

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

อัตราการตกตะกอนช่วงปัจจุบันในทะเลสาบสงขลาโดยวิธีวัดไอโซโทป  
กัมมันตรังสี ตะกั่ว-210 และซีเซียม-137

Recent Sedimentation Rate in Songkhla Lake Derived  
from Pb-210 and Cs-137

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.ไตรภพ ผ่องสุวรรณ

และคณะ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก เงินงบประมาณแผ่นดิน  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2555-56  
รหัสโครงการ SCI560125S

1. ชื่อชุดโครงการ -
2. ชื่อโครงการเดี่ยว **อัตราการตกตะกอนช่วงปัจจุบันในทะเลสาบสงขลาโดยวิธีวัดไอโซโทป  
กัมมันตรังสี ตะกั่ว-210 และซีเซียม-137**  
Recent Sedimentation Rate in Songkhla Lake Derived from Pb-  
210 and Cs-137

## 3. คณะนักวิจัย

ชื่อผู้รับผิดชอบ	บทบาทของนักวิจัย	หน่วยงาน	สัดส่วนที่ทำการวิจัย (%)
1. นายไตรภพ ผ่องสุวรรณ Mr.Tripob Bhongsuwan	หัวหน้าโครงการวิจัย ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ระดับ 9	ที่อยู่ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ ม. สงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110 โทรศัพท์ 074 288720 โทรสาร 074 212817 e-mail <a href="mailto:tripop.b@psu.ac.th">tripop.b@psu.ac.th</a>	80 % ศึกษาข้อมูล งาน สนาม เก็บตัวอย่าง เตรียม ตัวอย่าง วิเคราะห์ผล เขียน รายงาน เขียนนิพนธ์ ต้นฉบับตีพิมพ์
2. นายคมฤทธิ์ วัฒนาวาทิ	ผู้ร่วมโครงการ ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 7	ที่อยู่ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110 โทรศัพท์ 074 288732 โทรสาร 074 558849 e-mail: <a href="mailto:komrit.w@psu.ac.th">komrit.w@psu.ac.th</a>	00 % งานเตรียม / งาน สนาม/ เก็บตัวอย่าง/ ทดสอบ /วิเคราะห์ตัวอย่าง ในห้องปฏิบัติการ
3. นางดรุณี ผ่องสุวรรณ Ms.Darunee Bhongsuwan	ผู้ร่วมโครงการ ตำแหน่ง ผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ระดับ 8	ที่อยู่หลักสูตรวัสดุศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110 โทรศัพท์ 074 288396 โทรสาร 074 218701 e-mail <a href="mailto:darunee.b@psu.ac.th">darunee.b@psu.ac.th</a>	20 % งานเตรียม / ทดสอบ /วิเคราะห์ตัวอย่างใน ห้องปฏิบัติการ/งาน นิวเคลียร์เคมี
4. นายสันติ รักษาวงษ์	นักศึกษาปริญญาเอก หลักสูตร ปรด.ฟิสิกส์	ที่อยู่ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110 โทรศัพท์ 074 288732 โทรสาร 074 558849	งานเตรียม / งานสนาม/ เก็บตัวอย่าง/ ทดสอบ / วิเคราะห์ตัวอย่างใน ห้องปฏิบัติการ

#### 4. สารบัญ

	หน้า
1. ชื่อชุดโครงการ	2
2. ชื่อโครงการเดี่ยว	2
<b>3. คณะนักวิจัย</b>	2
4. สารบัญ	3
5. กิตติกรรมประกาศ	6
6. บทคัดย่อ	7
7. บทนำ	8
8. วัตถุประสงค์	8
9. การตรวจเอกสาร	9
10. วิธีทดลอง	10
11. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอน	16
11.1 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL_18	17
11.2 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL_16	21
11.3 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL_17	25
11.4 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL_T5	28
11.5 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL_15	31
11.6 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL_02	34
11.7 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL_05	38
11.8 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส TH_01	40
11.9 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส TH_04	44
11.10 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส TH_10	48
12. สรุปผลการศึกษา	52
13. เอกสารอ้างอิง	53
14. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป	54
15. ภาคผนวก	56

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนนอก	11
รูปที่ 2 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนกลางและตอนใน	11
รูปที่ 3 ภาพถ่ายการเก็บแท่งตะกอนในทะเลสาบสงขลา	12
รูปที่ 4 การตัดสไลด์ตัวอย่างตะกอนจากแท่งตะกอน	12
รูปที่ 5 ระบบวิเคราะห์สเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาที่ใช้ในงานวิจัย	14
รูปที่ 6 กราฟผลการทดลอง (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึก เชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL_18	18
รูปที่ 7 กราฟแสดงอัตราการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL_18 (ปากคลองภูมิ)	19
รูปที่ 8 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความ ลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL_16	22
รูปที่ 9 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL_16 (a) อัตราสะสมตะกอนเชิง มวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น	24
รูปที่ 10 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความ ลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL_17	26
รูปที่ 11 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความ ลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL_T5	29
รูปที่ 12 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความ ลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL_15	32
รูปที่ 13 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความ ลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL_02	35
รูปที่ 14 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL_02 (นอกชายฝั่งปากคลองอู่ ตะเภา) (a) อัตราสะสมตะกอนเชิงมวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น	37
รูปที่ 15 กราฟความเข้มข้น Cs-137 ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL_05	39
รูปที่ 16 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความ ลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH01	41
รูปที่ 17 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH01 (a) อัตราสะสมตะกอนเชิง มวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น	43
รูปที่ 18 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความ ลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH04	46
รูปที่ 19 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH04 (a) อัตราสะสมตะกอนเชิง มวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น	47
รูปที่ 20 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความ ลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH10	49
รูปที่ 21 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH10 (a) อัตราสะสมตะกอนเชิง มวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น	51
รูปที่ 22 อัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ในหน่วย $g\ cm^{-2}\ y^{-1}$ ณ จุดต่างๆ ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก	53

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตำแหน่งพิกัดของจุดเก็บตะกอนทะเลสาบสงขลาทั้งหมด	16
ตารางที่ 2 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL_18	17
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์หัตถการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL_18 จากข้อมูลตะกั่ว-210	18
ตารางที่ 4 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL_16	21
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์หัตถการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL_16 ด้วยวิธี Pb-210ex	23
ตารางที่ 6 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL_17	25
ตารางที่ 7 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL_T5	28
ตารางที่ 8 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL_15	31
ตารางที่ 9 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL_02	34
ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์หัตถการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL_02	36
ตารางที่ 11 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL_05	38
ตารางที่ 12 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส TH01	40
ตารางที่ 13 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Pb-210 และ Ra-226 ในแท่งตะกอนรหัส TH01	41
ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์หัตถการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH01 ด้วยวิธี Pb-210ex	42
ตารางที่ 15 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส TH04	44
ตารางที่ 16 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Pb-210 และ Ra-226 ในแท่งตะกอนรหัส TH04	45
ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์หัตถการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH04 ด้วยวิธี Pb-210ex	46
ตารางที่ 18 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ <sup>137</sup> Cs ในแท่งตะกอนรหัส TH10	48
ตารางที่ 19 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Pb-210ex และ Ra-226 ในแท่งตะกอนรหัส TH10	49
ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์หัตถการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH10 ด้วยวิธี Pb-210ex	50
ตารางที่ 21 แสดงอัตราการตกตะกอนช่วงปัจจุบัน ณ จุดต่างๆ ในทะเลสาบสงขลา	52

## 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย (งบประมาณแผ่นดิน) ให้กับคณะวิจัย ในการทำวิจัยเรื่อง “ อัตราการตกตะกอนช่วงปัจจุบันในทะเลสาบสงขลาโดยวิธีวัดไอโซโทปกัมมันตรังสี ตะกั่ว-210 และซีเซียม-137” รหัสโครงการ SCI560125S

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ห้องปฏิบัติการวิจัย และอนุญาตให้ใช้เครื่องมือวิจัยนิวเคลียร์ และเครื่องมือวิเคราะห์ทุกชนิดที่จำเป็นต่อโครงการวิจัย ตลอดจนสนับสนุนพาหนะสำหรับการเดินทางออกเก็บข้อมูลภาคสนาม

คณะวิจัยขอขอบคุณ Prof.Dr.Miodrag Krmar แห่ง Department of Physics, Novi Sad University, Republic of Serbia ที่ได้ช่วยตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนบางส่วน Dr.Sounthone Singsoupho จากภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว ว่าที่ ร.ต.ประภุชญ์ นพประดิษฐ์ นายเอกลักษณ์ มอบพิจิต นายมนัสพงษ์ บุญญะ นักศึกษาระดับปริญญาตรี และนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรฟิสิกส์ และหลักสูตรธรณีฟิสิกส์ ที่มีส่วนร่วมในการเก็บข้อมูลภาคสนาม รวมทั้งช่วยงานในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

## 6. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นศึกษาอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาด้วยเทคนิคการตรวจวัดตะกั่ว-210 และซีเซียม-137 ในตะกอนตัวอย่างที่ความลึกต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการตกตะกอนของทะเลสาบสงขลาในช่วงเวลาใกล้ปัจจุบัน ผลการศึกษาจะทำให้ทราบถึงอัตราการตกตะกอนของทะเลสาบสงขลาในอดีตด้วยเช่นกัน และทำให้ทราบพลศาสตร์ของน้ำและการเปลี่ยนแปลงในอดีตของระบบทะเลสาบสงขลาได้ด้วย ผลการศึกษาพบว่า อัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาสูงสุด 3 อันดับแรกพบบริเวณปากคลองอู่ตะเภาด้านตะวันตก มีค่า  $1.543 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  บริเวณอ่าวฝั่งตะวันตกของเกาะยอ มีค่า  $0.949 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  และบริเวณปากคลองปากกรอ มีค่า  $0.84 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  เมื่อพิจารณาตำแหน่งจุดที่ศึกษาและต้นกำเนิดของตะกอนตีความได้ว่า อิทธิพลที่สำคัญที่สุดต่ออัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนนอกคือคลองอู่ตะเภา และตะกอนปริมาณมหาศาลที่มาจากลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา อิทธิพลที่สำคัญรองลงมาน่าจะเป็นกระแสน้ำขึ้น-น้ำลง ที่ไหลผ่านหัวเกาะยอทั้งด้านทิศเหนือและทิศใต้ และยังทำให้อัตราการตกตะกอนมีแนวโน้มลดลงไปทางกึ่งกลางทะเลสาบ และไปทางปากกรอ

อัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนในทางเหนือของเกาะใหญ่มีค่าต่ำสุดเท่ากับ  $0.28 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ตรงบริเวณระหว่างแหลมจองถนนและเกาะใหญ่มีค่า  $0.354 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ส่วนทางใต้ของเกาะใหญ่ในทะเลสาบสงขลาตอนกลางมีค่า  $0.304 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ใกล้เคียงกับอัตราการตกตะกอนเฉลี่ยในทะเลสาบสงขลาตอนนอก

## Abstract

This study aims at determining the sedimentation rate in the Songkhla Lake using the measurement of Pb-210 and Cs-137 in sediment samples at various depths. This helps to estimate the sedimentation rate at the present time and at the past time and understand the water dynamics and changes in the Songkhla Lake system in the past. Results indicates that the first, second and third highest sedimentation rates are observed in the Outer Songkhla Lake of valued  $1.543 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  at the west side of U-tapao mouth,  $0.949 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  at the west coast of Koh Yo and  $0.84 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  near Pak Rho mouth. This indicates that the most important factors affecting sedimentation of the Songkhla Lake are a huge amount of water and sediment eroded from U-Tapao sub-basin and tidal effect.

Sedimentation in the Inner Songkhla Lake is the lowest at  $0.28 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  at north of Koh Yai,  $0.354 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  found between Lam Jong Tanon and Koh Yai and  $0.304 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  is found south of Koh Yai in the Middle Songkhla Lake.

## 7. บทนำ

จากการที่พื้นที่ป่าบริเวณต้นน้ำของทะเลสาบสงขลาและพื้นที่ลาดชันรอบลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาถูกบุกรุกทำลาย ส่งผลให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินเพิ่มขึ้น ทำให้คุณภาพของดินเสื่อมโทรมลง และตะกอนดินทับถมในลำคลองต่างๆ ทำให้ลำคลองตื้นเขิน และในที่สุดก็จะทำให้ทะเลสาบสงขลาตื้นเขินตามไปด้วย ทำให้ขีดความสามารถในการเก็บกักของแหล่งน้ำลดลง เป็นปัจจัยเสริมให้สถานการณ์น้ำท่วมและการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งในลุ่มน้ำรุนแรงขึ้น ซึ่งปรากฏว่า พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินในระดับมากกว่า 2 ตัน/ไร่/ปี ขึ้นไป มีถึง 1.8 ล้านไร่ หรือร้อยละ 27.3 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเป็นพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายของดินในระดับรุนแรงมากกว่า 15 ตัน/ไร่/ปี จำนวนกว่า 7 แสนไร่ โดยประมาณ 2 ใน 3 เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันหรือที่สูง

การตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาเข้าขั้นวิกฤต โดยอัตราการตกตะกอนในบางส่วนของทะเลสาบตอนล่างประมาณ 5.0 - 6.9 มม./ปี หากอัตราการตกตะกอนยังคงอยู่ในระดับนี้ จะทำให้ทะเลสาบยังคงความเป็นทะเลสาบตื้นๆ เช่นนี้ไปได้อีกประมาณ 300 - 400 ปี โดยจะตื้นขึ้นเรื่อยๆ และบางส่วนจะกลายเป็นพื้นดินภายในไม่ถึง 200 ปี สาเหตุที่ทำให้ทะเลสาบตื้นเขินมีหลากหลาย ทั้งเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนที่มากับน้ำท่า และตะกอนจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ในน้ำ โดยยังไม่ทราบสัดส่วนของตะกอนแต่ละชนิดที่แน่ชัด กิจกรรมของมนุษย์ เช่นการเกษตร และการก่อสร้าง ก็เป็นตัวเร่งให้ตะกอนไหลลงสู่ทะเลสาบมากขึ้น จำเป็นที่จะต้องกำหนดมาตรการที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาจากทุกๆ มิติอย่างเร่งด่วน

การศึกษาการตื้นเขินของทะเลสาบสงขลาที่ผ่านมา เน้นการศึกษาด้วยการคำนวณแบบจำลองต่างๆ เช่นการใช้ USLE (Universal Soil Loss Equation) ที่ไม่ได้เป็นเทคนิคทางตรง (direct measurement) และไม่เคยมีการทำ validation ของแบบจำลองด้วยเทคนิคทางตรงใดๆ เพื่อพิสูจน์ผลการคำนวณตามแบบจำลองว่าถูกต้องและยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งอาจทำให้ต้องสูญเสียงบประมาณเป็นทุนวิจัยจำนวนมาก เนื่องจากทำวิจัยแล้วผลงานวิจัยกลับไม่เป็นที่ยอมรับ จากการที่ไม่มีการพิสูจน์ผลด้วยเทคนิคอื่นที่เป็นที่ยอมรับระดับนานาชาติ แม้ว่าได้มีความพยายามศึกษาด้วยเทคนิคทางตรงมาบ้างแล้ว แต่เนื่องด้วยความขาดแคลนอุปกรณ์สำคัญต่างๆ เช่น อุปกรณ์เก็บแท่งตะกอนที่มีคุณภาพและมีความละเอียดสูง เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความไวและความละเอียดสูง ทำให้ผลการศึกษายังมีจุดอ่อนและเป็นที่สงสัย

งานวิจัยชิ้นนี้จึงอาจกล่าวได้ว่า จะเป็นงานวิจัยที่มีคุณภาพสูงสุดเท่าที่เคยทำในการศึกษาอัตราการตื้นเขินทะเลสาบสงขลา เนื่องจากได้แก้ปัญหาต่างๆ ที่พบและเคยเกิดขึ้นแล้วในอดีต ปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังได้รับความร่วมมือจากห้องปฏิบัติการวิจัยระดับแนวหน้าในต่างประเทศ และที่สำคัญที่สุด งานวิจัยนี้มาโดยคณะทำงานที่เป็นผู้เชี่ยวชาญคนไทย

## 8. วัตถุประสงค์

- 8.1 ทหาอัตราการตกตะกอนช่วงเวลาปัจจุบันของทะเลสาบสงขลาด้วยวิธีตรวจวัดไอโซโทป กัมมันตรังสีตะกั่ว-210 และซีเซียม-137
- 8.2 เพื่อสร้างความเข้มแข็งและความสามารถทางเทคโนโลยีแก่บุคลากรของประเทศไทยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กัมมันตรังสีธรรมชาติในสิ่งแวดล้อม
- 8.3 เพื่อพัฒนางานวิจัย โดยประสานความร่วมมือทั้งกับหน่วยงานราชการและเอกชน ในการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับประเทศไทยมากที่สุด
- 8.4 เพื่อสร้างบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตรังสีธรรมชาติ



- 8.5 เพื่อให้บริการข้อมูลและความช่วยเหลือทางวิชาการด้านกัมมันตรังสีธรรมชาติแก่หน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน

## 9. การตรวจเอกสาร

### 9.1 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

วิธีตะกั่ว-210 (Lead-210 Method of Dating) เป็นเทคนิคการหาอายุที่นิยมใช้ในการหาอัตราการตกตะกอนในทะเล และทะเลสาบในช่วงเวลาใกล้ปัจจุบัน 100 – 150 ปี ตะกั่ว-210 เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีครึ่งชีวิต 22.3 ปี วิธีตะกั่ว-210 คิดขึ้นโดย Goldberg (1963) และเริ่มต้นใช้กับตะกอนทะเลสาบโดย Krishnaswamy et al. (1971) และต่อมาก็นำไปใช้กับตะกอนในทะเล เริ่มต้นโดย Koide et al. (1972) และใช้กันอย่างกว้างขวาง (ได้แก่ Alperin et al., 2002; Oguri et al., 2003; Owen and Lee, 2004) ในขณะเดียวกัน วิธีซีเซียม-137 ซึ่งเป็นวิธีการหาอัตราการตกตะกอนทะเลสาบอีกวิธีหนึ่งที่มีหลักการพื้นฐานแตกต่างกับวิธีตะกั่ว-210 มักจะนำมาใช้เพื่อการตรวจสอบยืนยันผลของวิธีตะกั่ว-210 หลักการพื้นฐานของวิธีซีเซียม-137 เนื่องจากปริมาณซีเซียม-137 เป็นสารกัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น มีครึ่งชีวิต 30 ปี เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยานิวเคลียร์แตกตัว (nuclear fission reaction) จึงไม่เคยมีอยู่ในธรรมชาติมาก่อน และเมื่อมีการสร้างระเบิดนิวเคลียร์และทดลองระเบิดนิวเคลียร์ในบรรยากาศ ทำให้เริ่มมีการกระจายของซีเซียม-137 ในปริมาณที่มากพอที่จะวัดได้อย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก นับตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 เป็นต้นมา และมีค่าสูงสุดในปี ค.ศ.1963 (Matsumoto, 1987; Ritchie and McHenry, 1990) เมื่อกฎบัตรห้ามทดลองระเบิดนิวเคลียร์ในบรรยากาศได้ประกาศใช้ และอีกครั้งหนึ่งในปี ค.ศ.1986 เมื่อเกิดอุบัติเหตุนิวเคลียร์ที่เชอร์โนบิล ของอดีตสหภาพโซเวียต

