้ำส่วนใหญ่ประกอบด้วย คาร์บอเนตอิออน (CO_3^{2-}) ไบคาร์บอเนตอิออน (HCO_3^-) และไฮดรอกไซด์อิออน (OH^-) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการแตกตัวของคาร์บอนไดออกไซด์ที่รวมอยู่กับน้ำเป็นกรดคาบอร์บอนิค โดยที่ปฏิกิริยาดังกล่าวจะมีทั้งการสร้างและลดไฮโดรเจนอิออนในน้ำ เพื่อเป็นการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ หรือเรียกว่า Buffering Capacity และกระบวนการที่สำคัญที่สุดในการแพร่กระจายของออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ นั่นคือ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำ เนื่องจากโดยทั่วไปการแพร่กระจายของออกซิเจนในแหล่งน้ำมักเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เพราะออกซิเจนสามารถละลายน้ำได้น้อย (Boyd, 1979) ซึ่งในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้น นอกจากจะได้ออกซิเจนแล้วยังเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมด้วยในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำจะทำให้มีออกซิเจนเพิ่มขึ้นและมีคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงในช่วงเวลากลางวัน ส่งผลให้ pH มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงเวลากลางคืน ออกซิเจนจะลดลงและเกิดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากกระบวนการหายใจของสัตว์น้ำ ส่งผลให้ pH มีค่าต่ำลง (King, 1970) สอดคล้องกับการศึกษาของ Araoye (2009) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของ pH และความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำในทะเลสาบ Asa ประเทศไนจีเรีย โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมีนาคม ค.ศ. 2005 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 2006 พบว่าค่า pH และค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก (r=0.54)

ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณสารหนูในน้ำ (r=0.585) อาจเนื่องมาจากสารประกอบสารหนูมีหลายรูปแบบ โดยรูปแบบของสารหนูที่พบและความสามารถในการละลายน้ำของสารหนูนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ ค่า Eh และค่า pH ของน้ำ ซึ่งมักพบสารหนูวาเลนซี 3 ในน้ำที่มีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีเลย และพบสารหนูวาเลนซี 5 ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่ (Gupta and Chen, 1978) ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารหนูในน้ำ

ปริมาณสารหนูในดินตะกอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารหนูในพืช (r=0.707) จากการศึกษาพบ ปริมาณสารหนูในดินตะกอนมีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณสารหนูในพืชน้ำ ด้วยเหตุนี้ ในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารหนูในดินตะกอนสูงจะพบปริมาณสารหนูที่สะสมในพืชสูงด้วยเช่นกัน แต่ปริมาณสารหนูที่พบในพืชน้ำมีค่าน้อยกว่าปริมาณสารหนูในดินตะกอน สอดคล้องกับการศึกษาของ ศิริลักษณ์ บุณมี และลำใย ณีรัตนพันธุ์ (2557) ศึกษาการปนเปื้อนสารหนูในดินตะกอนและพรรณไม้น้ำบริเวณเหมืองแร่ทองคำ “ภูทับฟ้า” อำเภอวังสะดุ้ง จังหวัดเลย โดยมีจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด พบปริมาณสารหนูในดินตะกอนจุดที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 4.547, 229.964 และ 17.117 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบปริมาณสารหนูในบอนมีค่า 0.1076,

0.4058 และ 0.1547 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ปริมาณสารหนูในดินตะกอนและพืชน้ำมีค่าสูงอยู่ในบริเวณเดียวกัน

ปริมาณสารหนูในพืชน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณตะกั่วในพืชน้ำ (r=0.541) จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณสารหนูและตะกั่วในพืชน้ำ แสดงให้เห็นว่าในสาหร่ายพุงชะโดและสาหร่ายหางกระรอกมีความสามารถในการดูดซับปริมาณสารหนูซึ่งพบได้น้อยตามแหล่งน้ำธรรมชาติได้ดี และสามารถดูดซับปริมาณตะกั่วเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อได้ดีด้วยเช่นกัน ซึ่งปริมาณตะกั่วที่พบในสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในบัวเผื่อนและบัวสาย ซึ่งไม่พบปริมาณสารหนูในบัวทั้ง 2 ชนิด จากการศึกษาครั้งนี้ หรืออาจอธิบายได้ว่าในพืชน้ำที่สามารถดูดซับสารหนูได้ดีนั้นจะสามารถดูดซับตะกั่วได้สูงเช่นกัน

ตารางที่ 3-7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด กับค่าออกซิเจนละลายน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่าง

	DO	pH	As น้ำ	As ดินตะกอน	As พืช	Pb น้ำ	Pb ดินตะกอน	Pb พืช
DO		0.515*	0.585*	-0.131	0.068	-0.341	-0.100	0.211
pH			0.175	0.075	-0.047	-0.071	0.051	0.287
Asน้ำ				-0.206	0.092	-0.161	-0.372	-0.208
Asดินตะกอน					0.707*	-0.138	-0.066	0.430
Asพืช						-0.134	-0.181	0.541*
Pbน้ำ							-0.130	-0.024
Pbดินตะกอน								0.191

**หมายเหตุ: ***สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

3.5 การสะสมทางชีวภาพ (Bioconcentration factor: BCF)

ศึกษาการสะสมทางชีวภาพ โดยพิจารณาจากค่า Bioconcentration Factor (BCF) หากค่า BCF ที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าพืชน้ำชนิดนั้นมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนมาสะสมในเนื้อเยื่อพืชได้สูง

จากการศึกษาพบว่า ค่า BCF ของการดูดซับสารหนูและตะกั่วจากดินตะกอนในสาหร่ายหางกระรอก บัวเผื่อน บัวสาย และสาหร่ายหางกระรอกมีค่าต่ำกว่า 1 (ตารางที่ 3-8) ซึ่งค่า

BCF<1 นั้น สามารถอธิบายได้ว่า พืชน้ำที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ชนิดนี้ มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสารหนูและตะกั่วในดินตะกอนมาสะสมในพืชได้น้อย (ปริมาณสารหนูและตะกั่วในพืชน้อยกว่าในดินตะกอน) ทั้งนี้อาจเนื่องมากจาก ปริมาณสารหนูและตะกั่วมีการปนเปื้อนในดินตะกอนในปริมาณที่ไม่สูงมากนัก ทำให้ปริมาณสารหนูและตะกั่วที่เข้าไปสะสมในพืชมีค่า BCF ต่ำกว่า 1 อย่างไรก็ตาม พบว่าค่า BCF ในสาหร่ายหางกระรอก และสาหร่ายพุงชะโด มีค่าสูงกว่าในบัวเผื่อนและบัวสาย นอกจากนี้ยังพบว่าพืชน้ำทั้ง 4 ชนิด มีการดูดซับตะกั่วเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อ มีเพียงสาหร่ายพุงชะโดและสารหร่ายหางกระรอกที่มีการดูดซับสารหนูร่วมด้วย นั่นแสดงให้เห็นว่า เนื้อเยื่อพืชแต่ละชนิดมีความต้องการ และมีความสามารถที่แตกต่างกันในการเลือกดูดซับชนิดของโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินตะกอน จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น สาหร่ายจึงเป็นพืชน้ำที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อการบำบัดน้ำเสียมากกว่าบัว สอดคล้องกับการศึกษาการสะสมทางชีวภาพและประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายโลหะหนักในพืชน้ำในแหล่งที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกันภายในเขื่อน Nairobi ประเทศแคนยา ของ Ndeda and Manohar (2014) โดยพบว่า พืชน้ำที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบอยู่ใต้น้ำ (submerged) มีค่า BCF สูงกว่าพืชน้ำที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบโผล่เหนือน้ำ (emergent)

ตารางที่ 3-8 การสะสมทางชีวภาพของพืชน้ำ

สถานี	พืชน้ำ	BCF (ค่าเฉลี่ย±SD)	
		As	Pb
1	สาหร่ายพุงชะโด	0.507±0.398	0.087±0.041
2	บัวเผื่อน	0	0.045±0.058
3	บัวสาย	0	0.041±0.061
6	สาหร่ายหางกระรอก	0.325±0.137	0.089±0.038

หมายเหตุ: n = 4

3.6 เปรียบเทียบปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพื้นน้ำบริเวณทะเลน้อยกับงานวิจัยอื่นๆ และการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

สารหนู จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณสารหนูในน้ำอยู่ในช่วง ND-0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าต่ำกว่าค่าที่พบในการศึกษาของ ตรีรัตน์ ทองบริบูรณ์ (2540) ซึ่งศึกษาปริมาณสารหนูในน้ำบริเวณตำบลร่อนพิบูลย์ถึงลุ่มน้ำปากพนัง มีค่าระหว่าง ND-0.246 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสารหนูที่มีปริมาณสูงกว่าบริเวณทะเลน้อย เนื่องจากบริเวณพื้นที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดการแพร่กระจายของสารหนูในตำบลร่อนพิบูลย์ สำหรับปริมาณสารหนูในดินตะกอนบริเวณทะเลน้อย

พบมีค่าอยู่ในช่วง ND-6.097 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ ยุพดี ชัยสุขสันต์ (2545) ที่ทำการศึกษาปริมาณสารหนูในดินตะกอนบริเวณแม่น้ำปัตตานี พบมีค่าอยู่ในช่วง 0.5-5.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการศึกษาของ นันทวรรณ อุ่นจางวาง (2557) ที่ทำการศึกษาบริเวณคลองอู่ตะเภา ในฤดูแล้ง ฤดูฝน (ตกน้อย) และฤดูฝน (ตกมาก) พบค่าในช่วง 3.87-17.96, 3.00-15.11 และ 5.80-16.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ค่าปริมาณสารหนูในดินตะกอนที่สูงกว่าในทะเลน้อยนั้น อาจเนื่องมาจากตลอดเส้นทางการไหลของลำน้ำคลองอู่ตะเภามีการใช้ประโยชน์จากน้ำในคลองและการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมคลองมากกว่าบริเวณทะเลน้อย ทั้งเพื่อการคมนาคม การผลิตน้ำประปา อุตสาหกรรมและการเกษตรกรรม รวมทั้งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และจากชุมชนขนาดใหญ่ระดับเทศบาลอีกหลายแห่ง ทำให้คลองอู่ตะเภามีค่าปริมาณสารหนูในดินตะกอนมากกว่าทะเลน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารหนูจากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าผลจากการศึกษาของ ตรีรัตน์ ทองบริบูรณ์ (2540) ซึ่งศึกษาปริมาณสารหนูในดินตะกอนบริเวณตำบลร่อนพิบูลย์ถึงลุ่มน้ำปากพนัง มีค่าระหว่าง 100.7-1,854.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง เนื่องจากบริเวณที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่ใกล้กับแหล่งแพร่กระจายของสารหนูทำให้มีค่าสูงกว่าปริมาณสารหนูในดินตะกอนบริเวณทะเลน้อยมากเป็นอย่างมาก

ตะกั่ว จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณตะกั่วในน้ำอยู่ในช่วง ND-0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณตะกั่วบริเวณแม่น้ำท่าจีน ในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลาก จากการศึกษาของ อรอิงค์ เวชสิทธิ์ (2551) มีค่าอยู่ในช่วง ND-0.10 และ ND-1.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีค่าน้อยกว่าค่าที่พบจากการศึกษาของ Cicek et al. (2008) ซึ่งหาค่าระดับของตะกั่วในน้ำในทะเลสาบ Uluabat ในประเทศตุรกี พบปริมาณตะกั่วในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.149-0.377 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าปริมาณตะกั่วที่มากที่สุดมาจากจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ใกล้กับทางเชื่อมต่อระหว่างทะเลสาบกับแม่น้ำ ดังนั้นในช่วงที่ระดับน้ำในทะเลสาบลดลง น้ำจากแม่น้ำก็จะไหลลงสู่ทะเลสาบโดยอาศัยการไหลย้อนกลับของกระแสน้ำทำให้ปริมาณตะกั่วในบริเวณนี้เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแม่น้ำดังกล่าวเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่มาจากแหล่งชุมชนเมืองโดยตรง อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณตะกั่วในน้ำที่พบมีค่าสูงกว่าปริมาณตะกั่วในทะเลน้อย ส่วนการปนเปื้อนของตะกั่วในดินตะกอนบริเวณทะเลน้อย มีค่าอยู่ในช่วง 9.639-22.382 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงจากการศึกษาของ นันทวรรณ อุ่นจางวาง (2557) ที่ศึกษาบริเวณคลองอู่ตะเภา ในฤดูแล้ง, ฤดูฝน (ตกน้อย) และฤดูฝน (ตกมาก) พบค่าในช่วง 3.44-14.06, 3.85-20.49 และ 7.33-20.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ แต่มีค่าต่ำกว่าปริมาณตะกั่วบริเวณแม่น้ำปัตตานี จากการศึกษาของ ยุพดี ชัยสุขสันต์ (2545) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.47-66.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาจเนื่องจากบริเวณที่ทำการศึกษาเป็นช่วงบริเวณเหมืองแร่เก่า ทำให้มีค่าปริมาณตะกั่วสูงกว่าบริเวณทะเลน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ

ตะกั่วในดินตะกอนจากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าปริมาณตะกั่วที่พบในดินตะกอนจากการศึกษาของ Begum et al. (2009) ที่ทำการศึกษาบริเวณทะเลสาบ Madivala ในรัฐ Karnataka ประเทศอินเดีย พบปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 1.10-7.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