#### ทฤษฎี และหลักการที่สำคัญ

ต้นกำเนิดหลักของตะกั่ว-210 ส่วนเกิน หรือ Excess Pb-210 (หรือ Pb-210\*) ในตะกอนชายฝั่ง โดยทั่วไปมาจาก fallout จากบรรยากาศ (Oldfield and Appleby, 1984) ถึงแม้ว่าปริมาณพลักซ์ Pb-210 จะแปรปรวนเป็นรายวันและตามฤดูกาล แต่ค่าเฉลี่ยของพลักซ์ต่อปีจะประมาณคงที่ (Sheets and Lawrence, 1999) ความเข้มข้นของ Pb-210\* ในตะกอนที่มวลของตะกอนสะสม หรือ เรียกว่า massdepth อธิบายได้ด้วยสมการ (1)

$$C_m = \frac{f}{S(t)} e^{-\lambda t} \quad (1)$$

เมื่อ  $C_m$  เป็นค่ากัมมันตภาพของ Pb-210\* ในหน่วย dpm  $g^{-1}$  ที่ค่า mass-depth  $m$  โดยที่  $f$  เป็นพลักซ์ของ Pb-210\* ในหน่วย dpm  $cm^{-2} y^{-1}$  และ  $S(t)$  เป็นอัตราการตกตะกอน ในหน่วย  $g cm^{-2} y^{-1}$  ณ เวลา  $t$  และค่า  $\lambda$  เท่ากับ  $0.03114 y^{-1}$  เป็นค่าคงที่การสลายตัวของ Pb-210 (46.5 keV) ค่า mass-depth ใช้แทนค่าความลึก เพื่อกำจัดผลของการอัดตัว compaction effect (Robbins, 1978) คำนวณค่ากัมมันตภาพของ Pb-210\* โดยหักลบค่ากัมมันตภาพของ Ra-226 (นั่นคือ supported Pb-210) ซึ่งคำนวณโดยใช้ค่ากัมมันตภาพเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted average) ของ Pb-214 (295.2 keV), Pb-214 (351.9 keV) และ Bi-214 (609.3 keV) โดยถือหลักว่า ไอโซโทปกัมมันตรังสีในอนุกรมยูเรเนียม-238 ในตะกอนอยู่ในภาวะสมดุลถาวร (Alperin et al., 2002)

โดยที่อายุของตะกอนที่ค่า mass-depth  $m$  คำนวณจากสมการ (2)

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\int_0^{\infty} C(m) dm}{\int_m^{\infty} C(m) dm} \quad (2)$$

และอัตราการตกตะกอนที่ค่า mass-depth  $m$  ก็สามารถคำนวณได้ด้วยสมการ (3)

$$S(t) = \frac{\lambda \int_0^{\infty} C(m) dm}{C(m)} \quad (3)$$

### การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาติดตามประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ น่าจะอยู่ในช่วงเวลาในอดีตประมาณ 150 ปี ถึงปัจจุบัน ผลกระทบในหลายๆ ส่วนสามารถตรวจสอบย้อนหลังจากตะกอนที่เก็บจากพื้นที่ชายฝั่งทะเล ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางกายภาพและชีวภาพในสิ่งแวดล้อม และผลกระทบที่เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในอดีตจะถูกบันทึกไว้อย่างดีในตะกอนที่ตกสะสมในสถานะค่อนข้างคงตัว เช่น ตะกอนในทะเลสาบสงขลา ดังนั้นการศึกษาตะกอนในพื้นที่ชายฝั่งย่อมมีความสำคัญมากในอันที่จะทำให้เข้าใจอันตรกิริยาระหว่างกิจกรรมของมนุษย์และระบบของทะเลหรือทะเลสาบ นอกเหนือจากนั้นการทราบถึงรายละเอียดที่ถูกต้องของอายุการตกตะกอนหรือการศึกษาอัตราการตกตะกอนจะทำให้เข้าใจกลไกของระบบของทะเลหรือ ทะเลสาบได้อย่างถูกต้องอีกด้วย

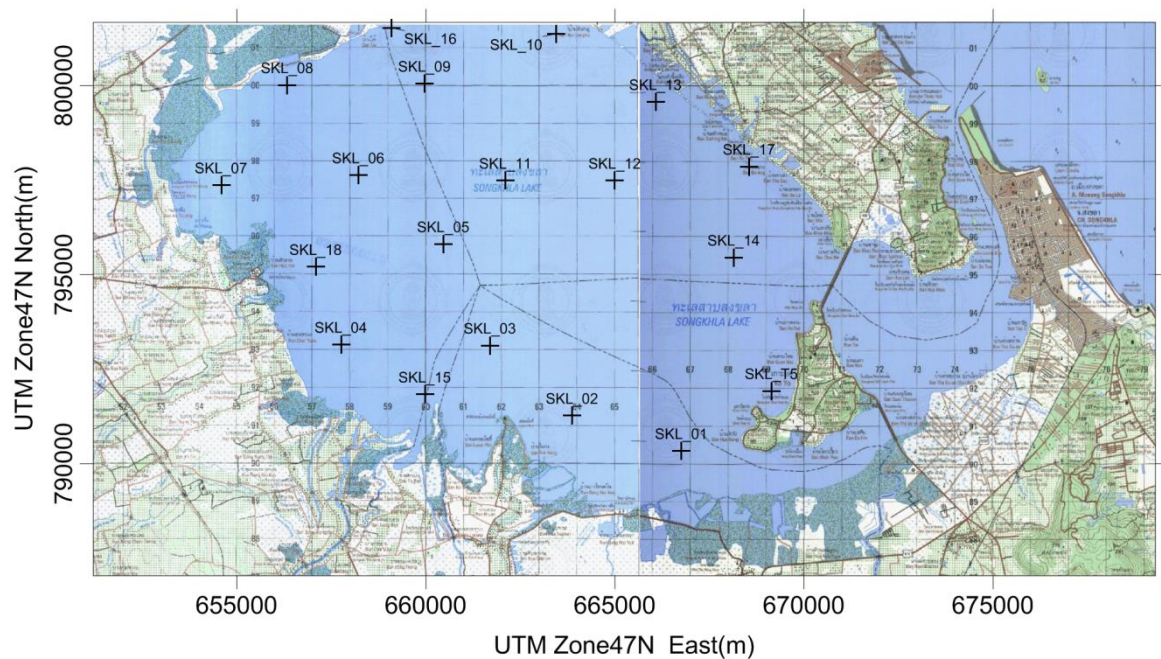
Chittrakarn et al. (1996) ศึกษาอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาโดยเก็บแท่งตะกอนท้องน้ำจำนวน 50 จุด ในปี พ.ศ.2539 ตรวจวัดปริมาณซีเซียม-137 จากแท่งตะกอน และสรุปได้ว่าอัตราการตกตะกอนมีค่าระหว่าง 0 – 10 ม.ม./ปี โดยมีค่าเฉลี่ย 5.0 m.m./ปี เนื่องจากสภาพการใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงไปมาก มีการชะล้าง ทำลายชายฝั่งขั้นวิกฤตในหลายพื้นที่ คาดว่าอัตราการตื้นเขินในปัจจุบันน่าจะสูงขึ้นมา การหักล้างทำลายป่าเพื่อพัฒนาด้านการเกษตร รวมทั้งการก่อสร้างเขื่อนในพื้นที่ลุ่มน้ำ อาจส่งผลต่อการเพิ่มของฟลักซ์ของตะกอนจากแม่น้ำลำคลอง (Xueqiang and Matsumoto, 2005) ซึ่งในที่สุดลงสู่ทะเลสาบ

## 10. วิธีการทดลอง

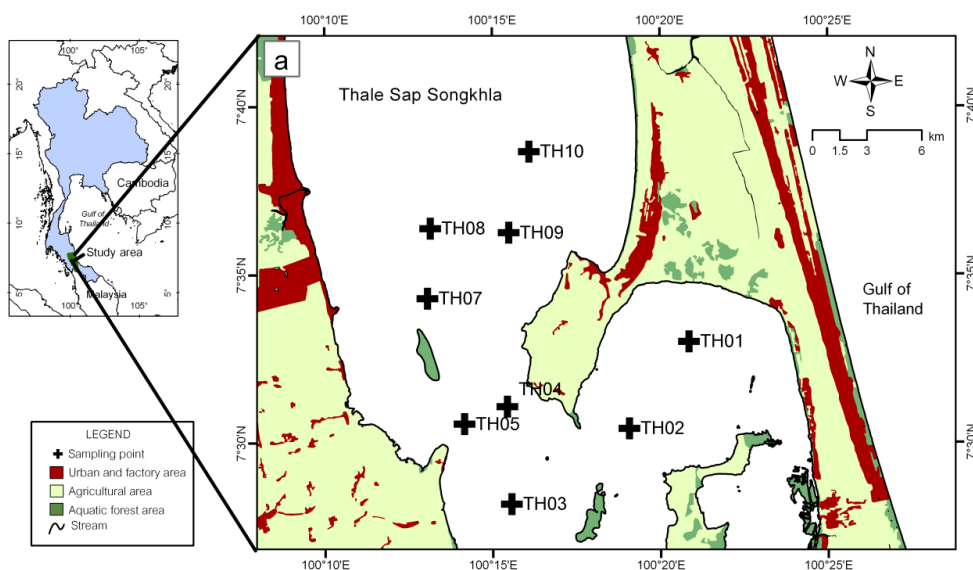
### 10.1 การเก็บแท่งตะกอนทะเลสาบสงขลาตอนนอก

คณะวิจัยได้พัฒนาเครื่องเก็บแท่งตะกอนท้องน้ำทะเลสาบสงขลา โดยดัดแปลงจากท่อพีวีซีขนาด 3 นิ้ว และขนาด 4 นิ้ว และดัดแปลงจากท่ออะคริลิก ขนาดเดียวกัน ผลการใช้งานจริง พบว่าสามารถใช้ได้อย่างดีทั้งชนิดท่ออะคริลิก และชนิดท่อพีวีซี

จากนั้นได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างแบ่งตะกอนจากทะเลสาบสงขลาตอนนอกจำนวน 19 แห่ง ตัวอย่าง ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างแสดงในรูปที่ 1 โดยตัวอย่างที่ SKL\_1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 15, 18 เป็นกลุ่มแบ่งตะกอนที่อยู่ทางตอนใต้ของทะเลสาบ ทางใต้ของปากคลองปากรอ โดยแบ่งตัวอย่าง SKL\_18 อยู่นอกฝั่งปากคลองภูมิ แบ่งตัวอย่าง SKL\_02 และ SKL\_15 อยู่นอกฝั่งปากคลองอุตะเนาะ กลุ่มตัวอย่างที่อยู่ทางตอนเหนือของทะเลสาบสงขลาตอนนอก ประกอบด้วยตัวอย่าง SKL\_9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17 โดยมีแบ่งตัวอย่าง SKL\_16 อยู่นอกชายฝั่งปากคลองปากรอ แบ่งตัวอย่าง SKL\_17 อยู่นอกฝั่งสทิงหม้อ อ.สิงหนคร จ.สงขลา และแบ่งตัวอย่าง SKL\_T5 อยู่ใกล้เกาะยอ



รูปที่ 1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างแบ่งตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนนอก



## รูปที่ 2 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างแท่งตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนกลางและตอนใน

ในปีที่ 2 คณะวิจัยได้เริ่มเก็บแท่งตะกอนตัวอย่างจากทะเลสาบสงขลาตอนกลางและตอนใน รวมทั้งหมดจำนวน 9 แท่งตะกอน (รูปที่ 2) จากทะเลสาบตอนกลาง 3 แท่ง คือ TH01, TH02 และ TH03 และเก็บจากทะเลสาบตอนใน จำนวน 4 แท่ง คือ TH07, TH08, TH09 และ TH10 โดยอีก 2 แท่ง คือ TH04 และ TH05 เก็บจากแนวเส้นแบ่งระหว่างทะเลสาบตอนในและตอนกลางคือ แนวจากแหลมจองถนน จังหวัดพัทลุง และ เกาะใหญ่ อ.กระแสสินธุ์ จ.สงขลา แนวดังกล่าวเป็นแนวที่สั้นที่สุดหากจะมีโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น โครงการสร้างถนนที่เป็นคันเขื่อนกันน้ำเพื่อให้ทะเลสาบตอนในเป็นแหล่งน้ำจืดในอนาคต รูปที่ 3 แสดงภาพถ่ายภูมิทัศน์ในทะเลสาบและทีมเก็บแท่งตะกอนขณะกำลังทำงาน



รูปที่ 3 ภาพถ่ายการเก็บแท่งตะกอนในทะเลสาบสงขลา



รูปที่ 4 การตัดสไลด์ตัวอย่างตะกอนจากแท่งตะกอน

## 10.2 การเตรียมแท่งตะกอนทะเลสาบเป็นชิ้นตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์

ใช้อุปกรณ์ Sediment Extruder ดันตะกอนในท่อขึ้นมา แล้วใช้ใบมีดตัดสไลด์ตะกอนตัวอย่าง เป็นชิ้นตัวอย่างที่มีความหนา 1 ซม. จากความลึก 0 – 50 ซม. ของแท่งตะกอนทะเลสาบแต่ละแท่ง ได้ เป็นชิ้นตัวอย่างที่มีความลึก 0 – 1 ซม. 1 – 2 ซม. 2 – 3 ซม. 3 – 4 ซม. ไปจนถึงประมาณ 49 – 50 ซม. ตามลำดับ รูปที่ 4 แสดงการตัดสไลด์ตัวอย่างแท่งตะกอนด้วย sediment extruder อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการวิเคราะห์ตัวอย่างใช้เวลานานมาก สำหรับตัวอย่างตะกอนจากทะเลสาบตอนกลางและตอน ในที่เก็บในปีที่สอง แม้ว่าจะยังคงตัดสไลด์ตะกอนตัวอย่างทุกๆ ความลึก 1 ซม. แต่ในขั้นตอนวิเคราะห์รังสี แกมมาจะรวมตัวอย่าง 2 ซม. เข้าด้วยกัน เพื่อลดจำนวนตัวอย่างที่ต้องวิเคราะห์ลงครึ่งจำนวน กลายเป็น 0 – 2 ซม. 2 – 4 ซม. 4 – 6 ซม. 6 – 8 ซม. ไปจนถึงประมาณ 50 ซม.

## 10.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักเปียกของชิ้นตัวอย่างทั้งหมด แล้วอบแห้งชิ้นตัวอย่างทั้งหมด ที่อุณหภูมิประมาณ 110 °C ชั่งน้ำหนักแห้ง บรรจุชิ้นตัวอย่างลงกระปุก ปิดผนึกไว้ประมาณ 30 วัน เพื่อให้เข้าสู่สมดุลกัมมันตรังสี ก่อนนำไปวัดค่ากัมมันตภาพของ Pb-210 และ Cs-137

## 10.4 การวัดค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในชิ้นตัวอย่าง

วัดค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีอยู่ในชิ้นตัวอย่างด้วยระบบสเปกโตรมิเตอร์รังสี แกมมา (High efficiency low background gamma spectrometer) โดยในระบบวัดประกอบด้วย หัววัดชนิดสารกึ่งตัวนำเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง HPGe (Canberra, Model GC7020, USA) ประกอบเข้ากับเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง (Multichannel analyzer, Canberra, model DSP1000, USA) โดย หัววัดรังสีอยู่ภายในกำบังตะกั่วไร้มลทินหนา 10 ซม. ที่หุ้มด้วยแผ่นทองแดง (Canberra, Model 747) เพื่อลดกัมมันตภาพรังสีภูมิหลังจากสิ่งแวดล้อม ระบบวิเคราะห์มีค่า FWHM เท่ากับ 0.882 และ 1.767 keV ที่พลังงาน 122 และ 1332 keV ตามลำดับ และมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ 83.7 % ที่พลังงาน 1332 keV รูปที่ 5 แสดงระบบวัดสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวอย่างตะกอนบางแท่งถูกส่งไปวัดที่ Department of Physics , Novi Sad University, Serbia ด้วยระบบสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา ที่มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูง 100 %



รูปที่ 5 ระบบวิเคราะห์สเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาที่ใช้ในงานวิจัย

## 10.5 เงื่อนไขและเกณฑ์กำหนดในการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนของตะกอนทะเลสาบสงขลา

เทคนิคการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนในทะเลและทะเลสาบที่ได้รับการยอมรับกันในระดับนานาชาติว่า เป็นเทคนิควิธีมาตรฐาน จัดเป็นเทคนิควิธีวัดทางตรงที่สุดวิธีหนึ่ง และเป็นวิทยาศาสตร์มากที่สุดวิธีหนึ่งก็คือ การวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีตะกั่ว-210 ( $Pb-210$ ) ส่วนเกิน หรือ  $Pb-210ex$  ที่มีกำเนิดจากการสลายตัวของแก๊สเรดอน-222 ในบรรยากาศ โดยมีสมมติฐานว่ามีการตกสะสมของละอองหรืออนุภาค  $Pb-210ex$  ที่เกิดจากการสลายตัวของแก๊สเรดอน-222 ลงสู่ก้นทะเลสาบตลอดเวลา โดยมีค่าฟลักซ์ของ  $Pb-210ex$  คงที่ หรือ Constant flux model (CF model) และโดยที่  $Pb-210ex$  ที่ตกสะสมตัวในอดีตจะอยู่ที่ความลึกระดับหนึ่งใต้พื้นผิวตะกอน และจะมีค่ากัมมันตภาพลดลงเนื่องจากการสลายตัวนิวเคลียร์ตามธรรมชาติของ  $Pb-210$  ด้วยครึ่งชีวิต 22.23 ปี การสลายตัวเป็นฟังก์ชันแบบเอกซโพเนนเชียล กับความลึกหรือเวลา  $t$  ของการตกตะกอนในอดีต ซึ่งทำให้สามารถวิเคราะห์หาเวลาของการตกตะกอนที่ความลึกต่างๆ และสามารถหาอัตราการตกตะกอนได้

ไอโซโทปกัมมันตรังสี ซีเซียม-137 หรือ  $Cs-137$  เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีที่เกิดจากปฏิกิริยาแบ่งแยกนิวเคลียส หรือ nuclear fission มีครึ่งชีวิต 30 ปี เนื่องจากเป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นโดยเทคโนโลยีของมนุษย์ จึงไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกำเนิดโลก แต่มีอยู่ในธรรมชาติภายหลังจากการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ในบรรยากาศและแพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อม และอาจเกิดจากอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ครั้งสำคัญ เช่น อุบัติเหตุนิวเคลียร์ที่เชอร์โนบิลในปี ค.ศ.1986 จากการศึกษาการแพร่กระจายของซีเซียม-137 ในตะกอนทะเลทั่วโลก พบว่ามีการปรากฏของซีเซียม-137 ในตะกอนที่ตกสะสมในปี ค.ศ. 1952 เป็นปีแรก และพบมีความเข้มข้นซีเซียม-137 สูงสุดในตะกอนทะเลสาบในปี ค.ศ.1963 ก่อนที่จะมีกฎบัตรห้ามทดลองระเบิดนิวเคลียร์ในบรรยากาศ และพบมีความเข้มข้นซีเซียม-137 สูงสุดในตะกอนทะเลสาบอีกครั้งหนึ่งในปี ค.ศ.1986 ซึ่งเป็นปีที่เกิดอุบัติเหตุนิวเคลียร์ที่เชอร์โนบิล

เทคนิคการตรวจวัดปริมาณ Pb-210 ในตะกอนที่ระดับความลึกต่างๆ จะเป็นเทคนิคที่นิยมใช้เพื่อ การวิเคราะห์หาอายุของการตกตะกอนในทะเลสาบ ในพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก แม้ว่าในประเทศไทยจะยังไม่ เคยปรากฏรายงานการหาอัตราการตกตะกอนทะเล/ทะเลสาบ ด้วยวิธีตรวจวัด Pb-210 ร่วมกับการ ตรวจวัด Cs-137 อย่างเป็นระบบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะเป็นงานวิจัยชิ้นแรกที่จะทำการศึกษาในเรื่องนี้

## 11. ผลการวิจัยและวิจารณ์ ผลการวิเคราะห์แบ่งตะกอน

ตารางที่ 1 แสดงพิกัดภูมิศาสตร์และรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างแบ่งตะกอนในทะเลสาบสงขลา ทั้งหมด ทั้งทะเลสาบตอนนอก ตอนกลาง และตอนใน

ตารางที่ 1 ตำแหน่งพิกัดของจุดเก็บตะกอนทะเลสาบสงขลาทั้งหมด

รหัส	พิกัด UTM E	พิกัด UTM N	รายละเอียดจุดเก็บในทะเลสาบสงขลา
SKL_01	666760	790342	ตอนนอก แหลมโพธิ์ - เกาะยอ
SKL_02	663870	791275	ตอนนอก ตะวันออกของแหลมโพธิ์
SKL_03	661697	793129	ตอนนอก เหนือแหลมโพธิ์
SKL_04	657759	793150	ตอนนอก
SKL_05	660465	795807	ตอนนอก
SKL_06	658218	797630	ตอนนอก
SKL_07	654591	797368	ตอนนอก
SKL_08	656337	800011	ตอนนอก ปากรอ
SKL_09	659967	800050	ตอนนอก ปากรอ
SKL_10	663438	801373	ตอนนอก
SKL_11	662108	797489	ตอนนอก
SKL_12	664997	797489	ตอนนอก
SKL_13	666077	799566	ตอนนอก
SKL_14	668147	795454	ตอนนอก
SKL_15	659975	791835	ตอนนอก ตะวันตกของปากคลองอู่ตะเภา
SKL_16	659085	801530	ตอนนอก ปากรอ
SKL_17	668552	797860	ตอนนอก สหิงหม้อ
SKL_18	657090	795208	ตอนนอก ปากคลองภูมิ
SKL_T5	669143	791925	ตอนนอก ตะวันตกเกาะยอ
TH_01	648671	834776	ตอนกลาง
TH_02	645413	830021	ตอนกลาง
TH_03	638965	825867	ตอนกลาง
TH_04	638715	831198	ตอนกลาง-ตอนใน เกาะใหญ่
TH_05	636362	830246	ตอนกลาง-ตอนใน แหลมจองถนน
TH_07	634333	837111	ตอนใน
TH_08	634482	840952	ตอนใน
TH_09	638784	840725	ตอนใน
TH_10	639884	845176	ตอนใน

หมายเหตุ แถบแรเงาแสดงแบ่งตะกอนที่มีผลการวิเคราะห์อัตราสารตกตะกอน



## 11.1 ผลการวิเคราะห์แท่งตะกอนรหัส SKL\_18

แท่งตะกอนรหัส SKL\_18 เก็บจากบริเวณนอกชายฝั่งปากคลองภูมิ การสะสมของตะกอนบริเวณนี้จึงอาจได้รับผลกระทบจากกำลังของน้ำโดยเฉพาะในฤดูน้ำหลากของทุกปี ที่อาจจะมีมวลน้ำพาตะกอนปริมาณมากจากลุ่มน้ำคลองภูมิ ไหลลงสู่ทะเลสาบ

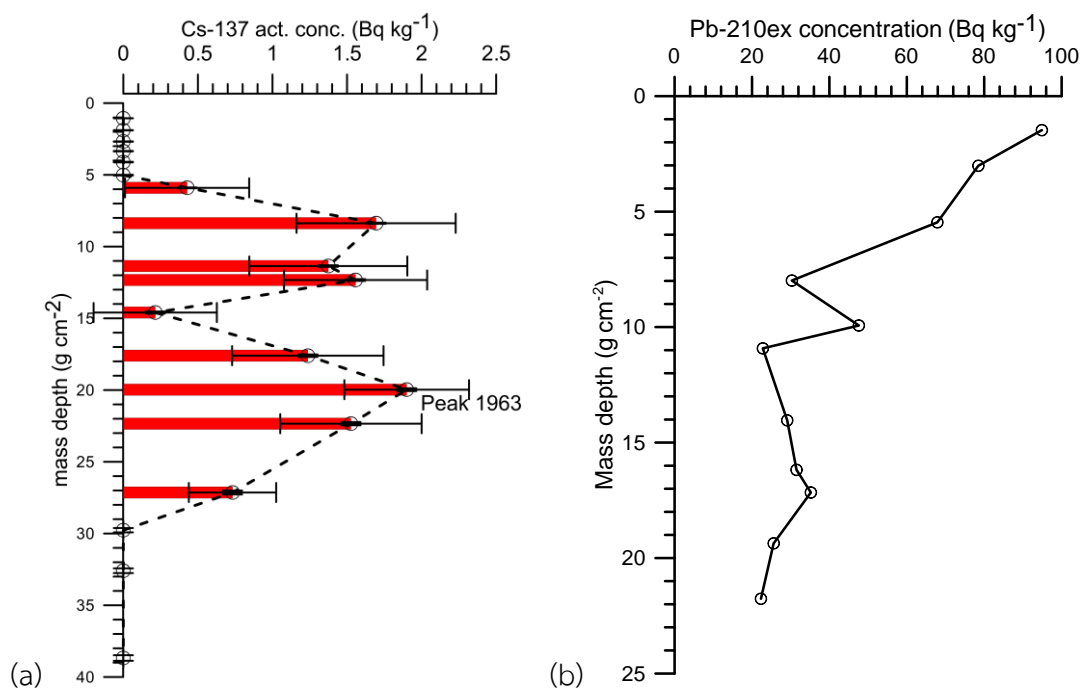
### 11.1.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_18 แสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 6a ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี 1963 พบที่ระดับความลึกเชิงมวล 20 g-cm<sup>-2</sup>

เมื่อทดลองคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ได้เท่ากับ  $20/49 = 0.408 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_18

Mass depth (g.cm <sup>-2</sup> )	Uncertainty of Mass depth (g.cm <sup>-2</sup> )	Cs-137 Activity (Bq)	Cs-137 Concentration (Bq kg <sup>-1</sup> )	Cs-137 Error (Bq kg <sup>-1</sup> )
1.053	0.005	0	0	-
1.893	0.010	0	0	-
2.679	0.014	0	0	-
3.347	0.017	0	0	-
4.108	0.021	0	0	-
5.020	0.025	0	0	-
5.904	0.030	0.017	0.43	0.42
8.371	0.042	0.059	1.69	0.53
11.355	0.057	0.055	1.37	0.53
12.329	0.062	0.062	1.56	0.48
14.595	0.074	0.008	0.21	0.41
17.602	0.089	0.049	1.24	0.51
19.971	0.101	0.076	1.90	0.42
22.343	0.113	0.061	1.53	0.47
27.138	0.137	0.029	0.73	0.29
29.767	0.150	0	0.00	-
32.590	0.164	0	0.00	-
38.674	0.195	0	0.00	-
44.913	0.227	0	0.00	-



รูปที่ 6 กราฟผลการทดลอง (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210 ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_18

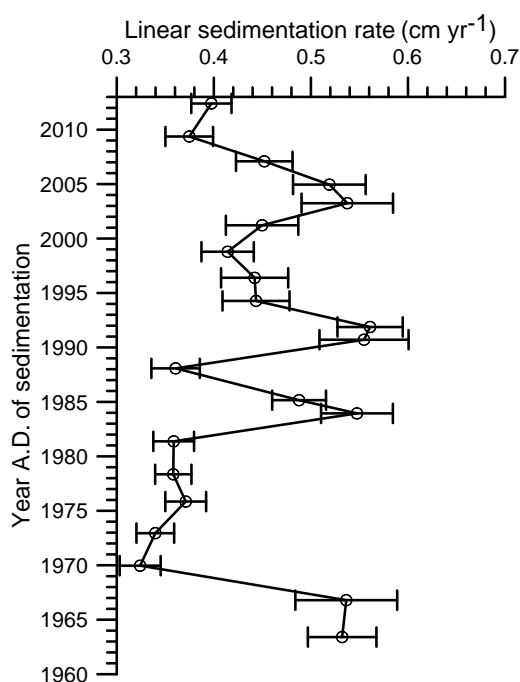
### 11.1.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 6(b) แสดงกราฟความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_18 ผลการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb-210ex ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่หรือ Constant flux model แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL\_18 จากข้อมูลตะกั่ว-210

ความลึก z(i) (cm)	ปี ค.ศ. ที่ ตกตะกอน	อัตรา	ความ	อัตรา	ความ
		ตกตะกอน เชิงมวล r(i) (g cm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup> )	ผิดพลาดของ r(i) (g cm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup> )	ตกตะกอน เชิงเส้น s(i) (cm y <sup>-1</sup> )	ผิดพลาด ของ s(i) (cm y <sup>-1</sup> )
0-1	2012	0.36	0.01	0.40	0.02
1-2	2009	0.35	0.02	0.37	0.02
2-3	2007	0.37	0.02	0.45	0.03
3-4	2005	0.38	0.02	0.52	0.04
4-5	2003	0.38	0.03	0.54	0.05
5-6	2001	0.38	0.03	0.45	0.04
6-7	1999	0.37	0.02	0.41	0.03
7-8	1996	0.37	0.02	0.44	0.03
8-9	1994	0.37	0.02	0.44	0.03
9-10	1992	0.47	0.02	0.56	0.03
10-11	1991	0.50	0.03	0.55	0.05

11-12	1988	0.38	0.02	0.36	0.02
12-13	1985	0.48	0.02	0.49	0.03
13-14	1984	0.51	0.03	0.55	0.04
14-15	1981	0.38	0.01	0.36	0.02
15-16	1978	0.41	0.01	0.36	0.02
16-17	1976	0.41	0.02	0.37	0.02
17-18	1973	0.36	0.01	0.34	0.02
18-19	1970	0.32	0.02	0.32	0.02
19-20	1967	0.55	0.05	0.54	0.05
20-21	1963	0.63	0.03	0.53	0.04
ค่าต่ำสุด - สูงสุด		0.32- 0.63		0.32-0.56	
ค่าเฉลี่ย		0.41		0.45	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.08		0.08	



รูปที่ 7 กราฟแสดงอัตราการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL\_18 (นอกชายฝั่งปากคลองภูมิ)

### 11.1.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส SKL\_18

จากการวิเคราะห์ Pb210ex ในแท่งตะกอน SKL\_18 โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่ พบว่าตะกอน ณ จุดนี้มีอัตราการตกตะกอนอยู่ระหว่าง 0.32 - 0.56 cm y<sup>-1</sup> ในช่วงปี ค.ศ. 1963 - 2012 โดยมีค่าอัตราการตกตะกอนเฉลี่ย 0.45 cm y<sup>-1</sup> (SD=0.08 cm y<sup>-1</sup>) และสามารถประเมินได้ว่าในแต่ละปีมีอัตราการตกตะกอนเท่าไร (รูปที่ 7) เช่น อัตราการตกตะกอนตั้งแต่ ปี ค.ศ.2003 - 2012 มีค่าลดลงจาก 0.54

$\text{cm y}^{-1}$  ในปี ค.ศ.2003 เป็น  $0.37 \text{ cm y}^{-1}$  ในปี ค.ศ.2009 และ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น  $0.40 \text{ cm y}^{-1}$  ในปี ค.ศ.2012

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดซีเซียม-137 ( $\text{Cs-137}$ ) ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_18 ที่สามารถใช้เป็นเทคนิคเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัตราการตกตะกอนที่วิเคราะห์จากข้อมูล Pb210ex เนื่องจากผลการศึกษาชั้นตะกอนทะเลสาบในที่ต่างๆ ทั่วโลกเราจะพบความเข้มข้น  $\text{Cs-137}$  สูงสุดในตะกอนที่ตกสะสมปี ค.ศ.1962-63 ซึ่งเป็นปีที่มีการทดลองระเบิดปรมาณูในบรรยากาศสูงสุด ก่อนที่จะมีกฎบัตรห้ามการทดลองระเบิดปรมาณูในบรรยากาศ และจะพบความเข้มข้น  $\text{Cs-137}$  สูงสุดในตะกอนอีกครั้งในปี ค.ศ. 1986 ที่เป็นปีที่เกิดอุบัติเหตุนิวเคลียร์เชอร์โนบิล ของอดีตสหภาพโซเวียต ผลการตรวจสอบพบความเข้มข้น  $\text{Cs-137}$  ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_18 พบค่าสูงสุดที่ระดับ  $\text{mass depth} = 20 \text{ g cm}^{-2}$  (ดูรูปที่ 6) ซึ่งตีความว่าเป็นการตกตะกอนในปี ค.ศ. 1963 และพบที่  $\text{mass depth} = 10 \text{ g cm}^{-2}$  หรือที่ความลึก 11-12 cm ซึ่งตีความว่าเป็นการตกตะกอนในปี ค.ศ. 1986 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนจากข้อมูล Pb-210ex ที่พบว่าปีตกตะกอนที่ ค.ศ. 1986 อยู่ที่ความลึก 11-12 cm เช่นเดียวกัน

## 11.2 ผลการวิเคราะห์แท่งตะกอนรหัส SKL\_16

แท่งตะกอนรหัส SKL\_16 เก็บจากบริเวณนอกชายฝั่งปากคลองปากรอ การสะสมของตะกอนบริเวณนี้จึงอาจได้รับผลกระทบจากกำลังของน้ำที่ไหลมาจากทางเหนือจากทะเลสาบตอนกลางและตอนใน และได้รับอิทธิพลของน้ำจากคลองอุต๊ะเกา ที่มีกำลังน้ำสูงสุดของแต่ละปีโดยเฉพาะในฤดูน้ำหลากของทุกปี และอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงของน้ำทะเล

### 11.2.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

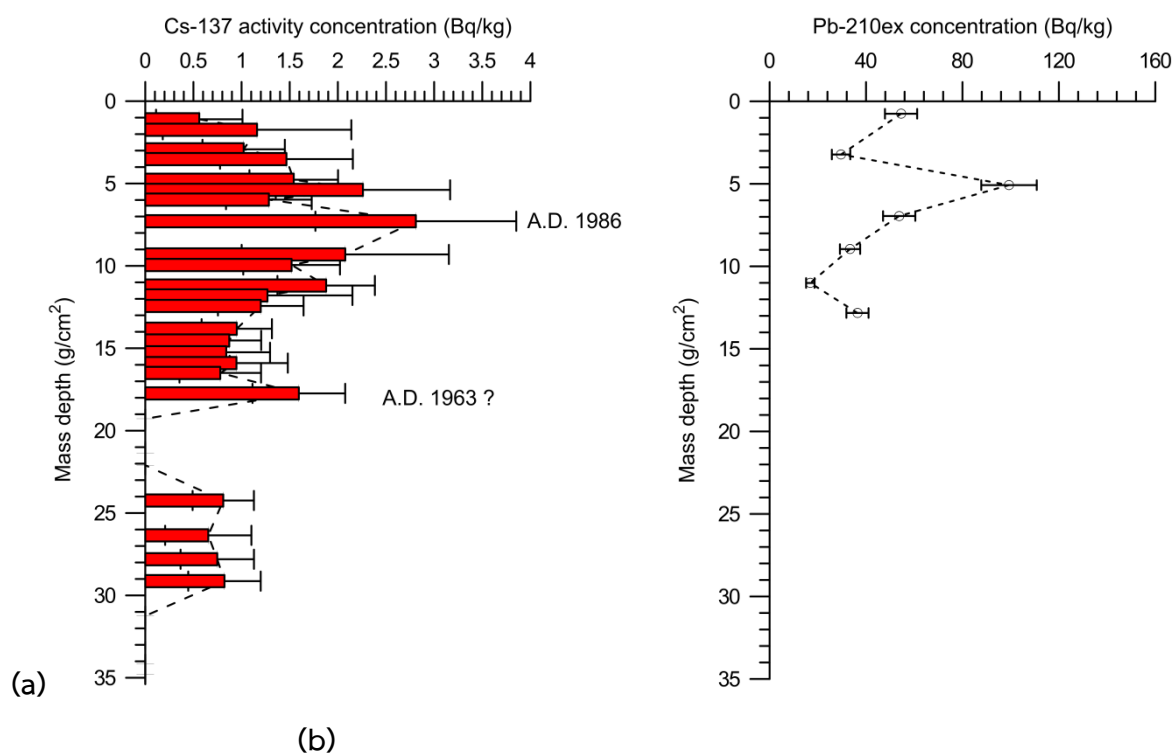
ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_16 แสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 8a ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี 1986 พบที่ระดับความลึกเชิงมวล  $7.29 \text{ g-cm}^{-2}$

คำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย (1986-2012) ได้เท่ากับ  $7.29/26 = 0.275 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$

**ตารางที่ 4** ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_16

ความลึกเชิงมวล (Mi) ( $\text{g cm}^{-2}$ )	ค่าความผิดพลาด (mi)	Cs-137 ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	ค่าความผิดพลาด (Cs-137)	ปีที่ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสมตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ( $\text{g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )	อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย ( $\text{cm y}^{-1}$ )
0	0			2012.5		
0.41	0.00	ND	-	2011.0		
1.10	0.01	0.56	0.45	2008.5		
1.74	0.01	1.16	0.98	2006.2		
2.28	0.01	-	-	2004.2	ช่วงปี	ช่วงปี
2.92	0.01	1.02	0.43	2001.9	1986 - 2012	1986 - 2012
3.52	0.02	1.47	0.69	1999.7	0.275	0.45
4.11	0.02	-	-	1997.5		
4.77	0.02	1.54	0.46	1995.2		
5.38	0.03	2.26	0.91	1992.9		
5.97	0.03	1.28	0.44	1990.8		
<b>7.29</b>	<b>0.04</b>	<b>2.81</b>	<b>1.04</b>	<b>1986.0</b>		
7.94	0.04	-	-	1984.6		
9.30	0.05	2.08	1.08	1981.6		
9.94	0.05	1.52	0.50	1980.2		
10.64	0.05	-	-	1978.6		
11.19	0.06	1.88	0.51	1977.4	ช่วงปี	ช่วงปี
11.79	0.06	1.27	0.88	1976.1	1963 - 1986	1963 - 1986
12.43	0.06	1.20	0.44	1974.7	0.454	0.70
13.81	0.07	0.95	0.37	1971.6		
14.52	0.07	0.87	0.33	1970.1		
15.24	0.08	0.84	0.45	1968.5		
15.90	0.08	0.95	0.53	1967.0		

16.50	0.08	0.78	0.42	1965.7
17.12	0.09	-	-	1964.4
<b>17.74</b>	<b>0.09</b>	<b>1.59</b>	<b>0.48</b>	<b>1963.0</b>
18.49	0.09	ND	-	1961.3
24.2	0.1	0.81	0.32	1948.7
26.4	0.1	0.65	0.45	1944.0
27.8	0.1	0.75	0.38	1940.8
29.1	0.1	0.82	0.38	1937.9
31.2	0.2	ND	-	1933.3



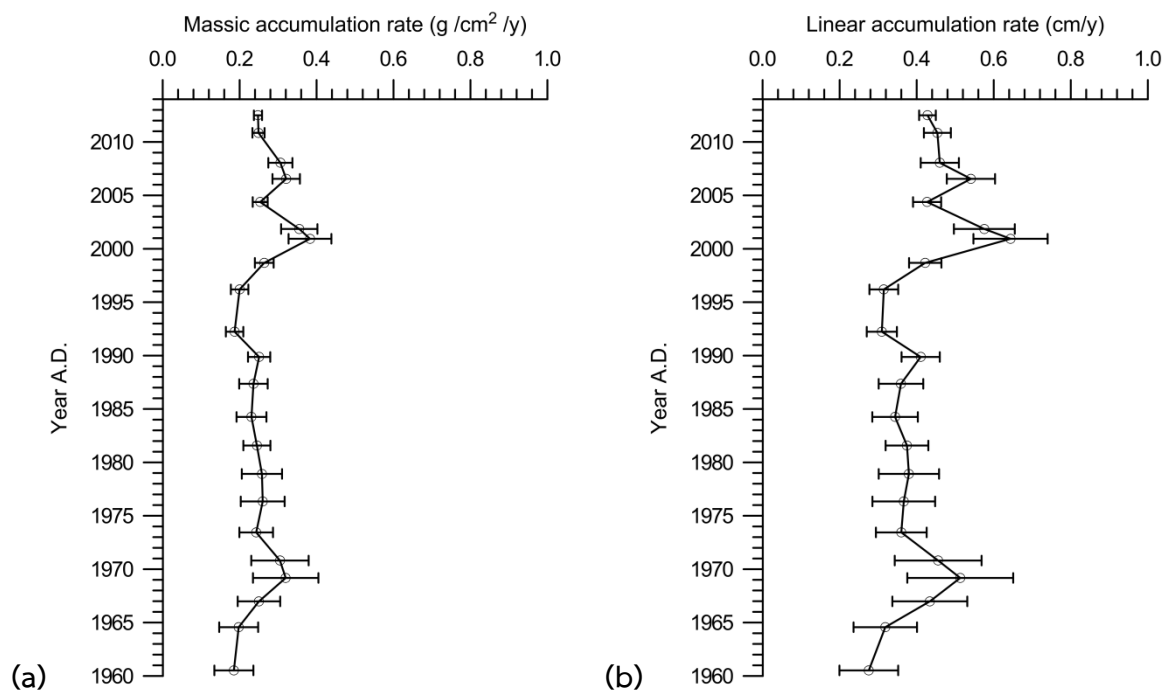
รูปที่ 8 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_16