พืชน้ำ จากการศึกษาปริมาณสารหนูและตะกั่วในพืชน้ำตลอดทั้งปีพบว่า ปริมาณสารหนูในสาหร่ายพุงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก มีค่าอยู่ในช่วง 0.452-2.263 และ 1.096-2.374 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนในบัวเผื่อนและบัวสายไม่สามารถหาค่าได้ (ND) โดยปริมาณสารหนูที่พบในสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้อยกว่าปริมาณสารหนูที่พบในงานวิจัยของ กมลพรรณ ไชยทอง และคณะ (2552) จากการศึกษาปริมาณโลหะหนักในสาหร่ายไส้ไก่ จากพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และจังหวัดนนทบุรี โดยพบว่า สาหร่ายไส้ไก่สามารถดูดซับปริมาณโลหะหนักได้ค่อนข้างสูง โดยสารหนูอยู่ในช่วง 0.237-5.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่า สาหร่ายทั้ง 2 ชนิด มีค่าปริมาณสารหนูสูงกว่าในบัว แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายสามารถดูดซับปริมาณสารหนูได้ดีกว่าบัว สอดคล้องกับการศึกษาของ หทัยชนก นันทพานิช (2551) ซึ่งศึกษาการดูดซับโลหะหนักจากแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยสาหร่ายพุงชะโด พบว่าสาหร่ายพุงชะโดมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับทางชีวภาพในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ เนื่องจากสาหร่ายพุงชะโดสามารถดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียได้ที่ช่วงค่า pH กว้าง ส่วนปริมาณตะกั่วในสาหร่ายพุงชะโด บัวเผื่อน บัวสาย และสาหร่ายหางกระรอกมีค่าอยู่ในช่วง 0.505-1.968, ND-1.729, ND-2.252 และ 0.901-2.870 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าจากการศึกษาของ อรอิงค์ เวชสิทธิ์ (2551) ที่ศึกษาโลหะหนักในผักบุ้งและผักกระเฉดบริเวณแม่น้ำท่าจีน ปริมาณตะกั่วในผักบุ้งในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลากมีค่าอยู่ในช่วง 0.41-2.42 และ ND-0.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณตะกั่วในผักกระเฉดมีค่าอยู่ในช่วง 0.52-1.50 และ ND-1.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบปริมาณสารหนูและตะกั่วกับเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าปริมาณสารหนูจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำบริเวณทะเลน้อยมีค่าไม่เกินค่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2535) (ตารางที่ ช-1) ส่วนปริมาณสารหนูในดินตะกอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ (พ.ศ.2556) พบว่าดินตะกอนทะเลน้อยมีการปนเปื้อนของสารหนูไม่เกินค่ามาตรฐาน (9.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งไม่ส่งผลอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสัตว์หน้าดิน และจากการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากตัวอย่างพืชน้ำกับค่ามาตรฐานอาหารที่มีโลหะหนักปนเปื้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) พบปริมาณสารหนูในสาหร่ายพุงชะโด (เดือนกรกฎาคม) และในสาหร่ายหางกระรอก (เดือนตุลาคม) มีค่าเกินจากค่ามาตรฐานที่กำหนด (2.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับการ

เปรียบเทียบปริมาณตะกั่วกับเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าปริมาณตะกั่วจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณตะกั่วที่พบในดินตะกอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินของของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ ไม่พบสถานีที่มีปริมาณตะกั่วเกินจากค่ามาตรฐานที่กำหนด (35.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และจากการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากตัวอย่างพืชน้ำกับค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) พบว่าปริมาณตะกั่ว (1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในพืชน้ำส่วนใหญ่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน ทั้งในสาหร่ายพุงชะโด สาหร่ายหางกระรอก บัวเผื่อนและบัวสาย ซึ่งปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบมีค่าเกินค่ามาตรฐานในสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด อาจไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากไม่ได้นำสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดนี้มาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค แต่นำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหารสัตว์ หรือนำมาเป็นตัวช่วยในการบำบัดน้ำภายในตู้หรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพสัตว์น้ำนั้นๆ แต่ปริมาณตะกั่วที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานในบัวสาย ซึ่งเป็นพืชน้ำที่มีการนำมาบริโภคโดยตรงนั้น อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์โดยตรง หากได้รับการสะสมปริมาณตะกั่วอย่างสม่ำเสมอ หรือได้รับในปริมาณที่มากเพียงพอในช่วงระยะเวลาใดระยะเวลาหนึ่ง

ข้อเสนอแนะในการลดปริมาณสารหนูและตะกั่ว เนื่องจาก จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาณสารหนูและตะกั่วในพืชน้ำส่วนใหญ่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน จึงควรมีการกำจัดหรือบำบัดสารหนูและตะกั่วจากแหล่งที่มาของน้ำเสียต่างๆ ก่อนที่จะทำการปล่อยลงสู่ทะเลน้อย เช่น น้ำเสียจากบ้านเรือนบริเวณโดยรอบทะเลน้อย น้ำทิ้งจากการใช้สีย้อมในงานหัตถกรรมจักสานกระจูด เป็นต้น เพื่อเป็นการช่วยลดปริมาณของสารหนูและตะกั่วที่พืชน้ำจะดูดซับเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อของพืชน้ำ การบำบัดน้ำเสียหรือน้ำทิ้งจากบ้านเรือนก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำมีหลายรูปแบบแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของน้ำทิ้ง โดยจะต้องออกแบบระบบบำบัดให้เหมาะสมกับรูปแบบของน้ำทิ้งนั้นๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการบำบัดสูงที่สุด อีกทั้งเป็นการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการดูแลรักษาสภาวะแวดล้อมของชุมชนอีกด้วย (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, 2555) เมื่อปริมาณสารหนูและตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำในทะเลน้อยลดลง อาจทำให้การสะสมของสารหนูและตะกั่วในพืชน้ำลดลง และผลกระทบต่อสุขภาพที่มนุษย์อาจได้รับจากการบริโภคบัวเผื่อนและบัวสายในพื้นที่ทะเลน้อยก็จะลดลงด้วยเช่นกัน

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

จากผลการศึกษาปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด ได้แก่ สาหร่ายพุงชะโด สาหร่ายหางกระรอก บัวเผื่อนและบัวสาย บริเวณทะเลน้อย โดยมีสถานีเก็บตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 6 สถานี ทำการเก็บตัวอย่างในปี พ.ศ. 2558 ในช่วงเดือนมกราคม เดือนเมษายน เดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม พบว่า มีการปนเปื้อนของสารหนูและตะกั่ว ในน้ำ และดินตะกอน แต่ยังไม่มีจุดที่ควรเฝ้าระวัง เนื่องจากปริมาณสารหนูและตะกั่วที่พบในน้ำและในดินตะกอนมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน สำหรับในพืชน้ำพบมีการปนเปื้อนของตะกั่วสูงในพืชน้ำทุกชนิด ซึ่งมีค่าเกินจากค่ามาตรฐานที่กำหนด จึงควรมีการติดตามและเฝ้าระวังในกลุ่มของพืชน้ำที่มีการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค ได้แก่ บัวเผื่อน และบัวสาย จากสถานีเก็บตัวอย่างที่ 3 และสถานีเก็บตัวอย่างที่ 4 ตามลำดับ