### 11.2.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 8(b) แสดงกราฟความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_16 ผลการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb-210ex ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่หรือ Constant flux model แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL\_16 ด้วยวิธี Pb-210ex

ความลึกเชิง มวล $M_i$ ( $\text{g cm}^{-2}$ )	ความ ผิดพลาด $m(i)$	ปีที่ ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสมตะกอน เชิงมวล $r(i)$ ( $\text{g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$ )	ความ ผิดพลาด $r(i)$	อัตราสะสมตะกอน เชิงเส้น $s(i)$ ( $\text{cm y}^{-1}$ )	ความ ผิดพลาด $s(i)$
0.00	0.00	2012.5	0.25	0.01	0.43	0.02
0.41	0.01	2010.9	0.25	0.02	0.45	0.03
1.10	0.02	2008.1	0.31	0.03	0.46	0.05
1.74	0.04	2006.5	0.32	0.04	0.54	0.06
2.29	0.05	2004.4	0.25	0.02	0.43	0.04
2.92	0.06	2001.9	0.35	0.05	0.58	0.08
3.52	0.08	2000.9	0.38	0.06	0.64	0.10
4.11	0.09	1998.7	0.26	0.02	0.42	0.04
4.77	0.11	1996.2	0.20	0.02	0.31	0.04
5.38	0.12	1992.2	0.19	0.02	0.31	0.04
5.98	0.13	1989.9	0.25	0.03	0.41	0.05
6.61	0.15	1987.4	0.24	0.04	0.36	0.06
7.29	0.16	1984.3	0.23	0.04	0.34	0.06
7.95	0.18	1981.6	0.24	0.04	0.37	0.06
8.60	0.19	1978.9	0.26	0.05	0.38	0.08
9.31	0.21	1976.3	0.26	0.06	0.37	0.08
10.02	0.22	1973.4	0.24	0.04	0.36	0.07
10.66	0.24	1970.8	0.30	0.07	0.46	0.11
11.35	0.25	1969.2	0.32	0.09	0.51	0.14
11.90	0.26	1967.0	0.25	0.06	0.43	0.10
12.51	0.28	1964.6	0.20	0.05	0.32	0.08
13.14	0.29	1960.5	0.19	0.05	0.28	0.08
13.85	0.31	1957.5	0.23	0.07	0.34	0.09
14.53	0.32	1954.6	0.23	0.07	0.34	0.10
15.24	0.34	1951.6	0.23	0.07	0.34	0.11
15.89	0.35	1948.7	0.23	0.08	0.36	0.13
		ค่าต่ำสุด	0.19		0.28	
		ค่าสูงสุด	0.38		0.64	
		ค่าเฉลี่ย	0.26		0.41	
		S.D.	0.05		0.09	



รูปที่ 9 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL\_16  
(a) อัตราสะสมตะกอนเชิงมวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น

### 11.2.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส SKL\_16

เนื่องจากข้อมูลค่าสูงสุดของ Cs-137 ที่สอดคล้องกับปี ค.ศ.1963 มีความไม่ชัดเจน ต่างกับยอด Cs-137 ของปี ค.ศ.1986 ที่มีความชัดเจนและน่าเชื่อถือมากกว่า จึงได้จัดการเฉลี่ยค่าอัตราการตกตะกอนนับจากช่วงปี ค.ศ.1986 ขึ้นมา

จากการวิเคราะห์ Pb210ex ในแท่งตะกอน SKL\_16 โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่ พบว่าตะกอน ณ จุดนี้มีอัตราการตกตะกอนอยู่ระหว่าง  $0.31 - 0.64 \text{ cm y}^{-1}$  ( $0.19 - 0.38 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ) ในช่วงปี ค.ศ. 1986 - 2012 โดยมีค่าอัตราการตกตะกอนเฉลี่ย  $0.445 \pm 0.10 \text{ cm y}^{-1}$  หรือ  $0.27 \pm 0.06 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$

และสามารถประเมินได้ว่าในแต่ละปีมีอัตราการตกตะกอนเท่าไร (รูปที่ 9) เช่น อัตราการตกตะกอนตั้งแต่ ปี ค.ศ.1992-1996 มีค่าต่ำประมาณ  $0.31 \text{ cm y}^{-1}$  แล้วเพิ่มขึ้นสูงสุดในปี ค.ศ. 2000-2001 เป็น  $0.64 \text{ cm y}^{-1}$  และลดลงเล็กน้อยเป็น  $0.43 \text{ cm y}^{-1}$  ในปี ค.ศ.2012



### 11.3 ผลการวิเคราะห์แท่งตะกอนรหัส SKL\_17

แท่งตะกอนรหัส SKL\_17 เก็บจากบริเวณนอกชายฝั่งด้านทิศเหนือ บริเวณปากคลองสทิงหม้อ ตำบลสทิงหม้อ อ.สิงหนคร จ.สงขลา (รูปที่ 1) การสะสมของตะกอนบริเวณนี้จึงอาจได้รับผลกระทบจากกำลังของน้ำที่ไม่รุนแรงจากคลองสทิงหม้อ แต่อยู่ในอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง โดยน้ำจะไหลในทิศทาง ตะวันออก-ตะวันตก ขึ้นกับภาวะน้ำขึ้น-น้ำลง จุดนี้ได้รับอิทธิพลของน้ำจากคลองอยู่เล็กน้อย

#### 11.3.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_17 แสดงในตารางที่ 6 และรูปที่ 10a ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี 1986 พบที่ความลึกเชิงมวล  $16.64 \text{ g-cm}^{-2}$

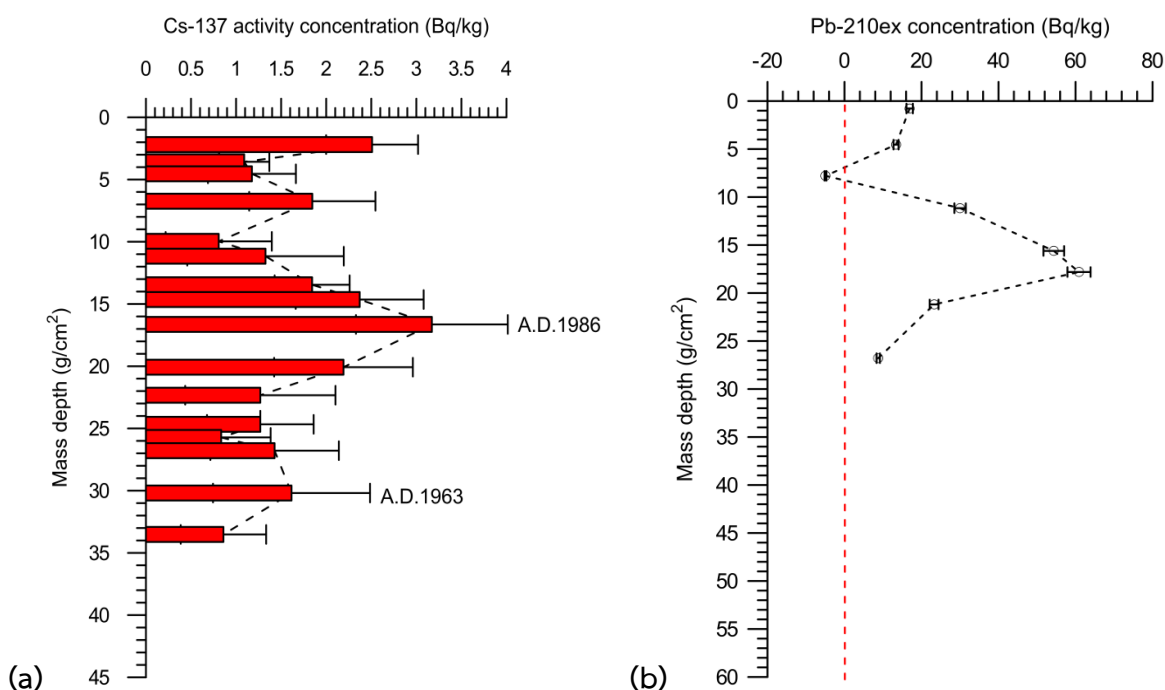
คำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย (1986-2012) ได้เท่ากับ  $16.64/26 = 0.64 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเท่ากับ  $0.54 \text{ cm y}^{-1}$

นอกจากนี้ยังสามารถเห็นยอดความเข้มข้นสูงสุดที่ระดับความลึกเชิงมวล  $30.2 \text{ g cm}^{-2}$  ซึ่งคาดว่าจะเป็นการตกตะกอนที่เกินขึ้นในปี ค.ศ. 1963 ทำให้สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ในช่วงปี ค.ศ. 1963-1986 ได้เท่ากับ  $(30.2-16.64)/(1986-1963) = 0.589 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเท่ากับ  $0.52 \text{ cm y}^{-1}$

**ตารางที่ 6** ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_17

ความลึกเชิงมวล (Mi)	ค่าความผิดพลาด	Cs-137	ค่าความผิดพลาด	ปีที่ตกตะกอน	อัตราสะสมตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย	อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย
( $\text{g cm}^{-2}$ )	(mi)	( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	(Cs-137)	(A.D.)	$\text{g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$	$\text{cm y}^{-1}$
0.77	0.00	-	-	2011.3		
2.19	0.01	2.51	0.51	2009.1		
3.57	0.02	1.09	0.28	2006.9		
4.54	0.02	1.18	0.49	2005.4		
5.55	0.03	-	-	2003.8		
6.74	0.03	1.85	0.70	2002.0		
7.79	0.04	-	-	2000.3		
8.93	0.04	-	-	1998.5	ช่วงปี 1986 - 2013	ช่วงปี 1986 - 2013
9.97	0.05	0.81	0.59	1996.9	<b>0.640</b>	<b>0.54</b>
11.16	0.06	1.33	0.87	1995.1		
12.25	0.06	-	-	1993.4		
13.45	0.07	1.84	0.42	1991.5		
14.64	0.07	2.37	0.71	1989.6		
15.61	0.08	-	-	1988.1		
16.64	0.08	3.17	0.84	1986.0		
17.81	0.09	-	-	1984.0		

19.0	0.1	-	-	1982.1		
20.1	0.1	2.19	0.77	1980.2		
21.2	0.1	-	-	1978.3		
22.3	0.1	1.27	0.83	1976.3	ช่วงปี	ช่วงปี
23.6	0.1	-	-	1974.2	1963 -1986	1963 -1986
24.7	0.1	1.27	0.59	1972.4	<b>0.589</b>	<b>0.52</b>
25.7	0.1	0.83	0.55	1970.6		
26.8	0.1	1.43	0.71	1968.8		
29.1	0.1			1964.8		
<b>30.2</b>	<b>0.2</b>	<b>1.62</b>	<b>0.87</b>	<b>1963.0</b>		
31.3	0.2	-	-	1961.0		
33.5	0.2	0.86	0.47	1957.4		
34.6	0.2	ND	-	1955.5		



รูปที่ 10 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_17

### 11.3.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 10(b) แสดงกราฟความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_17 จากรูปกราฟแสดงค่า Pb-210ex ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบซับซ้อน คาดว่าการตกสะสมของ Pb-210ex ที่มาจากชั้นบรรยากาศ อาจถูกรบกวนจากกระแสน้ำที่มาจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง จนทำให้การตกสะสมของ Pb-210ex มีความซับซ้อน เช่น กระแสน้ำทำให้อนุภาคเบาไม่จมตัว รวมทั้งกระแสน้ำอาจทำให้อนุภาคเบาที่จมตัวแล้วกลับขึ้นมาแขวนลอยใหม่ (re-suspension) เป็นต้น ในแท่งตัวอย่าง

SKL\_17 จึงไม่วิเคราะห์อัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb-210ex อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์โดยการพิจารณาเทอม re-suspension และ erosion อาจให้ข้อมูลเพิ่มเติมได้

### 11.3.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส SKL\_17

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_17 สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ได้ 2 ช่วง คือช่วง หลังปี ค.ศ.1986-2012 ได้ค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเท่ากับ  $0.64 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย เท่ากับ  $0.54 \text{ cm y}^{-1}$  ช่วงที่ 2 ช่วงปี ค.ศ.1963 – 1986 สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ได้เท่ากับ  $0.589 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย เท่ากับ  $0.52 \text{ cm y}^{-1}$  และไม่สามารถวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนรายปีจากข้อมูล Pb-210ex ได้

## 11.4 ผลการวิเคราะห์แหล่งตะกอนรหัส SKL\_T5

แหล่งตะกอนรหัส SKL\_T5 เก็บจากบริเวณนอกชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะยอ (รูปที่ 1) การสะสมของตะกอนบริเวณนี้จึงอาจได้รับอิทธิพลจากกำลังของน้ำขึ้น-น้ำลง ที่ไหลในทิศทางตะวันออก-ตะวันตก ทางหัวเกาะด้านทิศเหนือ และ ด้านทิศใต้ จุด SKL\_T5 อยู่ประมาณกึ่งกลาง เมื่อกำลังน้ำจากหัวเกาะทางทิศเหนือและทางทิศใต้ลดกำลังลง รวมทั้งกำลังน้ำจากคลองอยู่ตะเภาก็จะลดกำลังลงเช่นกัน บริเวณนี้จึงน่าจะเป็นที่รวมของตะกอนที่มาจากกระแสน้ำจากแหล่งต่างๆ ดังกล่าว

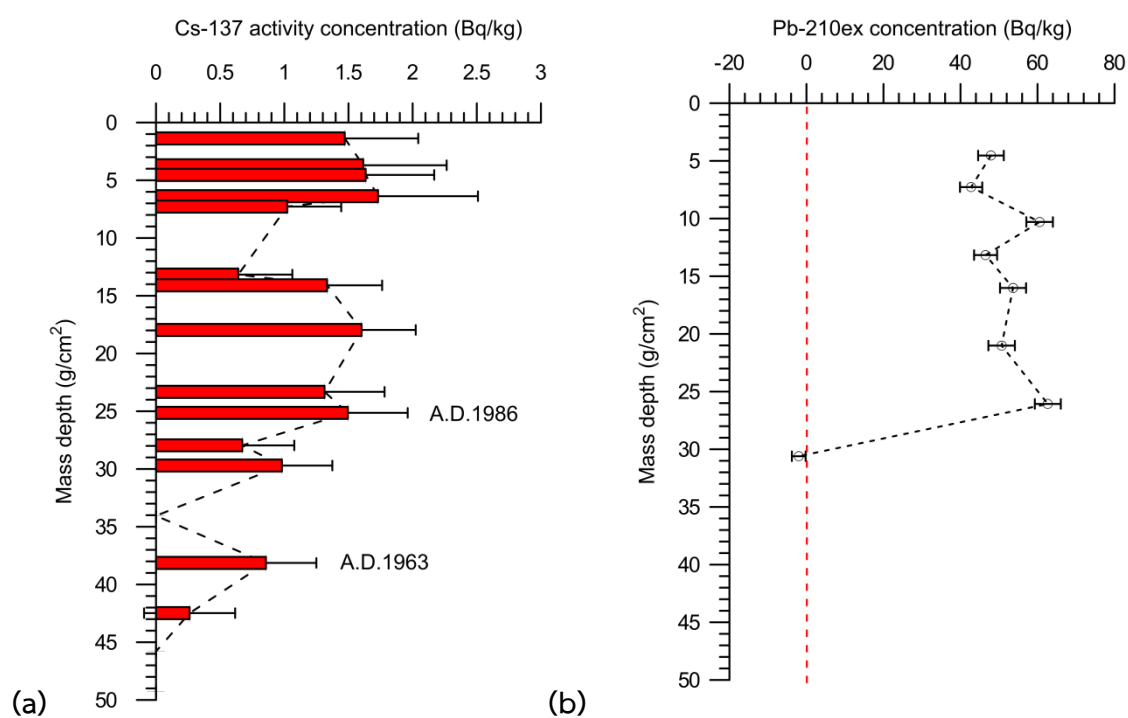
### 11.4.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแหล่งตะกอนรหัส SKL\_T5 แสดงในตารางที่ 7 และรูปที่ 11a ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี 1986 พบที่ระดับความลึกเชิงมวล  $25.1 \text{ g-cm}^{-2}$  คำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย (1986-2012) ได้เท่ากับ  $0.949 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเท่ากับ  $0.98 \text{ cm y}^{-1}$  นอกจากนี้ยังสามารถเห็นยอดความเข้มข้นสูงสุดที่ระดับความลึกเชิงมวล  $38.1 \text{ g cm}^{-2}$  ซึ่งคาดว่าจะเป็นการตกตะกอนที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1963 ทำให้สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ในช่วงปี ค.ศ. 1963-1986 ได้เท่ากับ  $(38.1-25.1)/(1986-1963) = 0.565 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเท่ากับ  $0.65 \text{ cm y}^{-1}$

ตารางที่ 7 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแหล่งตะกอนรหัส SKL\_T5

ความลึกเชิงมวล (Mi)	ค่าความผิดพลาด	Cs-137	ค่าความผิดพลาด	ปีที่ตกตะกอน	อัตราสะสมตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย	อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย
( $\text{g cm}^{-2}$ )	(mi)	( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	(Cs-137)	(A.D.)	$\text{g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$	$\text{cm y}^{-1}$
0.0	0.0	-	-	2012.5		
1.37	0.01	1.47	0.57	2011.1		
2.15	0.01			2010.2		
3.70	0.02	1.62	0.65	2008.6	ช่วงปี	ช่วงปี
4.53	0.02	1.63	0.53	2007.7	1986 - 2012	1986 - 2012
5.43	0.03			2006.8	<b>0.949</b>	<b>0.98</b>
6.38	0.03	1.73	0.78	2005.8		
7.27	0.04	1.02	0.42	2004.8		
12.16	0.06			1999.7		
13.16	0.07	0.64	0.42	1998.6		
14.09	0.07	1.33	0.43	1997.6		
17.96	0.09	1.60	0.42	1993.6		
18.9	0.1			1992.5		
23.3	0.1	1.31	0.47	1987.9		
24.3	0.1			1986.9		

25.1	0.1	1.50	0.47	1986.0		
27.0	0.1			1982.7		
28.0	0.1	0.67	0.41	1981.0		
28.8	0.1			1979.5	ช่วงปี	ช่วงปี
29.7	0.1	0.98	0.39	1977.9	1963 -1986	1963 -1986
31.5	0.2			1974.8	0.565	0.65
34.1	0.2	0.00	0.00	1970.2		
37.4	0.2			1964.3		
38.1	0.2	0.86	0.39	1963.0		
42.5	0.2	0.26	0.35	1955.3		
45.8	0.2	0.00	0.00	1949.4		



รูปที่ 11 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_T5

#### 11.4.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 11(b) แสดงกราฟความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_T5 จากรูปกราฟแสดงค่า Pb-210ex ที่มีค่าเพิ่มขึ้น (หรือประมาณคงที่) เมื่อความลึกเพิ่มผิดปกติไปจากที่ควรจะเป็น แสดงการตกตะกอนของอนุภาคแขวนลอยที่มีความซับซ้อน คาดว่าการตกสะสมของ Pb-210ex ที่มาจากชั้นบรรยากาศ อาจถูกรบกวนจากกระแสน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-

น้ำลง ทำให้การตกสะสมของ Pb-210ex ไม่สม่ำเสมอ ในแท่งตัวอย่าง SKL\_T5 จึงจะไม่วิเคราะห์อัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb-210ex

#### 11.4.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส SKL\_T5

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_T5 สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ได้ 2 ช่วง คือช่วง หลังปี ค.ศ.1986-2012 ได้ค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเท่ากับ  $0.949 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย เท่ากับ  $0.98 \text{ cm y}^{-1}$  ช่วงที่ 2 ช่วงปี ค.ศ.1963 – 1986 สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ได้เท่ากับ  $0.565 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย เท่ากับ  $0.65 \text{ cm y}^{-1}$  และยังไม่สามารถวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนรายปีจากข้อมูล Pb-210ex ได้

## 11.5 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL\_15

แห่งตะกอนรหัส SKL\_15 เก็บจากบริเวณนอกชายฝั่งด้านตะวันตกของปากคลองอู่ตะเภา ส่วนที่เรียกว่า ปากคลอง ร.1 (รูปที่ 1) การสะสมของตะกอนบริเวณนี้จึงได้รับอิทธิพลจากกำลังน้ำที่รุนแรงที่ไหลมาจากคลองอู่ตะเภา โดยเฉพาะในเวลาน้ำหลาก

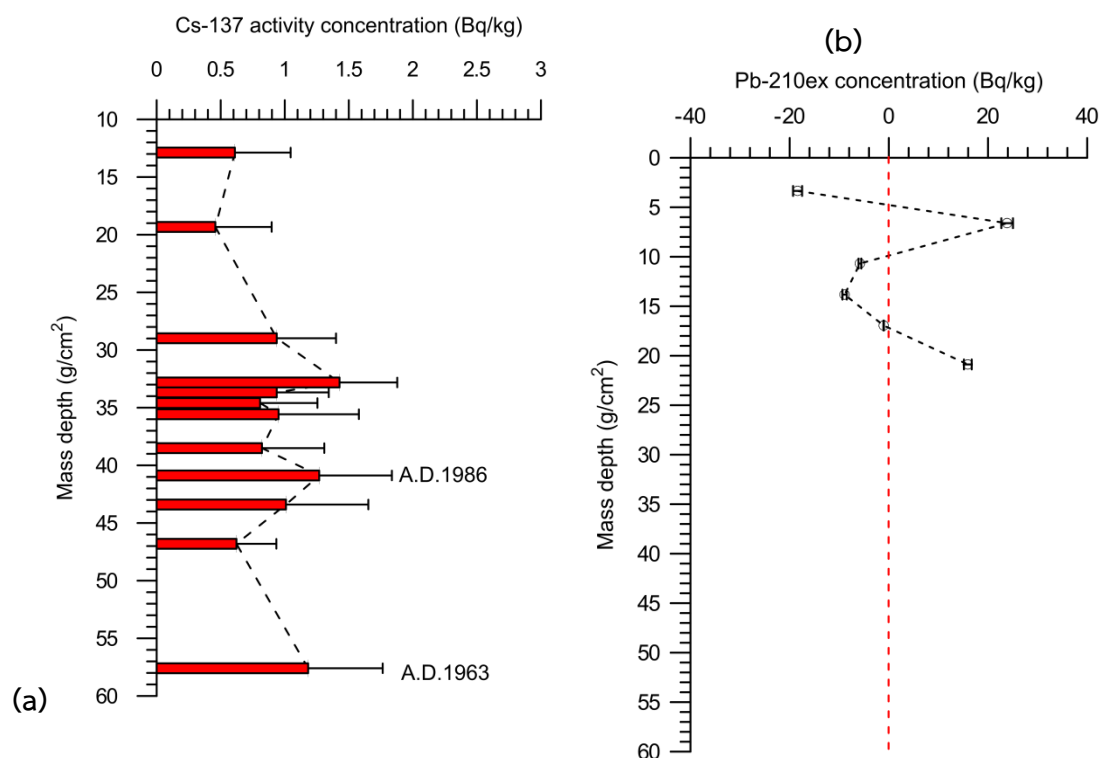
### 11.5.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแห่งตะกอนรหัส SKL\_15 แสดงในตารางที่ 8 และรูปที่ 12a ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี 1986 พบที่ระดับความลึกเชิงมวล  $40.9 \text{ g-cm}^{-2}$  คำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย (1986-2012) ได้เท่ากับ  $1.543 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเท่ากับ  $1.40 \text{ cm y}^{-1}$  และคาดว่าตรวจพบยอดความเข้มข้นสูงสุดที่เป็นการตกตะกอนที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1963 โดยพบที่ระดับความลึกเชิงมวล  $57.6 \text{ g cm}^{-2}$  ทำให้สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ในช่วงปี ค.ศ. 1963-1986 ได้เท่ากับ  $0.727 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเท่ากับ  $0.83 \text{ cm y}^{-1}$

**ตารางที่ 8** ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแห่งตะกอนรหัส SKL\_15

ความลึกเชิงมวล (Mi)	ค่าความผิดพลาด	Cs-137 (Bq kg <sup>-1</sup> )	ค่าความผิดพลาด (Cs-137)	ปีที่ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสมตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย (g cm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup> )	อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย (cm y <sup>-1</sup> )
0.0	0.0	-	-	2012.5		
5.55	0.03			2008.9	ช่วงปี	ช่วงปี
6.61	0.03			2008.2	1986 - 2012	1986 - 2012
7.98	0.04			2007.3	1.543	1.40
12.88	0.06	0.61	0.43	2004.2		
17.96	0.09			2000.9		
19.3	0.1	0.46	0.44	2000.0		
28.1	0.1			1994.3		
29.0	0.1	0.94	0.46	1993.7		
31.9	0.2			1991.8		
32.8	0.2	1.43	0.45	1991.2		
33.7	0.2	0.94	0.41	1990.7		
34.6	0.2	0.81	0.45	1990.1		
35.6	0.2	0.95	0.63	1989.4		
37.5	0.2			1988.2		
38.5	0.2	0.82	0.49	1987.5		
40.1	0.2			1986.5		
<b>40.9</b>	<b>0.2</b>	<b>1.27</b>	<b>0.57</b>	<b>1986.0</b>		
42.6	0.2			1983.7		
43.4	0.2	1.01	0.64	1982.5		

45.9	0.2			1979.1	ช่วงปี	ช่วงปี
46.8	0.2	0.62	0.31	1977.8	1963 -1986	1963 -1986
47.6	0.2			1976.7	0.727	0.83
57.6	0.3	1.18	0.58	1963.0		
58.4	0.3			1961.9		



รูปที่ 12 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_15

### 11.5.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 12(b) แสดงกราฟความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_15 จากรูปกราฟแสดงค่า Pb-210ex ที่มีค่าเปลี่ยนแปลง ไม่สอดคล้องกับรูปแบบปกติที่ควรจะเป็น แสดงการตกตะกอนของอนุภาคแขวนลอยที่มีความซับซ้อน คาดว่าการตกสะสมของ Pb-210ex ที่มาจากชั้นบรรยากาศ อาจถูกรบกวนจากกระแสน้ำรุนแรงจากคลองอุต๊ะเกา และที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง ทำให้การตกสะสมของ Pb-210ex มีความไม่แน่นอน ในแท่งตัวอย่าง SKL\_15 จึงจะไม่วิเคราะห์อัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb-210ex อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์โดยการพิจารณาเทอม re-suspension และ erosion เข้าไปด้วยอาจให้ข้อมูลเพิ่มเติม



### 11.5.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส SKL\_15

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_15 สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ได้ 2 ช่วง คือช่วง หลังปี ค.ศ.1986-2012 ได้ค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเท่ากับ  $1.543 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย เท่ากับ  $1.40 \text{ cm y}^{-1}$  ช่วงที่ 2 ช่วงปี ค.ศ.1963 – 1986 สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ได้เท่ากับ  $0.727 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย เท่ากับ  $0.83 \text{ cm y}^{-1}$  และยังไม่สามารถวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนรายปีจากข้อมูล Pb-210ex ได้

บริเวณจุด SKL\_15 นี้พบว่า มีการตกตะกอนรุนแรงกว่าบริเวณอื่น คือ  $> 1 \text{ cm y}^{-1}$  เนื่องจากอยู่บริเวณใกล้ปากคลองอุต๊ะเกาที่มีกำลังน้ำมากโดยเฉพาะช่วงน้ำหลาก ทำให้น้ำพัดพาตะกอนขนาดต่างๆ จำนวนมากมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอุต๊ะเกาทั้งหมด โดยตะกอนขนาดโตกว่าจะตกจมอย่างรวดเร็วเมื่อน้ำไหลผ่านปากคลองสู่ทะเลสาบ ตะกอนขนาดเล็กกว่าก็จะตกจมที่ระยะไกลจากปากคลองออกไปตามลำดับสำหรับตะกอนละเอียดที่แขวนลอยในอากาศและมี Pb-210ex เกาะติดมาด้วย เมื่อถึงผิวน้ำและจมลง แต่จะไม่จมถึงก้นทะเลสาบ โดยจะแขวนลอยอยู่ในน้ำได้นานในสภาวะที่น้ำมีกำลังมาก ส่งผลให้ค่า Pb-210ex ในแท่งตะกอน SKL\_15 มีความผิดปกติไป จนไม่สามารถคำนวณหาอัตราการตกตะกอนด้วยวิธีนี้ได้

## 11.6 ผลการวิเคราะห์แท่งตะกอนรหัส SKL\_02

แท่งตะกอนรหัส SKL\_02 เก็บจากบริเวณนอกชายฝั่งบริเวณปากคลองอยู่ตะเภา บริเวณตะวันออกของแหลมโพธิ์ (ดูรูปที่ 1) บริเวณนี้ตกอยู่ในอิทธิพลของน้ำจากคลองอยู่ตะเภาและคลองระบายน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อป้องกันน้ำท่วม อ. หาดใหญ่ในภายหลัง การสะสมของตะกอนบริเวณนี้จึงอาจได้รับผลกระทบจากกำลังของน้ำโดยเฉพาะในฤดูน้ำหลากของทุกปี ที่อาจจะมีมวลน้ำพาตะกอนปริมาณมากจากลุ่มน้ำคลองอยู่ตะเภาไหลลงทะเลสาบ

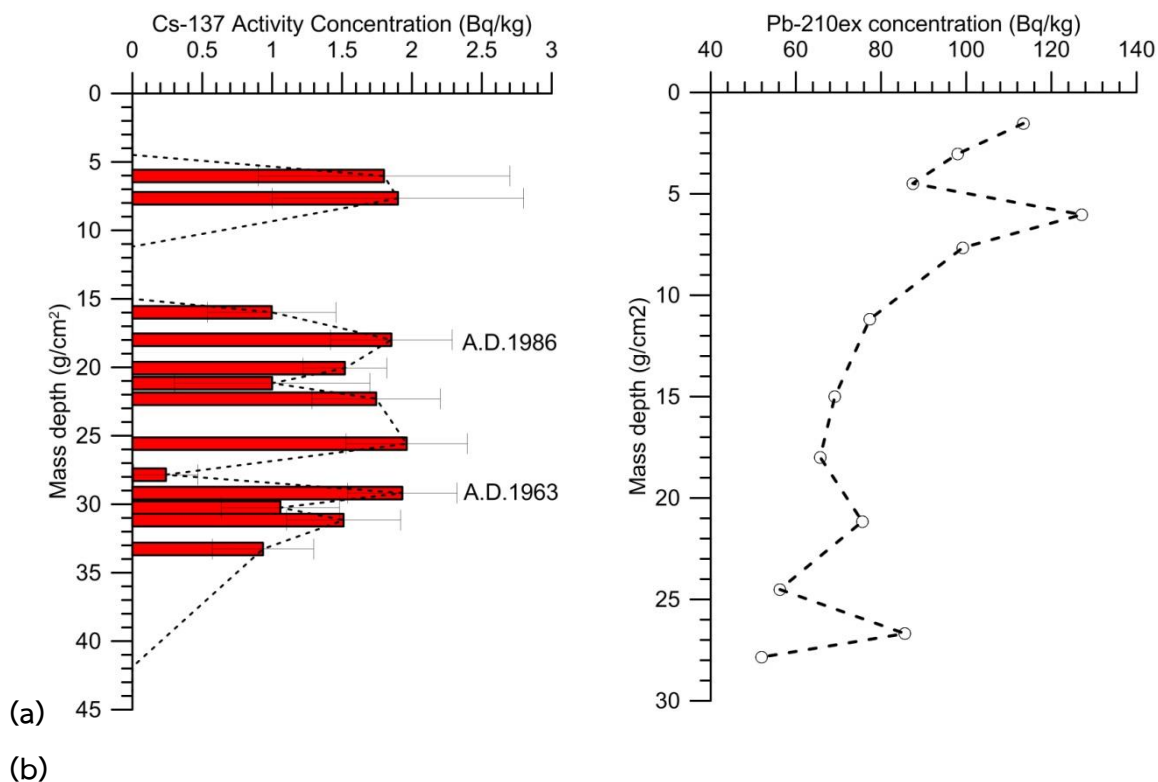
### 11.6.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_02 แสดงในตารางที่ 9 และรูปที่ 13(a) ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี 1963 พบที่ความลึกเชิงมวล 29.18 g-cm<sup>-2</sup>

เมื่อทดลองคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ยได้เท่ากับ  $29.18/49 = 0.595 \text{ g-cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$

ตารางที่ 9 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_02

Mi (g cm <sup>-2</sup> )	ค่าผิดพลาด (m <sub>i</sub> )	Cs-137 (Bq kg <sup>-1</sup> )	ค่าผิดพลาด (Cs-137)
1.53	0.05	0.0	0.0
3.02	0.10	0.0	0.0
4.49	0.15	0.0	0.0
6.03	0.21	1.8	0.9
7.66	0.26	1.9	0.9
11.19	0.38	0.0	0.0
15.00	0.51	0.0	0.0
15.98	0.55	1.0	0.5
17.99	0.62	1.9	0.4
20.06	0.69	1.5	0.3
21.16	0.73	1.0	0.7
22.30	0.76	1.7	0.5
25.58	0.88	2.0	0.4
27.84	0.95	0.2	0.2
29.18	0.71	1.9	0.4
30.24	0.73	1.1	0.4
31.16	0.76	1.5	0.4
33.27	0.81	0.9	0.4
41.88	1.02	0.0	0.0
43.00	1.04	0.0	0.0



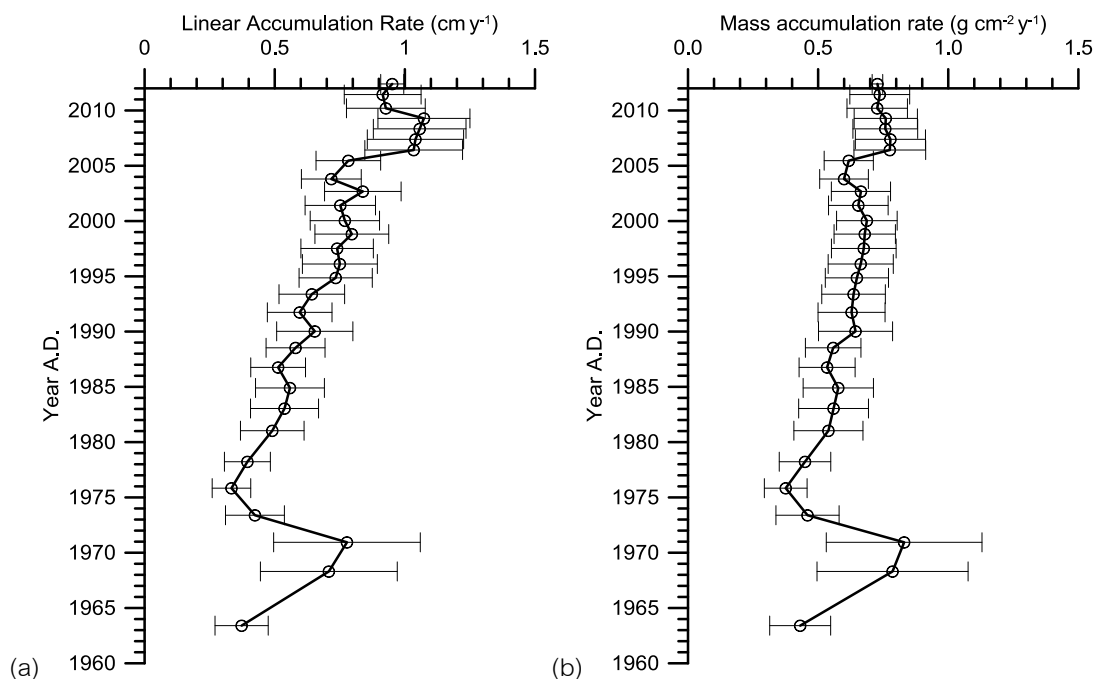
รูปที่ 13 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น Cs-137 และ (b) ความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_02

### 11.6.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 13(b) แสดงกราฟความเข้มข้น Pb-210ex ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_02 ผลการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb-210ex ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่หรือ Constant flux model แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL 02

ความลึกเชิง มวล $M_i$ ( $\text{g cm}^{-2}$ )	ความ ผิดพลาด ( $m_i$ )	ปีที่ตกตะกอน (AD)	อัตราสะสม ตะกอนเชิง มวล $r(i)$ ( $\text{g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$ )	ความ ผิดพลาด ( $r(i)$ )	อัตราสะสม ตะกอนเชิง เส้น $s(i)$ ( $\text{cm y}^{-1}$ )	ความ ผิดพลาด $s(i)$
1.53	0.05	2011.4	0.74	0.11	0.91	0.15
3.02	0.10	2009.3	0.76	0.12	1.07	0.18
4.49	0.15	2007.4	0.78	0.13	1.04	0.19
6.03	0.21	2005.5	0.62	0.09	0.78	0.12
7.66	0.26	2002.7	0.66	0.11	0.84	0.15
11.19	0.38	1997.5	0.68	0.12	0.74	0.14
15.00	0.51	1991.7	0.63	0.13	0.60	0.12
15.98	0.55	1990.0	0.64	0.14	0.65	0.15
17.99	0.62	1986.8	0.53	0.11	0.51	0.11
20.06	0.69	1983.0	0.56	0.13	0.54	0.13
21.16	0.73	1981.0	0.54	0.13	0.49	0.12
22.30	0.76	1978.2	0.45	0.10	0.39	0.09
24.51	0.84	1973.4	0.46	0.12	0.42	0.11
25.58	0.88	1970.9	0.83	0.30	0.78	0.28
26.69	0.92	1968.3	0.79	0.29	0.71	0.26
27.84	0.95	1963.4	0.43	0.12	0.37	0.10
		ค่าต่ำสุด	0.38		0.33	
		ค่าสูงสุด	0.83		1.07	
		ค่าเฉลี่ย	0.64		0.72	
		S.D.	0.11		0.21	



รูปที่ 14 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL\_02 (นอกชายฝั่งปากคลองอู่ตะเภา) (a) อัตราสะสมตะกอนเชิงมวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น