จากการศึกษาการสะสมทางชีวภาพ พบว่า สาหร่ายเป็นพืชน้ำที่มีความเหมาะสมในการนำไปดูดซับโลหะหนักออกจากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนมากกว่าบัว เนื่องจากสาหร่ายสามารถดูดซับโลหะหนักได้ดีกว่าบัวทั้งในด้านปริมาณและชนิดของโลหะหนัก

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาวิเคราะห์รูปแบบทางเคมีของโลหะหนักเพิ่มเติม เพื่อศึกษาว่าปริมาณโลหะหนักที่พบอยู่ในรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้หรือไม่

2. ควรมีการบำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ก่อนปล่อยลงสู่ทะเลน้อย เพื่อลดปริมาณสารหนูและตะกั่วที่จะเข้าไปสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมในทะเลน้อย ทั้งในน้ำ ดินตะกอน พืชน้ำ และสัตว์น้ำ

3. ควรมีการประเมินความเสี่ยงในพืชน้ำที่มีการนำไปบริโภค เพื่อทราบถึงปริมาณการบริโภคที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เมื่อได้รับการสะสมในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง

4. ควรมีการเผยแพร่ข้อมูลปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิดบริเวณทะเลน้อยให้กับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเตรียมความ

พร้อมในการหาวิธีการแก้ไขปัญหา เฝ้าระวังและป้องกันอันตรายจากสารหนูและตะกั่วที่อาจจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมบริเวณทะเลน้อย

บรรณานุกรม

กมลพรรณ ไชยทอง, ชัชรี แก้วสุรลิขิต, ปัทมา ระตะนะอาพร, ชะลอ ลิ้มสุวรรณ และนิติ ชูเชิด. 2552.การศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulvaintestinalis* Linnaeus) ในการดูดซับโลหะหนัก.การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาประมง. กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. 2535. มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html. (สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน 2557).

กระทรวงสาธารณสุข. 2559. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จากhttp://iodinethailand.fda.moph.go.th/food/data/announ_moph/P98.pdf. (สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน 2557).

กองประมงน้ำจืด. 2538. พรรณไม้น้ำในประเทศไทย. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, สุจินต์ ดีแท้ และเติมศักดิ์ โชติวรรณวิรัช. 2527. ปริมาณโลหะหนักในสาหร่ายทะเลของไทย. การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 22: สาขาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

กุลธิดา ถาวรกิจการ และกอบชัย ศิริวัฒน์. 2532. พิษจากตะกั่ว. ความรู้เกี่ยวกับสิ่งเป็นพิษ ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=41(สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2558).

เกษม จันทรูญพงษ์. 2519. ธรณีเคมีของธาตุสารหนูและประโยชน์ในการสำรวจแหล่งแร่. วารสารข่าวสารธรณี 21(12): 36-43.

ขนิษฐ พานชูวงศ์. 2550. ปรอท ตะกั่ว สารหนูโลหะหนักภัยใกล้ตัว. (ออนไลน์). นิตยสารหมอชาวบ้าน 334. เข้าถึงได้จาก http://www.doctor.or.th/article/detail/4102. (สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2557).

จิรารัตน์ พรเทวบัญชา. 2555. การจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง. วิทยานิพนธ์นิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จีรภา ดาทอง. 2555. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อตรวจสอบพันธุ์ลูกผสมบัวประดับและบัวหลวง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ชรินทร์ สมาธิ และจินตนา ขุนบรรพต. 2536. การศึกษาลักษณะทางวนวัฒนวิทยาของพรรณไม้ป่าพรุในจังหวัดนราธิวาส. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้. กรุงเทพฯ.

ชินชาต โปร่งสระ. 2543. ปริมาณโลหะหนักบางชนิด (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ในสัตว์ทะเลที่เป็นอาหารบริเวณชายฝั่งโครงการบำบัดน้ำเสียแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ณพล คงเจริญ. 2556. สารพิษในสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อมนุษย์. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก https://www.gotoknow.org/posts/559728. (สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2559).

ตรีรัตน์ ทองบริบูรณ์. 2540. การปนเปื้อนของสารหนูในพืชน้ำและสัตว์น้ำ บริเวณตำบลร่อนพิบูลย์ถึงลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ทวีรัชต์ ถนอมรอด. 2546. การสะสมโลหะหนักบางชนิดในสาหร่ายทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

นงภัส โฆษวิฑิตกุล. 2555. คู่มือข้อมูลเครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูง ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://cste.sut.ac.th/cste/web1/web/mainfile/downloadfileupdate 86734008241.pdf. (สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2559).

นันทวรรณ อุ่นจางวาง. 2557. การปนเปื้อนสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน บริเวณคลองอู่ตะเภา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

นิธิ ฤทธิพรพันธุ์, บรรจบ นะแส และถาวร ศิริพันธ์. 2525. ลักษณะบางประการของชุมชนทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง. รายงานวิจัย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ประดิษฐ์ มีสุข. 2542. การหาปริมาณสารหนูและโลหะหนักในดินตะกอนจากทะเลสาบสงขลา. วารสาร มหาวิทยาลัยทักษิณ 2(2): 77-82.

ประดิษฐ์ มีสุข และเสาวณี โพชนุกูล. 2535. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา. ปาริชาต 7(1): 6-9.

ปิยวรรณ นาคินชาติ. 2549. การแพร่กระจายของแคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในตะกอน ทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ปิยวรรณ เนื่องมัจฉา และประวิทย์ เนื่องมัจฉา. 2556. ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและดินในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง. รายงานการวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2527. โครงการศึกษาข้อมูลและพัฒนาศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ไมตรี สุทธจิตต์. 2531. สารพิษรอบตัวเรา. ภาควิชาเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ยุพดี ชัยสุขสันต์. 2545. การวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักในแม่น้ำตาปีและการดูดซับทางชีวภาพของโลหะหนักบางชนิดโดยสาหร่ายทะเลและจุลินทรีย์. รายงานการวิจัย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.ปัตตานี.

วรชาติ วิศวพิพัฒน์. 2555. เทคโนโลยีการบำบัดดินปนเปื้อนโลหะหนักด้วยวัสดุฟอสเฟต. แก่นเกษตร 40: 373-378.