### 11.6.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส SKL\_02

จากการวิเคราะห์  $Pb^{210}ex$  ในแท่งตะกอน SKL\_02 โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่ พบว่าตะกอน ณ จุดนี้มีอัตราการตกตะกอนอยู่ระหว่าง  $0.33 - 1.07 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี ค.ศ. 1963 - 2012 โดยมีค่าอัตราการตกตะกอนเฉลี่ย  $0.72 \text{ cm y}^{-1}$  ( $SD=0.21 \text{ cm y}^{-1}$ ) และสามารถประเมินอัตราการตกตะกอนของแต่ละปีได้ (รูปที่ 14) เช่น อัตราการตกตะกอนในระหว่างปี ค.ศ.1995-2005 มีค่าเฉลี่ย  $0.76 \text{ cm y}^{-1}$  ( $SD=0.04 \text{ cm y}^{-1}$ ) ส่วนในช่วงปี ค.ศ.2006 - 2011 มีค่าเฉลี่ย  $1.00 \text{ cm y}^{-1}$  ( $SD=0.07 \text{ cm y}^{-1}$ ) โดยอัตราสะสมตะกอนเพิ่มจาก  $0.39 \pm 0.09 \text{ cm y}^{-1}$  ในปี ค.ศ.1978 และ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็น  $1.07 \pm 0.18 \text{ cm y}^{-1}$  ในปี ค.ศ.2009 และ ในปี ค.ศ.2011 มีอัตราสะสมตะกอนลดลงเล็กน้อยแต่ยังคงมีค่าสูงอยู่ที่  $0.91 \pm 0.15 \text{ cm y}^{-1}$  การที่อัตราสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส SKL\_02 ซึ่งอยู่นอกชายฝั่งทางตะวันออกของปากคลองอู่ตะเภา มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากในอดีต น่าจะมาจากการขุดลอกคลองอู่ตะเภา และการสร้างคลองระบายน้ำ ทำให้กระแสน้ำไหลเร็วและแรงมากในฤดูน้ำหลาก พาตะกอนปริมาณมหาศาลจากลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาลงสู่ทะเลสาบสงขลา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดซีเซียม-137 ( $Cs-137$ ) ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_02 สามารถใช้ตรวจสอบความถูกต้องของอัตราการตกตะกอนที่วิเคราะห์จากข้อมูล  $Pb^{210}ex$  ผลการตรวจสอบความเข้มข้น  $Cs-137$  ในแท่งตะกอนรหัส SKL\_02 พบค่าสูงสุดที่  $mass \text{ depth} = 29.18 \text{ g cm}^{-2}$  (รูปที่ 13) หมายความว่า เป็นการสะสมตะกอนในปี ค.ศ. 1963 และที่  $mass \text{ depth} = 17.99 \text{ g cm}^{-2}$  หรือที่ความลึก 20 - 21 cm หมายความว่า เป็นตะกอนในปี ค.ศ. 1986 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนจากข้อมูล  $Pb-210ex$  ที่พบว่าปีตกตะกอนที่ ค.ศ. 1986 อยู่ที่ความลึก 20-21 cm เช่นเดียวกัน

## 11.7 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส SKL\_05

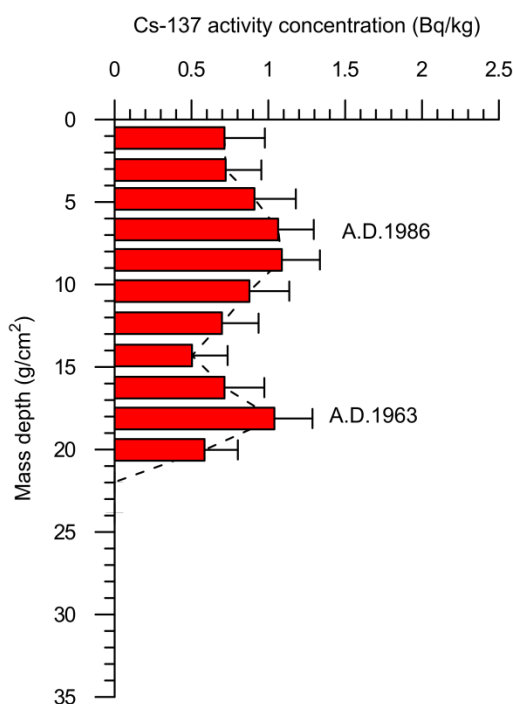
แห่งตะกอนรหัส SKL\_05 เก็บจากบริเวณกึ่งกลางทะเลสาบ (รูปที่ 1) อยู่ห่างจากจุด SKL\_18 ไปทางตะวันออกเฉียงประมาณ 3 กิโลเมตร

### 11.7.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึก (เชิงมวล) ต่างๆ ในแห่งตะกอนรหัส SKL\_05 แสดงในตารางที่ 11 และรูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี 1986 พบที่ระดับความลึกเชิงมวล 8.5 g-cm<sup>-2</sup> คำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย (1986-2012) ได้เท่ากับ 0.311 g-cm<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup> หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเท่ากับ 0.33 cm y<sup>-1</sup> และตรวจพบยอดความเข้มข้นสูงสุดที่เป็นการตกตะกอนที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1963 โดยพบที่ระดับความลึกเชิงมวล 18.3 g cm<sup>-2</sup> ทำให้สามารถคำนวณค่าอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ในช่วงปี ค.ศ. 1963-1986 ได้เท่ากับ 0.418 g-cm<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup> หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นเท่ากับ 0.43 cm y<sup>-1</sup>

**ตารางที่ 11** ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแห่งตะกอนรหัส SKL\_05

ความลึกเชิงมวล (Mi) (g cm <sup>-2</sup> )	ค่าความผิดพลาด (mi)	Cs-137 (Bq kg <sup>-1</sup> )	ค่าความผิดพลาด (Cs-137)	ปีที่ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสมตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย g cm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup>	อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้นเฉลี่ย cm y <sup>-1</sup>
1.1	0.1	0.715	0.262	2009.8		
3.1	0.1	0.723	0.232	2003.6	ช่วงปี	ช่วงปี
4.8	0.2	0.910	0.269	1997.9	1986 - 2012	1986 - 2012
6.7	0.2	1.064	0.232	1991.9	<b>0.311</b>	<b>0.33</b>
<b>8.5</b>	<b>0.3</b>	<b>1.088</b>	<b>0.248</b>	<b>1986.0</b>		
10.4	0.4	0.877	0.259	1981.5		
12.3	0.4	0.698	0.238	1976.8	ช่วงปี	ช่วงปี
14.3	0.5	0.503	0.231	1972.1	1963 -1986	1963 -1986
16.2	0.6	0.715	0.259	1967.5	<b>0.418</b>	<b>0.43</b>
<b>18.1</b>	<b>0.6</b>	<b>1.039</b>	<b>0.248</b>	<b>1963.0</b>		
20.0	0.7	0.585	0.217	1958.5		
22.0	0.8	ND	-	1953.8		
23.8	0.8	ND	-	1949.3		
25.7	0.9	ND	-	1944.9		



รูปที่ 15 กราฟความเข้มข้น Cs-137 ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส SKL\_05

### 11.7.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

การวิเคราะห์ Pb-210 ในแท่งตะกอน SKL\_05 ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากค่ากัมมันตภาพของ Pb-210 ที่วิเคราะห์ได้จากสเปกตรัมรังสีแกมมาของตัวอย่างแต่ละชั้นมีค่าน้อยกว่าค่า Pb-210 ที่เป็นภูมิหลัง (Pb-210 background) แม้ว่าจะทำการวัดรังสีเป็นเวลานานมากแล้วก็ตาม

### 11.7.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส SKL\_05

จากการวิเคราะห์ Cs-137 ในแท่งตะกอน SKL\_05 พบว่า ณ จุดนี้มีอัตราการตกตะกอนอยู่ระหว่าง  $0.33 - 0.43 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี ค.ศ. 1963 - 2012 โดยมีค่าอัตราการตกตะกอนเฉลี่ยลดลงจาก  $0.43 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี ค.ศ. 1963-1986 เป็น  $0.33 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี 1986-2012 หรือกล่าวได้ว่า เป็นบริเวณที่มีอัตราการตกตะกอนต่ำ และเกือบคงที่ตลอดหลายสิบปีที่ผ่านมา แสดงว่าอิทธิพลจากกระแสน้ำจากคลองต่างๆ จากโครงการคลองระบายน้ำ ตลอดจนความแรงกระแสน้ำจากปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง ไม่ได้ส่งผลต่อการตกตะกอนในบริเวณดังกล่าวมากนัก

## 11.8 ผลการวิเคราะห์แท่งตะกอนรหัส TH01

แท่งตะกอนรหัส TH01 เก็บจากบริเวณทิศตะวันออกเฉียงนอกชายฝั่งของเกาะใหญ่ ดังรูปที่ 2 บริเวณนี้เป็นอ่าวที่ไม่มีคลองระบายน้ำหลัก เป็นการระบายแบบไหลลงริมชายฝั่ง การสะสมตัวของตะกอนบริเวณนี้อาจได้รับอิทธิพลจากตะกอนที่ไหลมาพร้อมกับน้ำฝนลงสู่ทะเลสาบโดยตรง และอาจได้รับอิทธิพลจากตะกอนแขวนลอยที่ไหลมาตามกระแสจากทะเลสาบตอนบน

### 11.8.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส TH01 แสดงในตารางที่ 12 และรูปที่ 16(a) ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี ค.ศ. 1986 ที่ระดับความลึก  $8.63 \text{ g cm}^{-2}$  และ ค.ศ. 1963 พบที่ระดับความลึก  $14.5 \text{ g cm}^{-2}$  เมื่อคำนวณอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ยทั้งสอง ได้เท่ากับ  $0.304 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  และ  $0.240 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ในช่วงปี ค.ศ. 1986 - ปัจจุบัน (ค.ศ. 2014) และ 1963 - 1986 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแท่งตะกอนรหัส TH01

ความลึก เชิงมวล ( $m_i$ ) ( $\text{g/cm}^2$ )	ค่าความ ผิดพลาด	Cs-137 (Bq/kg)	ค่าความ ผิดพลาด	ปีที่ ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสม ตะกอนเชิงมวล เฉลี่ย ( $\text{g/cm}^2/\text{y}$ )	อัตราสะสม ตะกอนเชิงเส้น เฉลี่ย ( $\text{cm/y}$ )
0				2014.4		
0.69	0.03	1.30	0.26	2012.1		
2.16	0.08	0.98	0.17	2007.3	ช่วงปี	ช่วงปี
3.73	0.13	0.52	0.22	2002.1	1986 - 2014	1986 - 2014
5.32	0.18	0.60	0.22	1996.9	<b>0.304</b>	<b>0.39</b>
6.93	0.24	0.67	0.24	1991.6		
8.63	0.30	1.02	0.28	1986.0		
10.43	0.36	0.47	0.22	1978.5	ช่วงปี	ช่วงปี
12.29	0.42	0.22	0.23	1970.7	1963 - 1986	1963 - 1986
14.15	0.49	0.57	0.24	1963.0	<b>0.240</b>	<b>0.26</b>
15.96	0.55	0	0			
17.78	0.61					

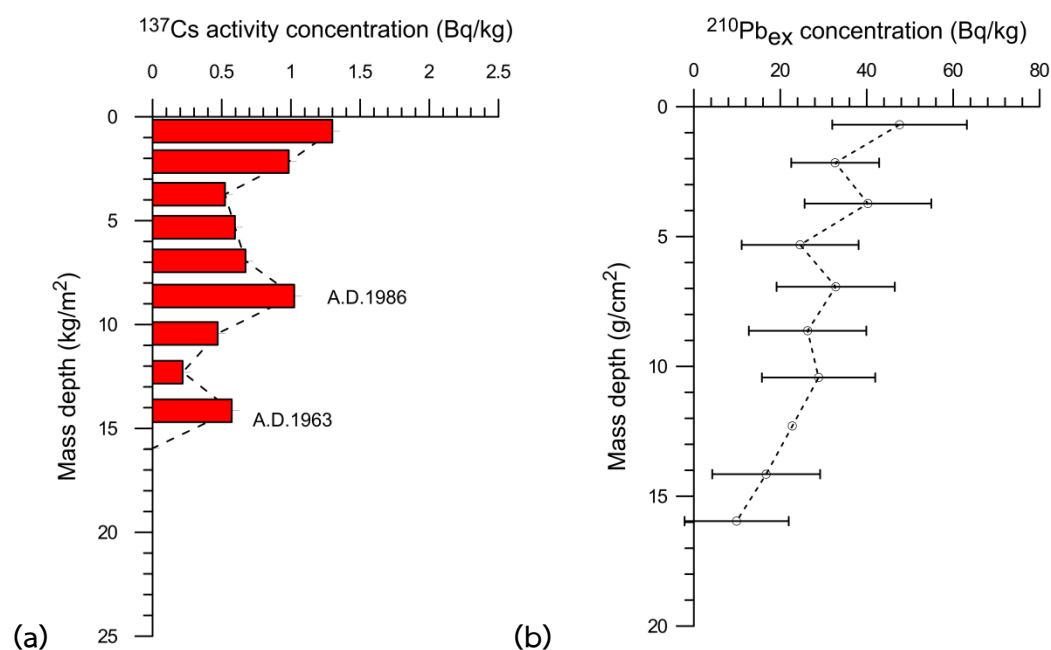


ตารางที่ 13 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ  $^{210}\text{Pb}$  และ  $^{226}\text{Ra}$  ในแท่งตะกอนรหัส TH01

รหัส	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ	ค่าความผิดพลาด	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ	ค่าความผิดพลาด	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ	ค่าความผิดพลาด
	Pb-210 (Bq kg <sup>-1</sup> )	Pb-210 (Bq kg <sup>-1</sup> )	Ra-226 (Bq kg <sup>-1</sup> )	Ra-226 (Bq kg <sup>-1</sup> )	Pb <sub>ex</sub> -210 (Bq kg <sup>-1</sup> )	Pb <sub>ex</sub> -210 (Bq kg <sup>-1</sup> )
TH01 0-2	122.4	15.6	74.8	5.8	47.6	7.1
TH01 2-4	103.1	10.2	70.4	3.5	32.7	3.6
TH01 4-6	114.8	14.7	74.5	6.3	40.3	6.2
TH01 6-8	99.2	13.5	74.6	5.5	24.6	3.8
TH01 8-10	99.1	13.7	66.3	4.4	32.8	5.0
TH01 10-12	93.6	13.6	67.3	4.9	26.3	4.3
TH01 12-14	93.4	13.1	64.6	5.0	28.9	4.6
TH01 14-16					22.8	3.7
TH01 16-18	79.9	12.5	63.1	4.1	16.7	2.8
TH01 18-20	71.4	12.1	61.5	2.7	9.9	1.7

### 11.8.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 16(b) และตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของกัมมันตภาพ Pb<sub>ex</sub>-210 ที่ระดับความลึกต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH01 ผลการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb<sub>ex</sub>-210 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆ โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่หรือ Constant flux model แสดงในตารางที่ 14



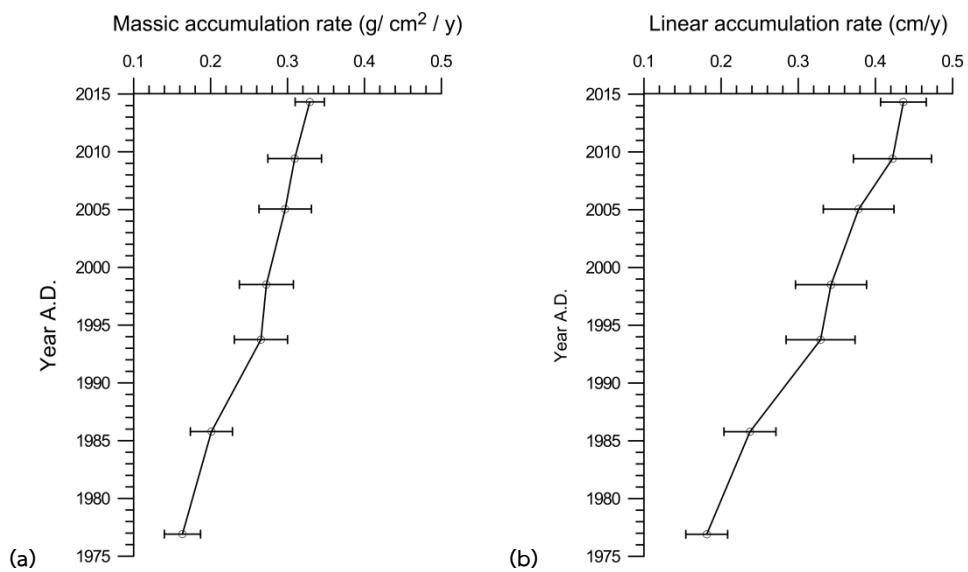
รูปที่ 16 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น  $^{137}\text{Cs}$  และ (b) ความเข้มข้น  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH01

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH01 ด้วยวิธี  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$

ความลึกเชิง มวล $M_i$ ( $\text{g cm}^{-2}$ )	ความ ผิดพลาด $m(i)$	ปีที่ ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสมตะกอน เชิงมวล $r(i)$ ( $\text{g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )	ความ ผิดพลาด $r(i)$	อัตราสะสมตะกอน เชิงเส้น $s(i)$ ( $\text{cm y}^{-1}$ )	ความ ผิดพลาด $s(i)$
0.00	0.00	2014.3	0.33	0.02	0.44	0.03
1.38	0.03	2009.4	0.31	0.03	0.42	0.05
2.93	0.07	2005.0	0.30	0.03	0.38	0.05
4.52	0.11	1998.5	0.27	0.04	0.34	0.05
6.1	0.1	1993.7	0.27	0.03	0.33	0.04
7.8	0.2	1985.8	0.20	0.03	0.24	0.03
9.5	0.2	1976.9	0.16	0.02	0.18	0.03
11.4	0.3	1962.1	0.11	0.02	0.12	0.02
13.2	0.3	1941.8	0.08	0.01	0.08	0.01
15.1	0.4	1909.4	0.04	0.01	0.05	0.01
		ค่าต่ำสุด	0.04		0.05	
		ค่าสูงสุด	0.33		0.44	
		ค่าเฉลี่ย	0.21		0.26	
		S.D.	0.10		0.14	

### 11.8.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส TH-01

จากการวิเคราะห์  $\text{Pb}_{\text{ex}}\text{-210}$  ในแท่งตะกอน TH01 โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่ พบว่าตะกอน ณ จุดนี้มีอัตราการตกตะกอนอยู่ระหว่าง  $0.04 - 0.33 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.14 - 0.44 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี 1910 - 2014 โดยมีอัตราการตกตะกอนเฉลี่ย  $0.21 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.26 \text{ cm y}^{-1}$  และสามารถประเมินอัตราการตกตะกอนของแต่ละปีได้ ดังแสดงในรูปที่ 17 เช่น อัตราการตกตะกอนในระหว่างปี ค.ศ. 1976 - 1993 มีค่าเฉลี่ย  $0.21 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  โดยอัตราการสะสมตัวของตะกอนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก  $0.27 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ในปี ค.ศ. 1993 เป็น  $0.33 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ในปี ค.ศ. 2014 ย่อมแสดงให้เห็นว่าการสะสมตัวของตะกอนของแท่งรหัส TH01 นี้ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากในอดีต ส่วนหนึ่งน่าจะมาจากการเพิ่มพื้นที่ทำนามากขึ้น



รูปที่ 17 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH01

(a) อัตราสะสมตะกอนเชิงมวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น

## 11.9 ผลการวิเคราะห์แห่งตะกอนรหัส TH04

แห่งตะกอนรหัส TH04 เก็บจากบริเวณทิศตะวันตกของชายฝั่งเกาะใหญ่ ตำแหน่งแสดงในรูปที่ 2 บริเวณนี้ไม่มีคลองระบายน้ำหลัก เป็นการระบายแบบไหลลงริมชายฝั่ง การสะสมตัวของตะกอนบริเวณนี้อาจได้รับอิทธิพลจากตะกอนที่ไหลมาพร้อมกับน้ำหลากลงสู่ทะเลสาบโดยตรง และอาจได้รับอิทธิพลจากตะกอนแขวนลอยที่ไหลมาตามกระแสน้ำจากทะเลสาบตอนบนเช่นกัน

### 11.9.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆ ในแห่งตะกอนรหัส TH04 แสดงในตารางที่ 15 และรูปที่ 18(a) ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี ค.ศ. 1986 ที่ระดับความลึก  $10.05 \text{ g cm}^{-2}$  และ ค.ศ. 1963 พบที่ระดับความลึก  $17.26 \text{ g cm}^{-2}$  เมื่อคำนวณอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ยทั้งสอง ได้เท่ากับ  $0.354 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  และ  $0.313 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ในช่วงปี ค.ศ. 1986 - ปัจจุบัน (ค.ศ. 2014) และ 1963 - 1986 ตามลำดับ หรือคำนวณอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นได้เท่ากับ  $0.46$  และ  $0.35 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี ค.ศ. 1986 - ปัจจุบัน (ค.ศ. 2014) และ 1963 - 1986 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในแห่งตะกอนรหัส TH04