วิกันดา ชัยบุตร. 2541. การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำ ดินตะกอนและเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของปลาบางชนิด ในแม่น้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา และนิตินัย ขำมาลัย. ม.ป.ป. สารหนูกับสิ่งแวดล้อม. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://digital.lib.kmutt.ac.th/magazine/issue2/articles/art2.html. (สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2558).

ศิริลักษณ์ บุญมี และลำใย ณีรัตนพันธุ์. 2557. คุณภาพน้ำและการปนเปื้อนสารหนูในตะกอนดินและพรรณไม้น้ำ บริเวณเหมืองแร่ทองคำ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10: 429-435.

ศิริวัฒน์ สันติเมธวิรุฬ และเจียมจิตร ขวัญแก้ว. ม.ป.ป. การวิเคราะห์วิจัยคุณภาพน้ำรอบทะเลสาบสงขลา พ.ศ. 2535-2539. กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ สานักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน.

ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. ม.ป.ป. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งมีพิษ. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=119. (สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2557).

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก. 2559. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีอุตุนิยมวิทยาพัทลุง. ส่วนสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา.

สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. แผนที่สำเร็จรูปพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://slbgis.envi.psu.ac.th/homeindex.php?option=com_content&view=article&id=74:maps&catid=81:maps&Itemid=497. (สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2558).

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (เอกชน). 2555. การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำและแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้งลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. บริษัทแอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ.

สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์. 2547. การศึกษาสภาพอุทกพลศาสตร์และการรุกของน้ำเค็มในทะเลน้อย. รายงานการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สรัญญา สว่างชาติ. 2544. ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำบริเวณป่าชายเลนที่รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. ม.ป.ป. โรคพิษตะกั่ว. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=22&chap=6&page=t22-6-infodetail02.html. (สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2558).

สำนักงานจังหวัดพัทลุง. 2559. ภูมิประเทศ/อากาศ. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://www.phatthalung.go.th/terrain. (สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2559).

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (สงขลา). 2555. รายงานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก ครั้งที่ 3. สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดสงขลา.

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ. 2556. รายงานการศึกษา การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินในแหล่งน้ำผิวดิน. กรมควบคุมมลพิษ. เข้าถึงได้จาก http://infofile.pcd.go.th/waste/wsthaz_annual56.pdf?CFID=2329300&CFTOKEN=59704539. (สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2558).

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. 2555. คู่มือการจัดการน้ำเสียสำหรับบ้านเรือน. ส่วนน้ำเสียชุมชน กรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพฯ.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2542. พรรณไม้น้ำในประเทศไทย. สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุดชาย กำเนิดมณี. 2540. การศึกษาปริมาณโลหะหนักในดิน น้ำ ดินตะกอน และหญ้าขนบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุดสาคร พุกงาม. 2541. การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพบริเวณลุ่มน้ำทะเลน้อย. รายงานวิจัย สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา.

หทัยชนก นันทพานิช. 2551. การดูดซับโลหะหนักจากแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยใช้สาหร่ายพุงชะโด. รายงานการวิจัย สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. อุบลราชธานี.

องค์การสวนพฤกษศาสตร์. ม.ป.ป. ฐานข้อมูลพรรณไม้องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://www.qsbg.org/database/botanic_book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=16-11. (สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2557).

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ, สิริกุล บรรพพงศ์และสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2543. ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

อรอิงค์ เวชสิทธิ์. 2551. การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และพรรณไม้น้ำบางชนิด บริเวณแม่น้ำท่าจีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรุณี รอดลอย, สุจินต์ หนูขวัญ และยุพเยาว์ ลายจันทร์. 2555. ชนิดและการกระจายพันธุ์ของพรรณไม้น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของไทย. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

อานอบ คันฑะชา. 2542. การปนเปื้อนของตะกั่ว และโครเมียมในน้ำทิ้งจากการย้อมสีกระจูดที่ทะเลน้อย. รายงานวิจัย ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา.

AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC International (18thed). In: Horwitz, W. and Latimer, G.W. (eds). Metals and other elements. Gaithersburg: Maryland. pp. 46 – 50.

Araoye, P.A. 2009. The seasonal variation of pH and dissolved oxygen (DO_2) concentration in Asa lake llorin, Nigeria. International Journal of Physical Sciences 4(5): 271-274.

Begum, A., HariKrishna, S. and Khan. I. 2009. Analysis of heavy metals in water, sediment and fish sample of Madivala Lakes of Bangalore, Karnataka. International Journal of Chem Tech Research 1(2): 245-249.

Boyd, C.E. 1979. Water quality in warm water fish pound. Auburn University, Agricultural Experiment Station, Alabama. pp 359.

Browne, F.X., Orr, J.B., Grizzard, T.J. and Weand, B.L. 1982. Non – Point Sources. Water Pollution Control Fed 54(6): 755 – 763.

Cicek, A., Arslan, N., Koc, B., Malkoc, S. and Emiroglu, O. 2008. Determination of Lead Levels in Lake Water, Sediment, Meiobenthos (Chironomidae) and Three Fish

Species from Lake Uluabat (A Ramsar Site in Turkey). The 12th World Lake Conference: p.257-263.

Cutler, J.M. and Rains, D.W. 1974. Characterization of cadmium uptake by plant tissuse. Plant Physiology 54(1): 67 – 71.

Duinker, J.C. and Nolting, R.F. 1978. Mixing, removal and mobilization of trace metals in the Rhine estuary. Netherlands Journal of Sea Research 12(2): 205 – 223.

Ferguson, J.F. and Gavis, J. 1972. A review of the arsenic cycle in natural water. Water Research 6(11): 1259-1274.

Garbarino, J.R., Hayes, H.C., Roth, D.A., Antweiler, C., Brinton, T.I. and Taylor, H.E. 1995. Heavy Metals in the Mississippi River. (Online). Accessed from http://pubs.usgs.gov/circ/circ1133/heavy-metals.html. (Accessed 10 December 2014).

Glasswarechemical. 2012. Inductively Coupled Plasma (ICP). (Online). Accessed from http://glasswarechemical.com/tag/icp-oes-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD/. (Accessed 3 March 2016).

Gupta, S.K. and Chen, K.Y. 1978. Arsenic removal by adsorption. Journal of Water Pollution Control Federation 50(3): 493-506.

King, D.L. 1970. The role of carbon in Eutrophication. Journal of Water Pollution Control Federation 42: 2035-2051.

Kulkarni, D.K., Delbari, A.S. and Mahajan, D.M. 2014. Bio Concentration Factor (BCF) for heavy metals detection and selection of hyper-accumulator plants case study of Pune-India and Tehran-Iran. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences 4(1): 163-170.

Marie, E.M. 1990. An uptake on arsenic. Clinics in Laboratory Medicine 10: 459-472.

Meksuwan, P., Pholpunthin, P. and Segers, P. 2011. Diversity of sessile rotifers (Gnesiotrocha, Monogononta, Rotifera) in ThaleNoi Lake, Thailand. Zootaxa 2997: 1 -18.

Ndeda, L.A. and Manohar, S. 2014. Bio concentration factor and translocation ability of heavy metals within different habitats of hydrophytes in Nairobi Dam, Kenya. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) 8(5): 42-45.

Obodai, E.A., Boamponsem, L.K., Adokoh, C.K., Essumang, D.K., Villawoe, B.O., Aheto, D.W. and Debrah, J.S. 2011. Concentrations of heavy metals in two Ghanaian Lagoons. Archives of Applied Science Research 3(3): 177-187.

Sompongchaiyakul, P. and Sirinawin, W. 2007. Arsenic, chromium and mercury in surface sediment of Songkhal Lake system, Thailand. Asian Journal of Water, Environment and Pollution 4(1): 17-24.

Weaver, E.E. 1987. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology. 6th ed. McGraw-Hill, Inc., United States of America. pp 13100.

Yoonaiwong, W. 2013.Biosorption of metals from aqueous solutions by pre-treated algae, *Hydrilla verticillata* and *Ultricularia aurea*. Ph.D. Thesis, Ubon Ratchathani University. Ubon Ratchathani, Thailand.

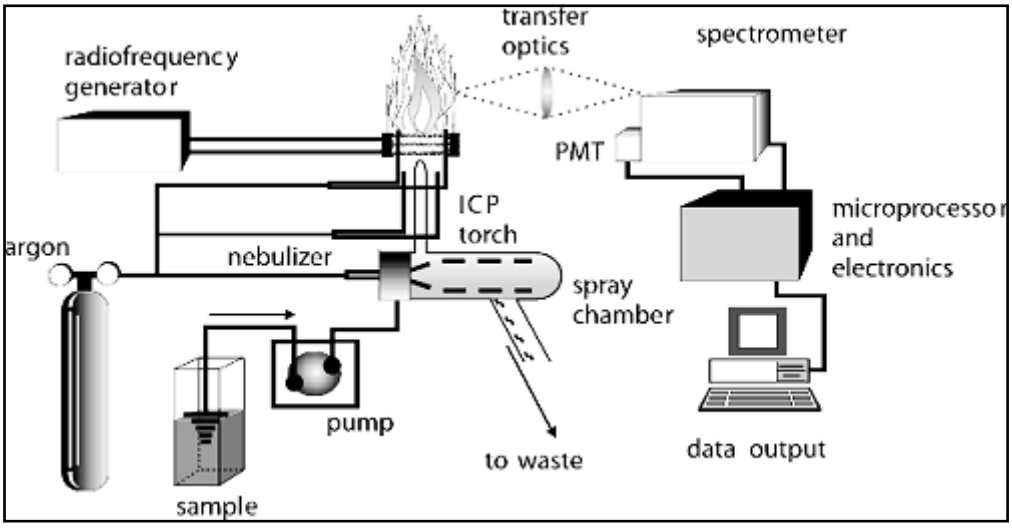
Ziemacki, G., Viviano, G. and Merli, F. 1989. Heavy metals: Sources and environmental presence. Annali 1st Super Sanita 25(3): 531 – 536.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP – OES)

เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ ทดสอบ เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของธาตุต่างๆ ซึ่งสามารถวัดได้ครั้งละหลายธาตุ กระบวนการทำงานของเครื่องนี้แยกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนของ Inductively Couple Plasma (ICP) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ผลิตพลาสมาที่ให้อุณหภูมิสูง ด้วยการปล่อยแก๊สอาร์กอนผ่านเข้าไปในคบ (Torch) ที่ปลายคบจะมีท่อกลวงทำด้วยทองแดงล้อมรอบคบซึ่งต่อกับเครื่องส่งความถี่วิทยุ เมื่อให้ความถี่วิทยุ (Radiofrequency Generator) ปล่อยเข้าไปจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ปลายคบแล้วชักนำให้มีกระแสไฟฟ้า จากนั้นทำให้เกิดการสปาร์คด้วยเทสลาเพื่อให้เกิดอิเล็กตรอนจากอาร์กอนที่มีพลังงานสูง และอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงนี้จะชนกับอิเล็กตรอนอื่นต่อไปกลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ กลายเป็นพลาสมาและส่วนของ Optical Emission Spectrometer เป็นวิธีการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการทำให้สารเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้น อย่างไรก็ตามอิเล็กตรอนไม่สามารถอยู่ในระดับสภาวะพลังงานสูงได้นาน ดังนั้นอิเล็กตรอนจะคายพลังงานออกมาเพื่อกลับเข้าสู่สภาวะพื้น พลังงานที่คายออกมาจะเป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงสเปคตรัมต่างๆ โดยธาตุที่ถูกกระตุ้นแต่ละชนิดจะปล่อยสเปคตรัมที่มีความยาวคลื่นเฉพาะของแต่ละธาตุออกมา ความเข้มของสเปคตรัมจะแปรผันตามจำนวนอะตอมที่ดูดพลังงานเข้าไป โดยจะวัดสเปคตรัมแสงในช่วงอุลตร้าไวโอเลตและความยาวคลื่นที่ตามองเห็น (นงภัส, 2555; Glasswarechemical, 2012)



รูปที่ ก-1 หลักการทำงานของเครื่อง ICP-OES

ที่มา: Glasswarechemical, 2012

รูปที่ ก-2 เครื่อง ICP-OES

ภาคผนวก ข

จุดเก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด

รูปที่ ข-1 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานีที่ 1 บริเวณปากคลองญวน ทะเลน้อย จ.พัทลุง

รูปที่ ข-2 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานีที่ 3 บริเวณปากคลองบ้านกลาง ทะเลน้อย จ.พัทลุง

รูปที่ ข-3 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานีที่ 3 บริเวณปากคลองบ้านกลาง ทะเลน้อย จ.พัทลุง

รูปที่ ข-4 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานีที่ 4 บริเวณปากคลองนางเรียม ทะเลน้อย จ.พัทลุง

รูปที่ ข-5 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานีที่ 5 บริเวณปากคลองหน้าแหลม ทะเลน้อย จ.พัทลุง

รูปที่ ข-6 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานีที่ 6 บริเวณปากคลองมาบพ้อ ทะเลน้อย จ.พัทลุง

ภาคผนวก ค

ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี เบื้องต้น

ตารางที่ ค-1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) บริเวณทะเลน้อยในแต่ละสถานี

สถานี	DO (มิลลิกรัมต่อลิตร)				เฉลี่ย
	มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	2.5	4.2	4.6	1.8	3.3±1.3
2	2.8	4.3	3.4	1.6	3.0±1.1
3	2.4	5.1	8.2	2.6	4.6±2.7
4	2.2	5.0	6.4	2.5	4.0±2.0
5	1.2	0.9	1.4	1.3	1.2±0.2
6	2.6	4.5	3.5	2.4	3.3±1.0
เฉลี่ย	2.3±0.6	4.0±1.6	4.6±2.4	2.0±0.5	

ตารางที่ ค-2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) บริเวณทะเลน้อยในแต่ละสถานี

สถานี	pH				เฉลี่ย
	มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	9.34	7.11	7.27	7.19	7.73±1.08
2	8.04	8.48	7.42	6.83	7.69±0.72
3	7.88	8.58	7.85	9.38	8.42±0.72
4	7.20	8.58	8.64	6.85	7.82±0.93
5	5.00	6.11	6.01	5.55	5.67±0.51
6	7.40	7.51	6.03	6.29	6.81±0.76
เฉลี่ย	7.48±1.43	7.73±1.01	7.20±1.03	7.02±1.29	

ตารางที่ ค-3 อุณหภูมิน้ำบริเวณทะเลน้อยในแต่ละสถานี

สถานี	อุณหภูมิ (องศาสเซลเซียส)				เฉลี่ย
	มกราคม	เมษายน	กรกฎาคม	ตุลาคม	
1	32.0	31.4	30.9	32.2	31.6±0.6
2	30.7	36.4	29.8	35.3	33.1 ±3.3
3	31.8	36.0	32.4	32.5	33.2±1.9
4	32.6	37.0	34.0	31.9	33.9±2.3
5	33.3	36.2	35.0	31.6	34.0±2.0
6	33.9	38.3	36.6	31.0	35.0±3.2
เฉลี่ย	32.4±1.1	35.9±2.3	33.1±2.6	32.4±1.5	

ภาคผนวก ง

ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอนและพืชน้ำบางชนิด

ตารางที่ ง-1 ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ทะเลน้อย

เดือน	สถานี	สารหนู (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร)
มกราคม	1	ND	0.012
	2	ND	0.014
	3	ND	0.014
	4	ND	0.014
	5	ND	0.015
	6	ND	0.011
เมษายน	1	ND	ND
	2	ND	ND
	3	ND	ND
	4	ND	ND
	5	ND	ND
	6	ND	ND
กรกฎาคม	1	0.007	0
	2	0.001	0.002
	3	0.004	0.002
	4	0.010	0.002
	5	0.001	0.013
	6	0.001	0.001
ตุลาคม	1	ND	ND
	2	ND	ND
	3	ND	ND
	4	ND	ND
	5	ND	ND
	6	ND	ND
เฉลี่ย		0.001±0.003	0.004±0.006

หมายเหตุ:ND = Non-detectable

ตารางที่ ง-2 ปริมาณสารหนูและตะกั่วในดินตะกอน ทะเลน้อย

เดือน	สถานี	สารหนู (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)	ตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)
มกราคม	1	6.097	15.284
	2	0.554	14.237
	3	1.246	15.345
	4	1.515	16.971
	5	0.472	14.175
	6	4.756	12.887
เมษายน	1	1.934	16.277
	2	1.185	18.089
	3	0.295	17.391
	4	1.937	22.382
	5	0.551	18.595
	6	5.521	20.014
กรกฎาคม	1	3.282	9.639
	2	0.598	14.856
	3	0.657	11.988
	4	ND	15.280
	5	0.064	16.455
	6	4.730	14.092
ตุลาคม	1	5.211	14.931
	2	2.524	13.898
	3	2.465	11.588
	4	2.232	17.104
	5	1.398	14.555
	6	4.506	16.337
เฉลี่ย		2.239±1.916	15.515±2.743

หมายเหตุ:ND = Non-detectable

ตารางที่ ง-3 ปริมาณสารหนูและตะกั่วในพืชน้ำบางชนิด ทะเลน้อย

เดือน	สถานี	พืชน้ำ	สารหนู (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)	ตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)
มกราคม	1	สาหร่ายพุงชะโด	1.715	1.793
	2	บัวเผื่อน	ND	1.729
	3	บัวสาย	ND	0.498
	4	-	-	-
	5	-	-	-
	6	สาหร่ายหางกระรอก	1.372	1.117
เมษายน	1	สาหร่ายพุงชะโด	1.874	1.968
	2	บัวเผื่อน	ND	1.066
	3	บัวสาย	ND	2.252
	4	-	-	-
	5	-	-	-
	6	สาหร่ายหางกระรอก	1.391	2.87
กรกฎาคม	1	สาหร่ายพุงชะโด	2.263	0.742
	2	บัวเผื่อน	ND	0.019
	3	บัวสาย	ND	ND
	4	-	-	-
	5	-	-	-
	6	สาหร่ายหางกระรอก	1.096	0.901
ตุลาคม	1	สาหร่ายพุงชะโด	0.452	0.505
	2	บัวเผื่อน	ND	-*
	3	บัวสาย	ND	0.038
	4	-	-	-
	5	-	-	-
	6	สาหร่ายหางกระรอก	2.374	1.02
เฉลี่ย			0.522±0.831	0.688±0.868

หมายเหตุ:ND = Non-detectable, (-) = สถานีที่ไม่มีการเก็บตัวอย่างพืชน้ำ, (-*) = ไม่พบตัวอย่างพืชน้ำ

ภาคผนวก จ

การสะสมทางชีวภาพของพืชน้ำ (Bioconcentration factor: BCF)

ตารางที่ จ-1 ค่าการสะสมทางชีวภาพของพืชน้ำ

สถานี	พืชน้ำ	เดือน	BCF	
			As	Pb
1	สาหร่ายพุงชะโด	มกราคม	0.281	0.117
		เมษายน	0.969	0.121
		กรกฎาคม	0.690	0.077
		ตุลาคม	0.087	0.034
		เฉลี่ย	0.507±0.398	0.087±0.041
2	บัวเผื่อน	มกราคม	0	0.121
		เมษายน	0	0.059
		กรกฎาคม	0	0.001
		ตุลาคม	0	0.000
		เฉลี่ย	-	0.045±0.058
3	บัวสาย	มกราคม	0	0.032
		เมษายน	0	0.129
		กรกฎาคม	0	0.000
		ตุลาคม	0	0.003
		เฉลี่ย	-	0.041±0.061
6	สาหร่ายหางกระรอก	มกราคม	0.288	0.087
		เมษายน	0.252	0.143
		กรกฎาคม	0.232	0.064
		ตุลาคม	0.527	0.062
		เฉลี่ย	0.325±0.137	0.089±0.038

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ฉ-1 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณสารหนูในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ทะเลน้อย ซึ่งตรวจวัดปีละ 4 ครั้ง

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
สารหนูในน้ำ	สถานีที่ 1	4	.00175	.003500	.001750	-.00382	.00732	.000	.007
	สถานีที่ 2	4	.00025	.000500	.000250	-.00055	.00105	.000	.001
	สถานีที่ 3	4	.00100	.002000	.001000	-.00218	.00418	.000	.004
	สถานีที่ 4	4	.00250	.005000	.002500	-.00546	.01046	.000	.010
	สถานีที่ 5	4	.00025	.000500	.000250	-.00055	.00105	.000	.001
	สถานีที่ 6	4	.00025	.000500	.000250	-.00055	.00105	.000	.001

ตารางที่ ฉ-2 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณสารหนูในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) ทะเลน้อย ซึ่งตรวจวัดปีละ 4 ครั้ง

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
สารหนูในดินตะกอน	สถานีที่ 1	4	4.13100	1.877868	.938934	1.14289	7.11911	1.934	6.097
	สถานีที่ 2	4	1.21525	.918693	.459347	-.24660	2.67710	.554	2.524
	สถานีที่ 3	4	1.16575	.950705	.475353	-.34703	2.67853	.295	2.465
	สถานีที่ 4	4	1.42100	.991977	.495988	-.15746	2.99946	.000	2.232
	สถานีที่ 5	4	.62125	.560083	.280041	-.26997	1.51247	.064	1.398
	สถานีที่ 6	4	4.87825	.442952	.221476	4.17341	5.58309	4.506	5.521

ตารางที่ ฉ-3 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณสารหนูในพืชน้ำแต่ละชนิด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) ทะเลน้อย ซึ่งตรวจวัดปีละ 4 ครั้ง

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
สารหนูในพืชน้ำแต่ละชนิด	สถานีที่ 1	4	1.57600	.783894	.391947	.32865	2.82335	.452	2.263
	สถานีที่ 2	4	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
	สถานีที่ 3	4	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
	สถานีที่ 4	4	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
	สถานีที่ 5	4	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
	สถานีที่ 6	4	1.55825	.560293	.280147	.66670	2.44980	1.096	2.374

ตารางที่ ฉ-4 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณตะกั่วในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ทะเลน้อย ซึ่งตรวจวัดปีละ 4 ครั้ง

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ตะกั่วในน้ำ	สถานีที่ 1	4	.00300	.006000	.003000	-.00655	.01255	.000	.012
	สถานีที่ 2	4	.00400	.006733	.003367	-.00671	.01471	.000	.014
	สถานีที่ 3	4	.00400	.006733	.003367	-.00671	.01471	.000	.014
	สถานีที่ 4	4	.00400	.006733	.003367	-.00671	.01471	.000	.014
	สถานีที่ 5	4	.00700	.008124	.004062	-.00593	.01993	.000	.015
	สถานีที่ 6	4	.00300	.005354	.002677	-.00552	.01152	.000	.011

ตารางที่ ฉ-5 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณตะกั่วในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) ทะเลน้อย ซึ่งตรวจวัดปีละ 4 ครั้ง

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ตะกั่วในดินตะกอน	สถานีที่ 1	4	1.40328E1	2.984079	1.492039	9.28441	18.78109	9.639	16.277
	สถานีที่ 2	4	1.52700E1	1.920732	.960366	12.21369	18.32631	13.898	18.089
	สถานีที่ 3	4	1.40780E1	2.777856	1.388928	9.65781	18.49819	11.588	17.391
	สถานีที่ 4	4	1.79342E1	3.079215	1.539607	13.03453	22.83397	15.280	22.382
	สถานีที่ 5	4	1.59450E1	2.028760	1.014380	12.71679	19.17321	14.175	18.595
	สถานีที่ 6	4	1.58325E1	3.132878	1.566439	10.84739	20.81761	12.887	20.014

ตารางที่ ฉ-6 ค่าสถิติพื้นฐานปริมาณตะกั่วในพืชน้ำแต่ละชนิด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) ทะเลน้อย ซึ่งตรวจวัดปีละ 4 ครั้ง

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ตะกั่วในพืชน้ำแต่ละชนิด	สถานีที่ 1	4	1.25200	.735628	.367814	.08145	2.42255	.505	1.968
	สถานีที่ 2	4	.70350	.845874	.422937	-.64247	2.04947	.000	1.729
	สถานีที่ 3	4	.69700	1.061087	.530543	-.99143	2.38543	.000	2.252
	สถานีที่ 4	4	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
	สถานีที่ 5	4	.00000	.000000	.000000	.00000	.00000	.000	.000
	สถานีที่ 6	4	1.47700	.932858	.466429	-.00739	2.96139	.901	2.870

ตารางที่ ฉ-7 ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ของปริมาณสารหนูและตะกั่วในแต่ละสถานี

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สารหนูในน้ำ	Between Groups	0.000	5	0.000	0.514	0.762
	Within Groups	0.000	18	0.000		
	Total	0.000	23			
สารหนูในดินตะกอน	Between Groups	64.126	5	12.825	11.370	0.000
	Within Groups	20.304	18	1.128		
	Total	84.430	23			
ตะกั่วในน้ำ	Between Groups	0.000	5	0.000	0.195	0.960
	Within Groups	0.001	18	0.000		
	Total	0.001	23			
ตะกั่วในดินตะกอน	Between Groups	41.842	5	8.368	1.148	0.372
	Within Groups	131.168	18	7.287		
	Total	173.010	23			
ตะกั่วในพืชน้ำแต่ละชนิด	Between Groups	7.551	5	1.510	2.785	0.049
	Within Groups	9.758	18	0.542		
	Total	17.309	23			

ตารางที่ ฉ-8 ค่าการทดสอบที (T-test) ของปริมาณสารหนูในสาหร่ายพุงชะโดและสาหร่ายหางกระรอก

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ปริมาณสารหนู	Equal variances assumed	.333	.585	.037	6	.972	.017750	.481772	-1.161104	1.196604
	Equal variances not assumed			.037	5.431	.972	.017750	.481772	-1.191711	1.227211

ภาคผนวก ช

เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ คุณภาพดินตะกอนและมาตรฐานอาหารที่มีโลหะหนักปนเปื้อน

ตารางที่ ช-1 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ดินตะกอน และอาหารที่มีโลหะปนเปื้อน

เกณฑ์มาตรฐาน	As	Pb
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2535)	0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร	0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
มาตรฐานคุณภาพดินตะกอน (สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ, 2556)	9.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	35.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) (กระทรวงสาธารณสุข, 2529)	2.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวพจนลักษณ์ ตรีอุดม

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5610023007

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วาริชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2556

ทุนการศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

พจนลักษณ์ ตรีอุดม, สมหมายเชี่ยววารีสัจจะ และศิริพร ประดิษฐ์. 2558. ปริมาณสารหนูและตะกั่วในน้ำ ดินตะกอน และพืชน้ำบางชนิด บริเวณทะเลน้อย. ใน เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 11. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.