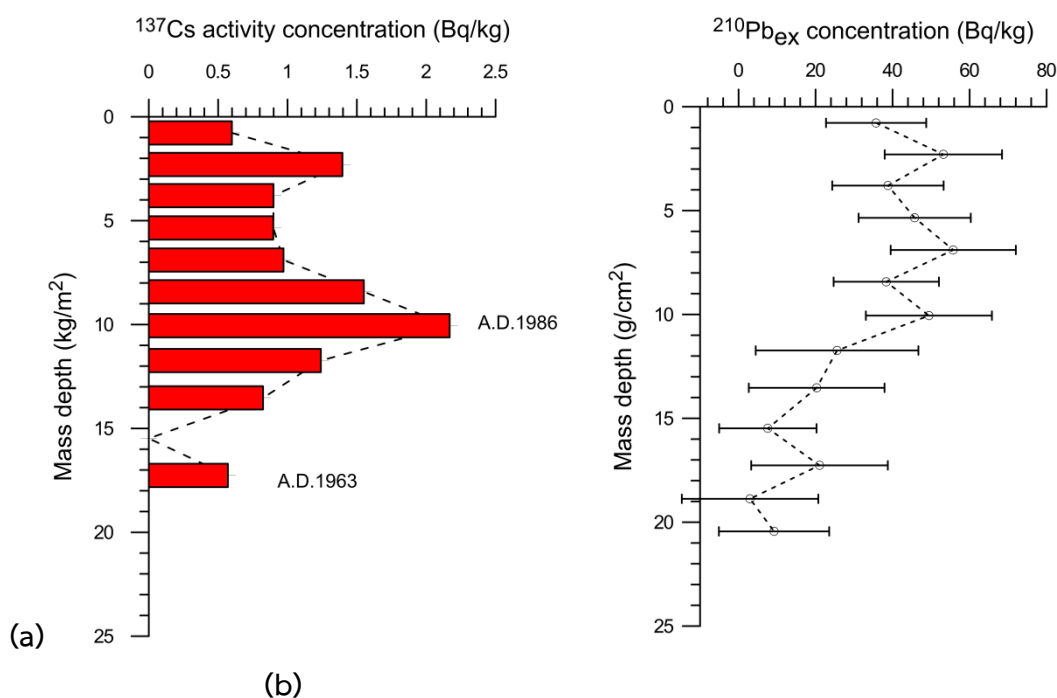
ความลึกเชิง มวล (Mi) ( $\text{g cm}^{-2}$ )	ค่าความ ผิดพลาด (mi)	Cs-137 ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	ค่าความ ผิดพลาด (Cs-137)	ปีที่ ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสมตะกอน เชิงมวลเฉลี่ย ( $\text{G cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )	อัตราสะสมตะกอน เชิงเส้นเฉลี่ย ( $\text{Cm y}^{-1}$ )
0				2014.4		
0.78	0.04	0.60	0.19	2012.2		
2.30	0.08	1.40	0.24	2007.9	ช่วงปี	ช่วงปี
3.79	0.13	0.90	0.24	2003.7	1986 - 2014	1986 - 2014
5.35	0.19	0.90	0.27	1999.3	<b>0.354</b>	<b>0.46</b>
6.89	0.24	0.97	0.28	1994.9		
8.42	0.29	1.55	0.24	1990.6		
10.05	0.35	2.17	0.26	1986.0		
11.73	0.40	1.24	0.27	1980.6	ช่วงปี	ช่วงปี
13.53	0.46	0.82	0.24	1974.9	1963 - 1986	1963 - 1986
15.48	0.53	0.00	0.00	1968.7	<b>0.313</b>	<b>0.35</b>
17.26	0.59	0.57	0.23	1963.0		
18.87	0.65	ND				
20.44	0.70	ND				

ตารางที่ 16 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ  $^{210}\text{Pb}$  และ  $^{226}\text{Ra}$  ในแท่งตะกอนรหัส TH04

รหัส	ความเข้มข้น	ค่าความ	ความเข้มข้น	ค่าความ	ความเข้มข้น	ค่าความ
	กัมมันตภาพ	ผิดพลาด	กัมมันตภาพ	ผิดพลาด	กัมมันตภาพ	ผิดพลาด
	Pb-210	Pb-210	Ra-226	Ra-226	Pb <sub>ex</sub> -210	Pb <sub>ex</sub> -210
	(Bq kg <sup>-1</sup> )	(Bq kg <sup>-1</sup> )	(Bq kg <sup>-1</sup> )	(Bq kg <sup>-1</sup> )	(Bq kg <sup>-1</sup> )	(Bq kg <sup>-1</sup> )
TH04 0-2	108.2	13.0	72.5	3.4	35.7	9.5
TH04 2-4	121.1	15.2	67.9	3.5	53.2	11.1
TH04 4-6	109.1	14.5	70.4	3.6	38.8	10.5
TH04 6-8	115.9	14.6	70.1	5.4	45.7	11.0
TH04 8-10	127.5	16.3	71.7	5.0	55.8	12.0
TH04 10-12	109.5	13.7	71.1	5.8	38.4	10.5
TH04 12-14	120.6	16.4	71.2	6.8	49.4	12.5
TH04 14-16	91.2	21.1	65.6	5.3	25.6	15.4
TH04 16-18	88.6	17.6	68.3	6.1	20.3	13.2
TH04 18-20	73.7	12.6	66.1	4.6	7.6	9.5
TH04 20-22	89.7	17.7	68.7	5.6	21.0	13.2
TH04 22-24	70.7	17.7	67.7	6.2	3.0	13.3
TH04 24-26	79.3	14.3	70.0	3.7	9.2	10.5

### 11.9.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 5(b) และตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของกัมมันตภาพ Pb<sub>ex</sub>-210 ที่ระดับความลึกต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH04 ผลการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb<sub>ex</sub>-210 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆ โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่หรือ Constant flux model แสดงในตารางที่ 17



รูปที่ 18 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น  $^{137}\text{Cs}$  และ (b) ความเข้มข้น  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH04

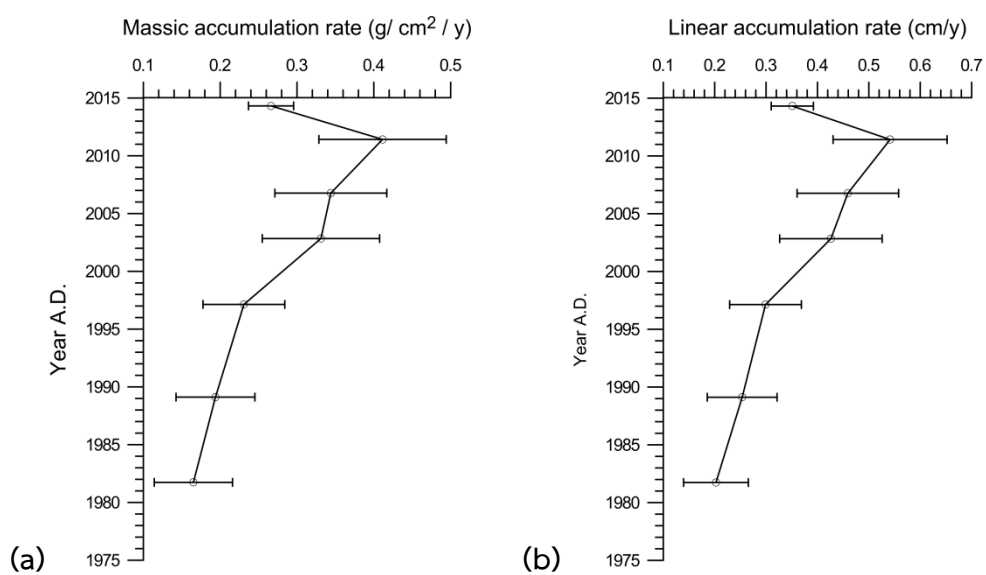
### 11.9.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส TH-04

จากการวิเคราะห์  $\text{Pb}_{\text{ex}}\text{-}210$  ในแท่งตะกอน TH04 โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่ พบว่าตะกอน ณ จุดนี้มีอัตราการตกตะกอนอยู่ระหว่าง  $0.05 - 0.41 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.06 - 0.54 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี 1891 - 2014 โดยมีอัตราการตกตะกอนเฉลี่ย  $0.21 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.25 \text{ cm y}^{-1}$  และสามารถประเมินอัตราการตกตะกอนของแต่ละปีได้ ดังแสดงในรูปที่ 19 เช่น อัตราการตกตะกอนในระหว่างปี ค.ศ. 1891 - 1991 มีค่าเฉลี่ย  $0.126 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.15 \text{ cm y}^{-1}$  โดยอัตราการสะสมตัวของตะกอนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก  $0.19 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ในปี ค.ศ. 1989 เป็น  $0.41 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ในปี ค.ศ. 2011 ย่อมแสดงให้เห็นว่าการสะสมตัวของตะกอนของแท่งรหัส TH04 นี้ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากในอดีต ส่วนหนึ่งน่าจะมาจากการเพิ่มพื้นที่ทำนามากขึ้น

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH04 ด้วยวิธี  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$

ความลึกเชิงมวล $M_i$ ( $\text{g cm}^{-2}$ )	ความผิดพลาด $m(i)$	ปีที่ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสมตะกอนเชิงมวล $r(i)$ ( $\text{g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )	ความผิดพลาด $r(i)$	อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น $s(i)$ ( $\text{cm y}^{-1}$ )	ความผิดพลาด $s(i)$
0.00	0.00	2014.3	0.27	0.03	0.35	0.04
1.55	0.04	2011.4	0.41	0.08	0.54	0.11
3.04	0.07	2006.8	0.34	0.07	0.46	0.10
4.55	0.11	2002.8	0.33	0.08	0.43	0.10
6.1	0.1	1997.1	0.23	0.05	0.30	0.07
7.6	0.2	1989.1	0.19	0.05	0.25	0.07
9.2	0.2	1981.7	0.17	0.05	0.20	0.06
10.9	0.3	1967.4	0.12	0.05	0.15	0.07

12.6	0.3	1956.6	0.14	0.09	0.16	0.10
14.5	0.4	1941.9	0.15	0.12	0.15	0.13
16.5	0.4	1933.7	0.11	0.10	0.13	0.11
18.1	0.4	1900.9	0.05	0.08	0.06	0.10
19.7	0.5	1891.2	0.07	0.13	0.09	0.16
ค่าต่ำสุด			0.05		0.06	
ค่าสูงสุด			0.41		0.54	
ค่าเฉลี่ย			0.20		0.25	
S.D.			0.11		0.15	



รูปที่ 19 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH04 (a) อัตราสะสมตะกอนเชิงมวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น

### 11.10 ผลการวิเคราะห์แท่งตะกอนรหัส TH10

แท่งตะกอนรหัส TH10 เก็บจากบริเวณทิศเหนือนอกชายฝั่งของเกาะใหญ่ ใกล้กึ่งกลางทะเลหลวง ดังรูปที่ 2 บริเวณนี้ไม่มีคลองระบายน้ำหลัก เป็นการระบายแบบไหลลงริมชายฝั่ง การสะสมตัวของตะกอนบริเวณนี้อาจได้รับอิทธิพลจากตะกอนที่ไหลมาพร้อมกับน้ำฝนลงสู่ทะเลสาบโดยตรง และอาจได้รับอิทธิพลจากตะกอนแขวนลอยที่ไหลมาตามกระแสน้ำจากทะเลสาบตอนบนเช่นกัน

#### 11.10.1 ผลการวิเคราะห์ซีเซียม-137

ผลการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของ Cs-137 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆ ในแท่งตะกอนรหัส TH10 แสดงในตารางที่ 18 และรูปที่ 20(a) ผลการวิเคราะห์แสดงความเข้มข้น Cs-137 สูงสุดที่คาดว่าจะเป็นการตกตะกอนในปี ค.ศ. 1986 ที่ระดับความลึก  $7.97 \text{ g cm}^{-2}$  เมื่อคำนวณอัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ยทั้งสอง ได้เท่ากับ  $0.280 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ในช่วงปี ค.ศ. 1986 - ปัจจุบัน (ค.ศ. 2014) หรือคำนวณอัตราการตกตะกอนเชิงเส้นได้เท่ากับ  $0.32 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี ค.ศ. 1986 - ปัจจุบัน (ค.ศ. 2014)

ตารางที่ 18 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ  $^{137}\text{Cs}$  ในแท่งตะกอนรหัส TH10

ความลึกเชิง มวล (Mi)	ค่าความ ผิดพลาด	Cs-137	ค่าความ ผิดพลาด	ปีที่ ตกตะกอน	อัตราสะสมตะกอน เชิงมวลเฉลี่ย	อัตราสะสมตะกอน เชิงเส้นเฉลี่ย
(g/cm <sup>2</sup> )	(mi)	(Bq/kg)	(Cs-137)	(A.D.)	kg/m <sup>2</sup> /y	cm/y
0				2014.4		
0.82	0.04	1.14	0.27	2011.46		
2.36	0.08	1.89	0.20	2005.98	ช่วงปี	ช่วงปี
3.99	0.14	1.64	0.17	2000.16	1986 - 2013	1986 - 2013
5.92	0.21	1.38	0.18	1993.25	<b>0.280</b>	<b>0.32</b>
7.95	0.27	1.97	0.26	1986.00		
9.98	0.34	1.03	0.30			
12.15	0.42	ND				
14.35	0.49	ND				

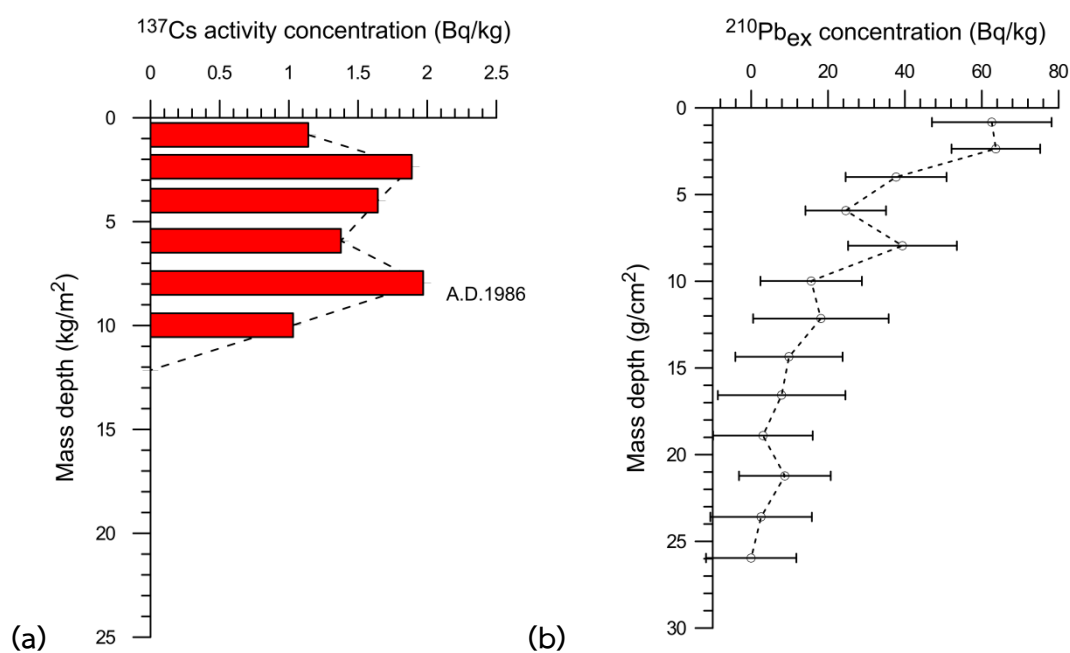


ตารางที่ 19 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของ  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  และ  $^{226}\text{Ra}$  ในแท่งตะกอนรหัส TH10

รหัส	Pb-210ex (Bq kg <sup>-1</sup> )	u( $^{210}\text{Pb}$ )	Ra-226 (Bq kg <sup>-1</sup> )	u( $^{226}\text{Ra}$ )	C <sub>i</sub> (Bq kg <sup>-1</sup> )	u(C <sub>i</sub> )
TH10 0-2	147.3	15.6	84.7	5.8	62.6	5.6
TH10 2-4	148.3	11.5	84.6	4.5	63.7	4.3
TH10 4-6	118.5	13.1	80.8	3.5	37.7	3.2
TH10 6-8	97.0	10.5	72.4	5.1	24.6	2.2
TH10 8-10	120.1	14.1	80.7	6.4	39.4	4.0
TH10 10-12	94.8	13.2	79.1	3.7	15.6	1.6
TH10 12-14	92.0	17.6	73.8	5.2	18.1	2.6
TH10 14-16	82.1	14.0	72.2	5.5	9.8	1.3
TH10 16-18	76.9	16.6	69.0	4.1	7.9	1.3
TH10 18-20	73.4	13.0	70.4	5.5	3.1	0.4
TH10 20-22	77.3	11.9	68.6	5.4	8.8	1.1
TH10 22-24	69.5	13.2	66.9	6.2	2.6	0.4
TH10 24-26	68.5	11.8	68.5	4.6	0.01	0.0

### 11.10.2 ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว-210

รูปที่ 20(b) และตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของกัมมันตภาพ Pb<sub>ex</sub>-210 ที่ระดับความลึกต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH10 ผลการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนด้วยวิธี Pb<sub>ex</sub>-210 ในชั้นตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆ โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่หรือ Constant flux model แสดงในตารางที่ 20



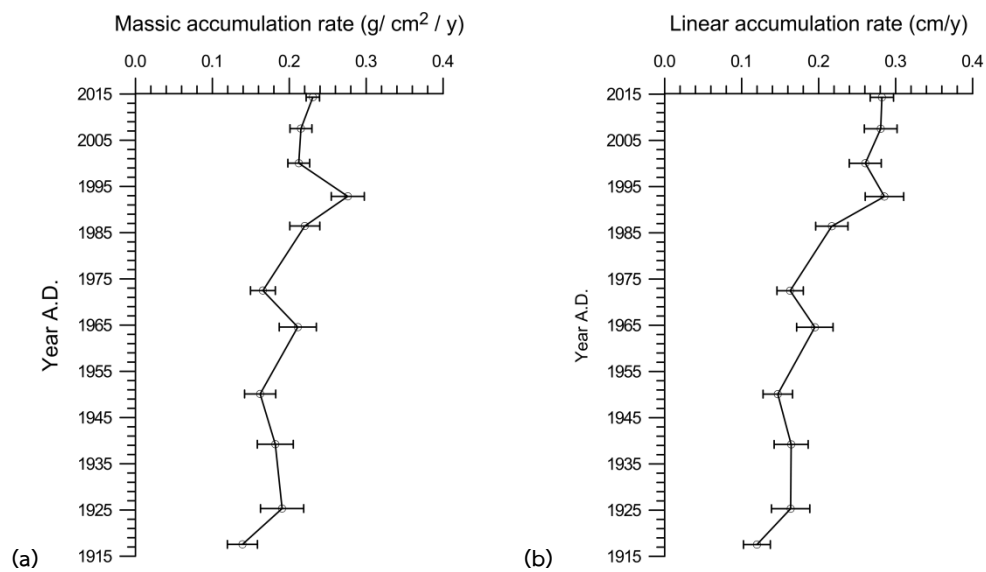
รูปที่ 20 กราฟผลการวิเคราะห์ (a) ความเข้มข้น  $^{137}\text{Cs}$  และ (b) ความเข้มข้น  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  ที่ระดับความลึกเชิงมวลต่างๆ ของแท่งตะกอนรหัส TH10

### 11.10.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาแท่งตะกอนรหัส TH-10

จากการวิเคราะห์  $Pb_{ex}$ -210 ในแท่งตะกอน TH10 โดยใช้โมเดลฟลักซ์คงที่ พบว่าตะกอน ณ จุดนี้มีอัตราการตกตะกอนอยู่ระหว่าง  $0.035 - 0.28 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.03 - 0.29 \text{ cm y}^{-1}$  ในช่วงปี 1872 - 2014 โดยมีอัตราการตกตะกอนเฉลี่ย  $0.19 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.19 \text{ cm y}^{-1}$  และสามารถประเมินอัตราการตกตะกอนของแต่ละปีได้ ดังแสดงในรูปที่ 21 เช่น อัตราการตกตะกอนในระหว่างปี ค.ศ. 2000 - 2014 มีค่าเฉลี่ย  $0.21 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.28 \text{ cm y}^{-1}$  อัตราการตกตะกอนในระหว่างปี ค.ศ. 1925 - 2000 มีค่าเฉลี่ย  $0.20 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  หรือ  $0.20 \text{ cm y}^{-1}$  ย่อมแสดงให้เห็นว่าการสะสมตัวของตะกอนของแท่งรหัส TH10 นี้ มีแนวโน้มคงที่หรืออาจเพิ่มจากในอดีตไม่มากนัก

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH10 ด้วยวิธี  $^{210}Pb_{ex}$

ความลึกเชิง มวล $M_i$ ( $\text{g cm}^{-2}$ )	ความ ผิดพลาด $m(i)$	ปีที่ ตกตะกอน (A.D.)	อัตราสะสมตะกอน เชิงมวล $r(i)$ ( $\text{g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )	ความ ผิดพลาด $r(i)$	อัตราสะสมตะกอน เชิงเส้น $s(i)$ ( $\text{cm y}^{-1}$ )	ความ ผิดพลาด $s(i)$
0.00	0.00	2014.3	0.23	0.01	0.28	0.02
1.65	0.04	2007.5	0.22	0.01	0.28	0.02
3.07	0.07	2000.0	0.21	0.01	0.26	0.02
4.91	0.12	1992.9	0.28	0.02	0.29	0.03
6.9	0.2	1986.4	0.22	0.02	0.22	0.02
9.0	0.2	1972.5	0.17	0.02	0.16	0.02
11.0	0.3	1964.6	0.21	0.02	0.20	0.02
13.3	0.3	1950.1	0.16	0.02	0.15	0.02
15.4	0.4	1939.2	0.18	0.02	0.16	0.02
17.7	0.4	1925.3	0.19	0.03	0.16	0.02
20.1	0.5	1917.6	0.14	0.02	0.12	0.02
22.4	0.5	1872.0	0.03	0.01	0.03	0.01
		ค่าต่ำสุด	0.03		0.03	
		ค่าสูงสุด	0.28		0.29	
		ค่าเฉลี่ย	0.19		0.19	
		S.D.	0.06		0.08	



รูปที่ 21 กราฟแสดงอัตราการตกสะสมตะกอนของแท่งตะกอนรหัส TH10  
 (a) อัตราสะสมตะกอนเชิงมวล (b) อัตราสะสมตะกอนเชิงเส้น

## 12. สรุปผลการศึกษา

### 12.1 อัตราการตกตะกอนเฉลี่ยในช่วงใกล้ปัจจุบัน

อัตราการตกตะกอนเฉลี่ยในช่วงใกล้ปัจจุบันพิจารณาจากอัตราการตกตะกอนในปี ค.ศ.2012 สำหรับตำแหน่งที่มีข้อมูลอัตราการตกตะกอนประเมินจากวิธี ตะกั่ว-210 ส่วนในตำแหน่งที่ไม่สามารถวิเคราะห์อัตราการตกตะกอนด้วยวิธีตะกั่ว-210 จะใช้อัตราการตกตะกอนเฉลี่ยระหว่างปี ค.ศ.1986-2012 ที่คำนวณจากวิธีซีเซียม-137 แทน ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 21 และรูปที่ 22

ตารางที่ 21 แสดงอัตราการตกตะกอนช่วงปัจจุบัน ณ จุดต่างๆ ในทะเลสาบสงขลา

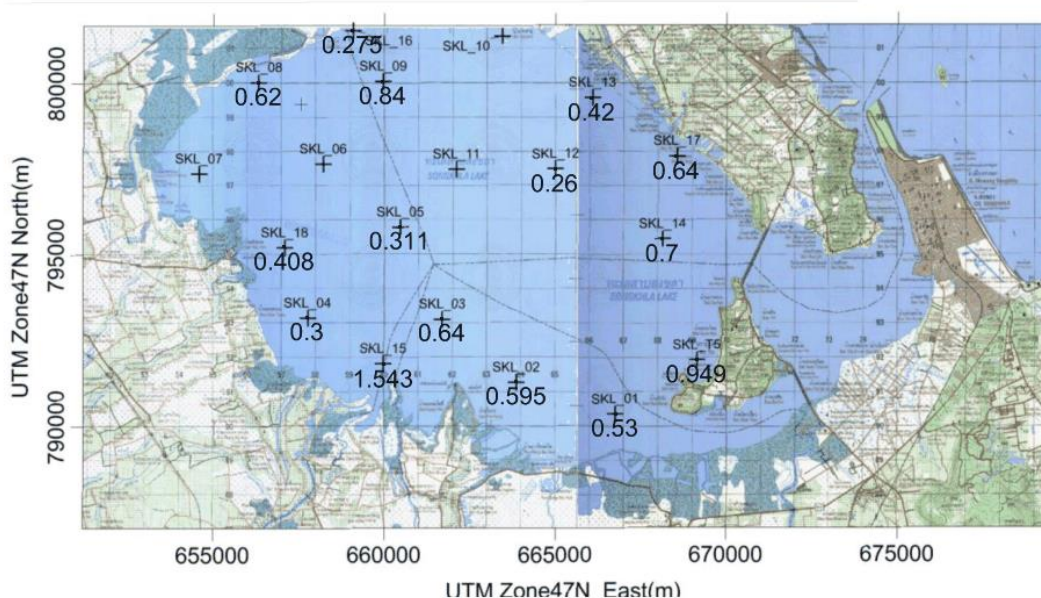
รหัสแท่งตะกอน	อัตราตกตะกอนเฉลี่ยจากวิธีตะกั่ว-210	อัตราตกตะกอนเฉลี่ยจากซีเซียม-137	
	เชิงมวล( $\text{g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$ ); เชิงเส้น( $\text{cm y}^{-1}$ ) (ช่วงปี ค.ศ.ที่เฉลี่ย)	2012-1986 เชิงมวล ( $\text{g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$ ); เชิงเส้น ( $\text{cm y}^{-1}$ )	1986-1963 เชิงมวล ( $\text{g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$ ); เชิงเส้น ( $\text{cm y}^{-1}$ )
SKL_01		0.53; -	0.54; -
SKL_02	0.64; 0.72 (1963-2011)	0.595; -	0.595; -
SKL_03		0.64; -	0.75; -
SKL_04		0.30; -	0.50; -
SKL_05		0.311, 0.33	0.418; 0.43
SKL-08		0.62; -	0.46; -
SKL-09		0.84; -	0.55; -
SKL-12		0.26; -	0.39; -
SKL-13		0.42; -	0.50; -
SKL-14		0.70; -	0.59; -
SKL_15	-	1.543; 1.40	0.727; 0.83
SKL_16	0.26; 0.41 (1949-2012)	0.275; 0.45	0.454; 0.70
SKL_17	-	0.64; 0.54	0.59; 0.52
SKL_18	0.36; 0.40 (1963-2012)	0.408; -	-
SKL_T5	-	0.949; 0.98	0.565; 0.65
TH-01	0.21; 0.26 (1909-2014)	0.304	0.39
TH-04	0.20; 0.25 (1891-2014)	0.354	0.46
TH-10	0.19; 0.19 (1872-2014)	0.280; 0.32	-

รูปที่ 22 แสดงอัตราการตกตะกอน ณ จุดเก็บแท่งตะกอนในทะเลสาบสงขลา โดยจุดที่มีอัตราการตกตะกอนสูงสุด 3 อันดับแรก คือ จุด SKL\_15 ปากคลองอู่ตะเภาด้านตะวันตก มีค่า  $1.543 \text{ g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$  จุด SKL\_T5 ในบริเวณอ่าวฝั่งตะวันตกของเกาะยอ มีค่า  $0.949 \text{ g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$  และ จุด SKL\_09 บริเวณปาก รอ มีค่า  $0.84 \text{ cm y}^{-1}$  ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตำแหน่งจุดที่ศึกษาและต้นกำเนิดของตะกอนตีความได้ว่า อิทธิพลที่สำคัญที่สุดต่ออัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนนอกคือคลองอู่ตะเภา และตะกอน ปริมาณมหาศาลที่มาจากลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา อิทธิพลที่สำคัญรองลงมาจะเป็นกระแสน้ำขึ้น-น้ำลง ที่

ไหลผ่านหัวเกาะยอทั้งด้านทิศเหนือและทิศใต้ทำให้มีการตกตะกอนมากในจุด SKL\_T5 และยังทำให้อัตราการตกตะกอนมีแนวโน้มลดลงไปในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ไปทางกึ่งกลางทะเลสาบ (SKL\_05) และไปทางปากอ่าว (SKL\_09 และ SKL\_16)

รูปแบบการตกตะกอนแสดงให้เห็นว่า กำลังน้ำจากคลองภูมิ อ.รัตนภูมิ และคลองปากอ่าว ไม่ได้มีผลต่อการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนนอกมากนัก เชื่อว่าเป็นเพราะกำลังน้ำอ่อนและนำพาตะกอนปริมาณน้อย ต่างจากตะกอนปริมาณมหาศาลในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

อัตราการตกตะกอนใกล้ปัจจุบันในทะเลสาบสงขลาตอนในที่จุด TH-10 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ  $0.28 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ส่วนบริเวณเส้นแบ่งระหว่างทะเลสาบสงขลาตอนกลางและตอนในระหว่างแหลมจองถนนและเกาะใหญ่ (TH-04) พบว่ามีค่าอัตราการตกตะกอนสูงขึ้นเล็กน้อย เท่ากับ  $0.354 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ส่วนที่จุด TH-01 ในทะเลสาบสงขลาตอนกลางมีค่า  $0.304 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ใกล้เคียงกับอัตราการตกตะกอนเฉลี่ยในทะเลสาบสงขลาตอนนอก



รูปที่ 22 อัตราการตกตะกอนเชิงมวลเฉลี่ย ในหน่วย  $\text{g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$  ณ จุดต่างๆ ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก

เนื่องจากข้อมูลผลลัพธ์มีเป็นจำนวนมากนั่นคือ อัตราการตกตะกอนที่คำนวณได้จากข้อมูลตะกั่ว-210 ในปีต่างๆ ของแห่งตะกอนแต่ละแห่งที่สามารถวิเคราะห์หะกั่ว-210 ได้ ทำให้เราสามารถนำข้อมูลอัตราการตกตะกอนในปีต่างๆ มาแสดงในแผนที่เพื่อจะได้เข้าใจถึงพลศาสตร์ของน้ำในอดีตในปีนั้นๆ ได้ แต่ไม่ได้แสดงไว้ ณ ที่นี้

### 13. เอกสารอ้างอิง

Alperin, M.J., Suayah, I.B., Benninger, L.K., Martens, C.S., 2002. Modern organic carbon burial fluxes, recent sedimentation rates, and particle mixing rates from the upper continental slope near Cape Hatteras, North Carolina (USA). *Deep-Sea Research II* 49, 4645-4665.

- Bhongsuwan, T. and Chittrakarn, T., 1997. Magnetic susceptibility stratigraphy of bottom core-sediments from Songkhla Lake, Songklanakarin J. Sci. Technol., 19(3): 363-373.
- Chittrakarn, T., Bhongsuwan, T., Nuannin, P. and Thong-jerm, T., 1996. The determination of sedimentation rate in Songkhla Lake using isotope technique. Paper presented at the 6<sup>th</sup> Nuclear Science and Technology Conference, Bangkok, Thailand.
- Goldberg, E.G., 1963. Geochronology with <sup>210</sup>Pb. In: Radioactivity Dating. IAEA, Vienna, pp. 121-131.
- Koide, M., Soutar, A., Goldberg, E.D., 1972. Marine geochronology with <sup>210</sup>Pb. Earth and Planetary Science Letters 14, 442-446.
- Krishnaswamy, S., Lal, D., Martin, J.M., Meybeck, M., 1971. Geochronology of lake sediments. Earth and Planetary Science Letters 11, 407-414.
- Matsumoto, E., 1987. Pb-210 geochronology of sediments. Studies of the San'in Region (Natural Environment) 3, 187-194.
- Oguri, K., Matsumoto, E., Yamada, M., Saito, Y., Iseki, K., 2003. Sediment accumulation rates and budgets of depositing particles of the East China Sea. Deep-Sea Research II 50, 513-528.
- Oldfield, F., Appleby, P.G., 1984. Empirical testing of <sup>210</sup>Pb-dating models for lake sediments. In: Hayworth, E.Y., Lund, J.W.G. (Eds.), Lake Sediments and Environmental History. Leicester University Press, Leicester, pp. 93-124.
- Owen, R.B., Lee, R., 2004. Human impacts on organic matter sedimentation in a proximal shelf setting, Hong Kong. Continental Shelf Research 24, 583-602.
- Ritchie, J.C., McHenry, J.R., 1990. Application of radioactive fallout cesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and sediment accumulation rates and patterns: a review. Journal of Environmental Quality 19, 215-233.
- Robbins, J.A., 1978. Geochemical and geophysical applications of radioactive lead. In: Nriagu, J.O. (Ed.), Biogeochemistry of Lead in the Environment. Elsevier Scientific, Amsterdam, pp. 285 - 393.
- Sheets, R.W., Lawrence, A.E., 1999. Temporal dynamics of airborne lead-210 in Missouri (USA): implications for geochronological methods. Environmental Geology 38, 343-348.
- Xueqiang Lu, Eiji Matsumoto, 2005. Recent sedimentation rates derived from <sup>210</sup>Pb and <sup>137</sup>Cs methods in Ise Bay, Japan, Estuarine, Coastal and Shelf Science 65, 83-93

#### 14. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

- 14.1 งานวิจัยนี้ก็ยังคงมีปัญหาในเรื่องเครื่องมือวิเคราะห์ที่เหมาะสม เนื่องจากระบบวิเคราะห์ที่เราใช้อยู่ นั้นแม้ว่าจะมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์การวิเคราะห์ 83% สูงที่สุดในประเทศไทยในปัจจุบัน ทำให้สามารถวัดรังสีแกมมาจากซีเซียม-137 ได้เป็นอย่างดี แต่ก็ยังมีจุดอ่อนที่ไม่สามารถวิเคราะห์รังสีแกมมาพลังงานต่ำของ ตะกั่ว-210 ได้ อีกประการหนึ่งด้วยความ

เข้มข้นที่มีค่าต่ำมากทั้งกรณี ตะกั่ว-210 และ ซีเซียม-137 จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ด้วยเวลาที่ยาวนานมากเพื่อให้มีความผิดพลาดทางสถิติต่ำที่สุด งานวิจัยนี้จึงจำเป็นต้องพึ่งพาเพื่อนห้องปฏิบัติการในต่างประเทศ

- 14.2 เกิดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ตัวอย่างคือ ตัวอย่างหนึ่งๆ อาจต้องทำการวัด 2 ครั้ง ครั้งแรกวัดที่ห้องปฏิบัติการของเราเองเพื่อวัดซีเซียม-137 และครั้งที่ 2 วัดที่ห้องปฏิบัติการในต่างประเทศเพื่อวัดตะกั่ว-210 จึงทำให้เกิดความล่าช้ายิ่งขึ้น
- 14.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาต้องหยุดชะงักไปเป็นเวลานาน เนื่องจากทางผู้วิจัยตรวจพบว่าหัววัดมีปัญหาการ shift ของค่า gamma energy ตั้งแต่กลางปี พ.ศ.2556 ทางวิศวกรของบริษัทไทยยูนิคไม่สามารถซ่อมได้ จึงต้องส่งหัววัดกลับไปตรวจสอบที่บริษัทแม่ Canberra เมื่อประมาณปลายปี พ.ศ.2558 โดยทางบริษัทไทยยูนิค ซึ่งเป็นบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยเป็นผู้ดำเนินการแทน และทางบริษัท Canberra เพิ่งจะส่งหัววัดกลับคืนมา เดือนตุลาคม พ.ศ.2560
- 14.4 การศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวโลก เช่น การเคลื่อนย้ายตะกอนด้วยการคำนวณแบบจำลองจำเป็นต้องมีการทวนสอบด้วยการทำ validation ด้วยเทคนิคทางตรงอื่นๆ อันได้แก่ การวิเคราะห์หินวโคลด์กัมมันตรังสีอย่างเป็นระบบ แม้ว่าการทำงาน validation ด้วยเทคนิคทางตรงจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงมาก แต่ก็มีควมจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำ

## 15. ภาคผนวก ประกอบด้วย

### - บทความที่ตีพิมพ์แล้ว (Published)

- (1) ผลงานเรื่อง “การค้นพบชั้นเทพราพินาตุโบในแท่งตะกอนจากทะเลสาบสงขลา” วารสารวิทยาศาสตร์ ปีที่ 68 ฉบับที่ 5 กันยายน – ตุลาคม 2557 หน้า 82-86
- (2) ผลงานเรื่อง Measurement of  $^7\text{Be}$  inventory in the outer Songkhla lagoon, Thailand ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (2016) 310:33–44; DOI 10.1007/s10967-016-4851-0.
- (3) ผลงานเรื่อง The  $^7\text{Be}$  profiles in the undisturbed soil used for reference site to estimate the soil erosion ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ Journal of Physics: Conf. Series 860 (2017) 012009; doi :10.1088/1742-6596/860/1/012009

### - บทความวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ

- (4) ผลงานเรื่อง SEDIMENTATION RATES IN THE U-TAPAO ESTUARY DEMONSTRATED BY  $^{210}\text{Pb}$ -AND  $^{137}\text{Cs}$ -DATING METHODS ตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ The 4th Academic Conference on Natural Science for Young Scientists, Master & PhD Students from Asean Countries. 15-18 December, 2015 - Bangkok, Thailand, ISSN 978-604-913-088-5.

### - นิพนธ์ต้นฉบับที่พร้อมส่งตีพิมพ์ (manuscript ready to submit)

- (5) ผลงานเรื่อง Characteristics of Atmospheric  $^7\text{Be}$  Deposition in the Songkhla Province, Thailand ต้นฉบับพร้อมตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ
- (6) ผลงานเรื่อง Preliminary study of sediment mixing in the outer Songkhla lagoon, Southern Thailand as observed from  $^7\text{Be}$  and  $^{210}\text{Pb}$  profiles ต้นฉบับพร้อมตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

### ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ ในส่วนที่ไม่สามารถดำเนินการวิจัยได้ตามวัตถุประสงค์

- 1) เนื่องจากคุณสมบัติของเครื่องมือวิเคราะห์มีความไม่เหมาะสมบางประการสำหรับงานวิจัยด้านนี้ ทำให้ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่างนานมาก รวมทั้งปัญหา peak shift ของหัววัดที่ทำให้ต้องส่งหัววัดไปตรวจสอบที่บริษัทแม่ในต่างประเทศ จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์แท่งตะกอนได้หมดทุกจุดเก็บแท่งตะกอน
- 2) อย่างไรก็ตาม ได้วิเคราะห์แท่งตะกอนตรงบริเวณที่น่าสนใจ เช่น บริเวณเกาะใหญ่ ของอำเภอกระแสดินธุ์ โดยคาดว่าบริเวณแนวเส้นระหว่างแหลมจองถนน จ.พัทลุง กับ เกาะใหญ่ อ.กระแสดินธุ์ อาจเป็นแนวที่จะมีการก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น ถนนเชื่อมกันน้ำเพื่อเก็บน้ำจืดไว้ในทะเลสาบตอนใน (ทะเลหลวง) ซึ่งจะกระทบการไหลของน้ำและตะกอน ทำให้อัตราการตกตะกอนเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญ