

# 6

## ตะกอนและปัญหาการตื้นเขิน

ปราโมทย์ โคจิศุภกร\*

### 6.1 แหล่งที่มาของตะกอน

เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่า ปัจจุบัน ทะเลสาบสงขลาได้ตื้นเขินขึ้นกว่าในอดีต เนื่องจากการทับถมของตะกอนที่มาจากพื้นที่ลุ่มน้ำโดยรอบ อันที่จริง การตกตะกอนในทะเลสาบเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แต่กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นตัวการที่ทำให้อัตราการตกตะกอนเพิ่มรวดเร็วขึ้น

ตะกอนที่เข้าสู่ทะเลสาบสงขลา ถูกพัดพามาโดยกระแสน้ำและกระแสลม แต่เนื่องจากเขตพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นเขตที่ลุ่มพืดไม่รุนแรง อีกทั้งผิวดินมีพืชปกคลุม โอกาสที่ลมจะพัดเอาตะกอนปริมาณมากจากบนบกไปตกทับถมในทะเลสาบจึงมีน้อยมาก ตะกอนที่ถูกพาเข้าสู่ทะเลสาบส่วนใหญ่จะมาโดยกระแสน้ำในรูปของตะกอนแขวนลอย ซึ่งมีที่มาจาก 3 แหล่งหลัก คือ

---

\* คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(1) **ตะกอนจากชายฝั่งทะเล** จะพบบริเวณปากทะเลสาบสงขลา เพราะเป็นส่วนที่ติดต่อกับทะเลและได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลง ลักษณะตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยในแถบนี้ เป็นอนุภาครายขนาดปานกลางถึงละเอียด ตะกอนทรายเหล่านี้เคลื่อนที่ขนานกับชายฝั่งตามอิทธิพลของกระแสน้ำเลียบชายฝั่ง (Longshore current) โดยในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ตะกอนทรายจะเคลื่อนขึ้นไปทางเหนือ และในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีตะกอนทรายเคลื่อนลงใต้ ตะกอนทรายส่วนหนึ่งจะถูกพัดพาเข้าสู่ปากทางเข้าทะเลสาบตอนล่าง แต่เข้าไปได้ไม่ไกลนัก เนื่องจากกระแสน้ำอ่อนตัวลงเมื่อเข้าไปในทะเลสาบ ดังนั้น ตะกอนทรายจากทะเลจะตกลงสู่ท้องน้ำในทะเลสาบตอนล่างไม่เกินบริเวณเกาะยอ

(2) **ตะกอนที่ไหลมากับน้ำท่า** เป็นตะกอนที่เกิดจากการชะล้างผิวดินบนบก ตะกอนในทะเลสาบจะมีตะกอนดินที่มากับน้ำท่าเป็นองค์ประกอบหลัก ปริมาณตะกอนที่มากับน้ำท่า จะขึ้นกับปริมาณน้ำท่าและอัตราการชะล้างหน้าดิน ในฤดูฝน (ตุลาคม-มกราคม) ปริมาณน้ำท่ามาก กระแสน้ำในคลองไหลแรง ทำให้มวลน้ำสามารถอุ้มตะกอนให้แขวนลอยอยู่ในน้ำได้มากและนาน ดังนั้น ในฤดูฝนจึงมีตะกอนไหลลงสู่ทะเลสาบในปริมาณมาก ปริมาณตะกอนจะขึ้นกับอัตราการชะล้างหน้าดินด้วย หากพื้นที่ป่าถูกเปิดโล่งเพื่อทำการเกษตร หน้าดินจะถูกชะล้างได้ง่าย และถ้าหากว่าอนุภาคดินละเอียดก็ยิ่งจะถูกชะล้างได้ง่าย และเมื่อแขวนลอยอยู่ในน้ำแล้วจะตกตะกอนยาก

(3) **ตะกอนจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์** แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร มักจะพบซากพืชซากสัตว์อยู่มาก แหล่งน้ำตื้นที่แสงส่องถึงท้องน้ำ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิและความเค็มพอเหมาะ ก็จะมีพืชน้ำหรือสาหร่ายขึ้นปกคลุม แต่เมื่อน้ำเปลี่ยนความเค็มกะทันหันพืชเหล่านี้ก็จะตายลง และสะสมเป็นสารอินทรีย์เน่าเปื่อยอยู่ในตะกอนท้องน้ำ ส่วนของทะเลสาบที่มีลักษณะเช่นนี้คือ ทะเลน้อย ซึ่งมีน้ำตื้น มีพืชจำพวกตังกูนขึ้นในเขตน้ำตื้น มีผักตบชวาหนาแน่น ทำให้ตะกอนท้องน้ำมีปริมาณซากพืชอยู่มาก ตะกอนเป็นสีดำ เนื่องจากเกิดการย่อยสลายของซากพืชเหล่านี้ และหมุ่นเวียนเอาสารอาหารออกมาให้พืชน้ำใช้ในการเจริญเติบโตวนเวียนอยู่เช่นนี้เรื่อยไป ซึ่งการสะสมของสารอินทรีย์ก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้ บริเวณทะเลสาบตอนกลาง จะมีสาหร่ายน้ำกร่อยหรือตะไคร่น้ำขึ้นหนาแน่น เพราะเป็นบริเวณที่น้ำตื้นเมื่อถึงฤดูฝน น้ำในทะเลสาบตอนกลางจะเป็นน้ำจืด สาหร่ายก็จะตายจนหมด เหลือแต่รากเหง้าซากพืชที่ตายก็จะกลายเป็นสารอินทรีย์ทับถมอยู่ในตะกอนท้องน้ำในบริเวณที่เคยเจริญเติบโต บางส่วนก็ถูกชะล้างไปสู่ทะเลสาบตอนล่าง แต่ปริมาณการสะสมของตะกอนประเภทนี้มีไม่มากนัก

## 6.2 ปริมาณและอัตราการตกตะกอน

เนื่องจากทะเลสาบแบบทะเลสาบสงขลา จะมีอายุใช้งานเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ปริมาณและอัตราการตกตะกอนจึงเป็นข้อมูลสำคัญที่จะระบุว่าทะเลสาบสงขลาจะมีอายุใช้งานเหลืออีกกี่ปี การหาปริมาณและอัตราการตกตะกอน สามารถสำรวจหลายวิธีด้วยกัน เช่น

(1) **การประเมินจากปริมาณฝนและพื้นที่รับน้ำของแต่ละลุ่มน้ำ** การประเมินด้วยวิธีนี้ ต้องมีข้อมูลปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า และพื้นที่รับน้ำของแต่ละลุ่มน้ำก่อน จึงจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับน้ำท่า (Rainfall-runoff ratio) ขณะเดียวกันต้องมีการตรวจวัดปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำท่า พล็อตความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ากับปริมาณตะกอนแขวนลอย จากนั้นจึงนำข้อมูลมาประเมินปริมาณตะกอนแขวนลอยตลอดทั้งปีจากปริมาณน้ำท่าทั้งหมด (ซึ่งได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับน้ำท่า) ดังนั้นการพยากรณ์ปริมาณตะกอนแขวนลอย ก็สามารถจะคำนวณได้ถ้าทราบปริมาณน้ำท่า วิธีการนี้ใช้ได้กับตะกอนที่มากับน้ำท่าเท่านั้น แต่ก็มีข้อผิดพลาดอยู่มาก

(2) **การคำนวณจากปริมาณการไหลของน้ำและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย** โดยทำการตรวจวัดความเร็วกระแสน้ำเป็นรายชั่วโมงจนครบวัฏจักรน้ำขึ้น-น้ำลง เพื่อคำนวณเป็นปริมาณการไหลของน้ำ และตรวจวัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยรายชั่วโมงด้วย จากนั้นจึงนำมาคำนวณปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ไหลเข้า-ออกปากแม่น้ำ ใน 1 รอบวัฏจักรน้ำ วิธีการนี้จะได้ตะกอนที่ไหลออกสู่ทะเล เป็นข้อมูลจากการตรวจวัดโดยตรง แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถตรวจวัดได้ต่อเนื่องทั้งปี แม้เพียงเดือนละครั้ง เพราะเสียค่าใช้จ่ายในการสำรวจสูง

(3) **การเก็บตัวอย่างดินตะกอนเป็นแท่ง (Core) เพื่อคำนวณหาอายุของตะกอนแต่ละระดับความลึก** วิธีนี้เป็นการตรวจวัดโดยอาศัยเทคนิคทางไอโซโทปกัมมันตรังสี หากเจาะดินได้ลึกพอ (ความลึกจะขึ้นกับอัตราการตกตะกอนในบริเวณนั้น ตลอดจนระยะเวลาอันยาวนานในอดีตที่เราต้องการศึกษา) ก็จะสามารถศึกษาสิ่งแวดล้อมกายภาพของทะเลสาบในอดีตได้ และสามารถคำนวณอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบ

(4) **การวัดอัตราการตกตะกอนโดยตรงในภาคสนาม** โดยใช้กระบอก (Sediment trap) ตั้งไว้ที่ท้องน้ำเพื่อรองรับตะกอนแขวนลอยที่ตกลงสู่ก้นกระบอก ตั้งกระบอกทิ้งไว้ประมาณ 1-2 สัปดาห์ แล้วนำตะกอนมาอบ-ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณเป็นอัตราการตกตะกอนของตะกอนแขวนลอย วิธีการนี้จะได้อัตราการตกตะกอนสูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากตะกอนแขวนลอยเมื่อตกสู่ท้องน้ำแล้วสามารถเคลื่อนตัวและฟุ้งกระจายขึ้นมาได้ใหม่ แต่ตะกอนในกระบอกไม่สามารถฟุ้งหรือเคลื่อนไปไหนได้อีก

(5) การใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical model) การจำลองการไหลของน้ำ การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอย การทับถม การกัดเซาะท้องน้ำ โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์สร้างเป็นแบบจำลองเชิงตัวเลขขึ้นมา แต่หัวใจสำคัญของการใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขคือ จะต้องต้องมีข้อมูลภาคสนามมาปรับเทียบ (Calibrate) และพิสูจน์ (Verify) ให้ผลของแบบจำลองถูกต้อง มิฉะนั้นผลจากแบบจำลองจะขาดความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ การใช้แบบจำลองก็มีข้อจำกัด คือ เราไม่สามารถจำลองอิทธิพลที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย-การทับถมของตะกอนได้ทั้งหมด ซึ่งทำให้ผลจากแบบจำลองจะไม่ตรงกับพฤติกรรมการตกตะกอนตามความเป็นจริง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมผลการศึกษเกี่ยวกับปริมาณตะกอนและอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบ ตลอดจนได้ทำการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอนจากการซ้อนทับแผนที่ความลึกน้ำ 2 ปี และการประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตกตะกอนของตะกอนแขวนลอยที่มากับน้ำท่า ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวเป็นลำดับ ดังนี้

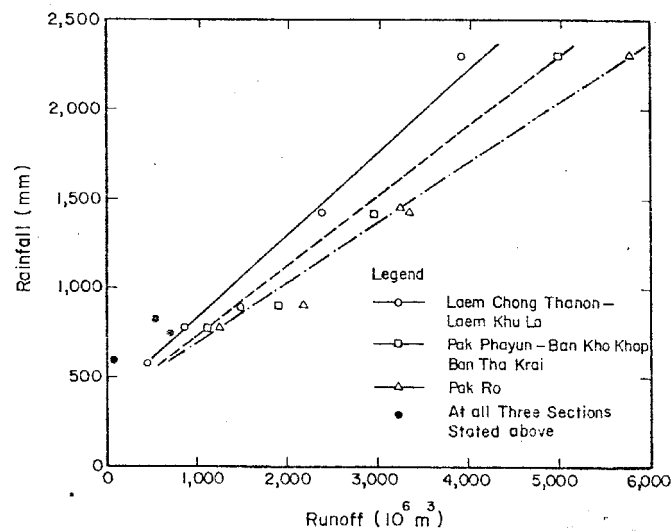
### 6.2.1 ปริมาณตะกอนจากปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ

ปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเลสาบขึ้นกับปริมาณน้ำท่า ซึ่งแปรผันโดยตรงกับปริมาณน้ำฝนอีกทอดหนึ่ง จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับปริมาณน้ำท่า (รูปที่ 6.1) พบว่าถ้าฝนตก (สะสม) น้อยกว่า 400 มม. จะไม่มีน้ำท่าไหลลงสู่ทะเลสาบ (AIT, 1979) และจากข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยพอจะสันนิษฐานได้ว่าทะเลสาบจะได้รับน้ำท่าเต็มที่เพียงปีละ 3 เดือนเท่านั้น (ตุลาคม-ธันวาคม) แต่เป็นที่น่าเสียดายที่ในรายงานไม่มีการกล่าวถึงปริมาณตะกอนที่ไหลมากับน้ำท่า

ในรายงาน Songkhla Lake Basin Planning Study (John Taylor and Sons, 1985) ได้ศึกษาปริมาณตะกอนจาก 8 คลองในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยใช้สูตร Empirical ซึ่งใช้กันแพร่หลาย

$$Q_s = aQ^b$$

เมื่อ  $a$  และ  $b$  เป็นค่าคงที่ ค่าทั้งสองนี้ต้องวิเคราะห์จากข้อมูลปริมาณน้ำ-ปริมาณตะกอนที่ตรวจวัดค่า  $a$  มีพิสัยกว้างจาก 5.8 (สำหรับลุ่มน้ำสาขาขนาดเล็ก) จนถึง 963 (สำหรับลุ่มน้ำสาขาขนาดใหญ่) ส่วนค่า  $b$  มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.9 ถึง 1.8 ค่า  $a$  และ  $b$  มีความแปรปรวนค่อนข้างมาก จึงไม่สามารถหาสูตรสำเร็จสำหรับทั้งลุ่มน้ำได้



รูปที่ 6.1 กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณฝนกับปริมาณน้ำท่าสำหรับ  
คลองบางคลอง ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (AIT, 1979)

เมื่อใช้ข้อมูลน้ำท่า-ปริมาณตะกอนจากคลองอ้ายโต (X.21b) สามารถประมาณปริมาณตะกอนจากลุ่มน้ำขนาด 300 ตร.กม. ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบตอนบนได้เท่ากับ 150,000 ตัน/ปี และข้อมูลจากคลองอู่ตะเภา (X.44) สามารถประมาณปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเลสาบตอนล่างได้เท่ากับ 80,000 ตัน/ปี อัตราการตกตะกอนในทะเลสาบเฉลี่ยเท่ากับ 0.4 มม./ปี รายงานยังได้ประมาณปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเลสาบว่ามีค่าประมาณ 0.5 - 0.6 ล้านตัน/ปี โดยปริมาณตะกอนขึ้นกับปริมาณฝนในแต่ละปี และปริมาณตะกอนที่คำนวณได้ยังต่ำกว่าปริมาณตะกอนที่ไหลออกสู่อ่าวไทยผ่านทางปากร่องน้ำทางเข้าทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ซึ่งมีประมาณปีละ 1.3 ล้านตัน/ปี จึงสันนิษฐานว่าท้องน้ำหรือชายฝั่งทะเลสาบต้องถูกกัดเซาะเพื่อให้งบดุลของตะกอนสมดุล ในรายงานยังได้ประเมินอัตราการกรอกของชายฝั่งทะเลสาบว่ามีค่าประมาณ 0.1 มม./ปี ซึ่งขัดแย้งกับความเห็นที่ว่าชายฝั่งจะถูกกัดเซาะเพื่อทำให้งบดุลตะกอนสมดุล

ธวัช และคณะ (2541) อ้างถึงรายงานของ TEAM *et al.* (1989) ว่าได้ให้ปริมาณตะกอน ( $Q_s$ ) จากคลองลำป่า อ.เมือง จ.พัทลุง สัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยในแต่ละเดือน ( $Q_m$ ) ดังนี้

$$Q_s = 171.297Q_m^{1.0885}$$

|       |       |                                                    |
|-------|-------|----------------------------------------------------|
| เมื่อ | $Q_s$ | เป็นปริมาณตะกอน (ตัน/เดือน)                        |
|       | $Q_m$ | เป็นอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ลบ.ม./วินาที) |

นอกจากนี้ TEAM *et al* (1989) ยังได้ให้ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนเฉลี่ยต่อปีของกลุ่มน้ำต่างๆ รอบทะเลสาบสงขลาเป็นสูตร Empirical ที่ขึ้นกับขนาดของพื้นที่รับน้ำ (A) ดังนี้

$$Q_s = 283.16A^{0.662}$$

|       |       |                            |
|-------|-------|----------------------------|
| เมื่อ | $Q_s$ | เป็นปริมาณตะกอน (ตัน/ปี)   |
|       | A     | เป็นพื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.) |

แต่ไม่ได้มีการคำนวณค่าปริมาณตะกอนต่อปีให้ หากใช้พื้นที่ลุ่มน้ำ 8,495 ตร.กม. จะได้ปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ 113,016 ตัน/ปี ถ้าตะกอนจำนวนนี้สะสมในทะเลสาบทั้งหมดจะได้อัตราการตกตะกอนเท่ากับ 0.05 มม./ปี เท่านั้น ซึ่งถือว่าน้อยมาก

จากเว็บไซต์ของกรมชลประทานได้ให้ปริมาณน้ำท่าไว้ 4,896 ล้าน ลบ.ม./ปี (หรือประมาณ 155 ลบ.ม./วินาที) หากใช้สูตร Empirical ของ TEAM *et al.* (1989) จะได้ปริมาณตะกอน 41,561 ตัน/เดือน หรือ 498,738 ตัน/ปี คิดเป็นอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบเท่ากับ 0.19 มม./ปี (หากตะกอนจากน้ำท่าตกสู่ท้องน้ำทั้งหมดโดยไม่ไหลออกสู่อ่าวไทย) ใน World Lake Database (<http://www.ilec.or.jp/database/map/area/seasia.html>) ได้ให้ค่าปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ 0.5 – 0.6 ล้านตัน/ปี โดยไม่ได้กล่าวถึงที่มาของตัวเลข แต่ก็สอดคล้องกับตัวเลขที่รายงานโดย John Taylor and Sons (1985) เข้าใจว่าอาจใช้ตัวเลขจากแหล่งดังกล่าว

### 6.2.2 การหาอัตราการตกตะกอนในทะเลโดยการประยุกต์ใช้สารไอโซโทป

อัตราการตกตะกอนในอ่าวไทยและทะเลสาบสงขลาที่ศึกษาด้วยวิธีไอโซโทปนี้ มีอยู่พอสมควร Srisukawad *et al.* (unpublished) ใช้ตะกั่ว-210 ( $^{210}\text{Pb}$ ) ซึ่งเป็นสารไอโซโทปธรรมชาติ ศึกษาอัตราการตกตะกอนทั่วอ่าวไทย โดยเก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 21-24 สิงหาคม พ.ศ. 2537 ผลการวิเคราะห์พบว่าอัตราการตกตะกอนในอ่าวไทยอยู่ระหว่าง 0.85-2.98 มม./ปี ซึ่งถือว่าสูงเมื่อเทียบกับการตกตะกอนเฉลี่ยในมหาสมุทรเท่ากับ 0.01 มม./ปี ในบริเวณก้นอ่าวไทยตอนบน (บริเวณรูปตัว “ก”) และแถบชายฝั่ง จะมีอัตราการตกตะกอนสูงกว่าบริเวณกลางอ่าวและปากอ่าวไทย

Yuthamanop and Chufamane (unpublished) ศึกษาอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาและบนพื้นที่ลุ่มน้ำของทะเลสาบ โดยวัดสารไอโซโทปซีเซียม-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) ซึ่งเกิดขึ้นจากการทดลองระเบิดปรมาณูบนดิน สารนี้จะล่องลอยอยู่บนชั้นบรรยากาศก่อนตกสะสมอยู่ในดินตะกอน สามารถตรวจพบสารไอโซโทปนี้ในดินทั่วโลกในปี ค.ศ. 1954 (พ.ศ. 2497) และมีค่าสูงสุดในปี ค.ศ. 1964 (พ.ศ. 2507) หลังจากนั้น มีการห้ามทดลองระเบิดปรมาณูบนดิน ปริมาณสารไอโซโทปนี้ในบรรยากาศจึงลดลงเรื่อยๆ ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างครั้งแรกในปี พ.ศ. 2524

ครั้งที่ 2 มิได้ระบุปีที่สำรวจ มีการเก็บตัวอย่างดินตะกอนในทะเลสาบ 15 จุด และบนบก 5 จุด ผลการวิเคราะห์พบว่าอัตราการสะสมของตะกอนในทะเลสาบประมาณ 5-6 มม./ปี การสะสมของตะกอนสูงสุดบริเวณส่วนบนของทะเลสาบตอนบนซึ่งได้รับตะกอนมาจากทะเลน้อย ส่วนล่างของทะเลสาบตอนบนและทะเลสาบตอนกลางจะมีอัตราการสะสมของตะกอนลดลง การสะสมของตะกอนที่ร่องน้ำติดต่อกับทะเลจะน้อยที่สุด เพราะมีการกัดเซาะและการขุดลอกร่องน้ำ John Taylor and Sons (1985) ให้ความเห็นว่าอัตราการตกตะกอนที่สูง เกิดจากสัตว์ที่ขุดรูอยู่ในดินท้องน้ำ (Benthos) ทำการผสมดินชั้นบนหนา 16 ซม.

ธวัช และคณะ (2539) ศึกษาอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาโดยใช้เทคนิคสารไอโซโทป  $^{137}\text{Cs}$  เช่นกัน โดยกำหนดให้ตะกอนดินชั้นสุดท้ายที่พบ  $^{137}\text{Cs}$  เป็นตะกอนที่ตกเมื่อปี ค.ศ. 1945 (พ.ศ. 2488) ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างดินตะกอนในทะเลสาบ 50 จุด ผลการวิเคราะห์พบว่าอัตราการตกตะกอนโดยเฉลี่ยทั่วทั้งทะเลสาบเท่ากับ 5 มม./ปี ซึ่งอัตราการตกตะกอนใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Yuthamanop and Chufamanee (unpublished) ผู้วิจัยได้สรุปว่าตะกอนมาจากแม่น้ำและซากพืชที่ตายในช่วงฝนแล้ง เป็นที่น่าสังเกตว่าความหนาแน่นของตะกอนท้องน้ำมีค่าสูงกว่า 1 ก./ลบ.ซม. เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งถือว่าต่ำสำหรับตะกอนดิน แสดงให้เห็นว่าตะกอนท้องน้ำไม่ถูกกดทับจนแน่น หากตะกอนท้องน้ำถูกบีบอัดจะมีความหนาแน่นไปได้อีก ซึ่งหมายความว่าอัตราการตกตะกอนที่แท้จริงน่าจะน้อยกว่าที่คำนวณได้

ธวัช และคณะ (2541) อ้างถึงรายงาน Songkhla Lake Basin Planning Study (John Taylor & Sons, 1985) ซึ่งรายงานไว้เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2528 ระบุว่าอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.4 มม./ปี และอัตราการรุกของชายฝั่งเข้าไปในทะเลสาบเท่ากับ 0.1 มม./ปี นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางอุทกศาสตร์และการเคลื่อนที่ของตะกอนแบบ 2 มิติ ในทะเลสาบสงขลา ได้ผลสรุปว่าตะกอนจำพวกทรายและทรายขี้เป็ดจะตกตะกอนใกล้ปากคลองที่ออกสู่ทะเลสาบในรัศมีราว 0.5 กม. ส่วนดินเหนียวจะแขวนลอยอยู่ได้นานก่อนตกตะกอนหรือถูกพัดพาออกสู่ทะเลสาบสงขลาและออกสู่ทะเล อัตราการตกตะกอนที่ได้จากแบบจำลองจะแตกต่างกับผลที่ได้จากการศึกษาโดยสารไอโซโทป ทั้งนี้เนื่องจากความซับซ้อนของทะเลสาบและตะกอนซึ่งแบบจำลองไม่สามารถจำลองได้หมด

จากผลการศึกษาทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่ายังไม่มีคะแนนชัดในเรื่องปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ และอัตราการตกตะกอนที่แท้จริงในทะเลสาบสงขลา อัตราการตกตะกอนที่ได้จากเทคนิคสารไอโซโทปจะสูงกว่าอัตราการตกตะกอนที่หาจากความสัมพันธ์ของปริมาณฝน-ปริมาณน้ำ-ปริมาณตะกอน อยู่มากกว่า 10 เท่า จากการค้นคว้ารายงานการสำรวจทางอุทกวิทยาของกรมชลประทานและพาณิชย์ พบว่าในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 มีการวัดการไหลของน้ำและปริมาณตะกอนที่ปากอ (จุดที่มีการแลกเปลี่ยนของน้ำตะกอน และความเค็มระหว่างทะเลสาบตอนกลางกับทะเลสาบตอนล่าง) โดยทำการตรวจวัด 6 วัน พบว่าการไหลของน้ำไหลเฉลี่ย จะเป็นการไหลออกจากทะเลสาบตอนบนทั้งหมด อัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยสูงถึง 1,000 ลบ.ม./วินาที ซึ่งถือว่าสูงมาก ใกล้เคียงกับอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดในแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็น 1 ใน 4 ของแม่น้ำสายหลักของประเทศที่ไหลลงสู่

อ่าวไทย หากให้มีการถ่ายเทของตะกอนจากทะเลสาบตอนกลางสู่ทะเลสาบตอนล่างเกิดขึ้นในช่วง 3 เดือนสุดท้ายของปี จะได้ปริมาณตะกอนไหลออกจากทะเลสาบตอนกลาง 371,000 ตัน ซึ่งน่าจะใกล้เคียงกับปริมาณตะกอนที่ทะเลสาบทุกส่วนได้รับมาจากน้ำท่าทั้งปี ดังนั้น อัตราการทับถมของตะกอนในทะเลสาบตอนบนน่าจะน้อย

### 6.2.3 การถ่ายเทของตะกอนระหว่างทะเลสาบสงขลากับอ่าวไทย

การถ่ายเทตะกอนแขวนลอยระหว่างทะเลสาบกับอ่าวไทยผ่านทางร่องน้ำทางเข้าทะเลสาบสงขลา มีผลต่อการคำนวณอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบ ตะกอนจากอ่าวไทยที่เข้ามาในทะเลสาบจะเป็นอนุภาคทราย ส่วนตะกอนจากทะเลสาบสู่ทะเลจะเป็นดินเหนียวเป็นหลัก (ซึ่งทำให้น้ำชายฝั่งมีความขุ่น)

ในการสำรวจทางอุทกวิทยาของกรมเจ้าท่า<sup>9</sup> หลายครั้ง โดยการตรวจวัดกระแสน้ำและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย แล้วนำมาคำนวณเป็นปริมาณน้ำท่าและปริมาณตะกอนสุทธิ ที่ไหลถ่ายเทระหว่างทะเลสาบกับอ่าวไทย พบว่าตะกอนเข้าออกไม่ชัดเจน โดยผลการตรวจวัดขึ้นกับฤดูกาล น้ำท่า และน้ำขึ้น-น้ำลง ในช่วงฝนตกชุก (ศรีธัญญา, 2539; แมนและคณะ, 2543; จิรัฏฐา, 2543; แมน, 2546) จะมีน้ำท่าและปริมาณตะกอนไหลออกสู่ทะเล ปริมาณน้ำท่าไหลออกถึง 2,954 ลบ.ม./วินาที ตะกอนไหลออกถึง 16,000 ตัน/วัน ส่วนในช่วงฤดูแล้งอื่น ๆ จะมีทั้งน้ำและตะกอนไหลเข้าและออกในแต่ละรอบวัน (กิตติพล, 2543; ธนดล, 2543) ดังนั้น การคำนวณอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาโดยดูจากงบดุลตะกอน (Sediment budget) จึงทำได้ยากเพราะไม่ได้ตรวจวัดต่อเนื่องทั้งปี

### 6.2.4 การคำนวณอัตราการตกตะกอนโดยใช้ Sediment trap

กรมเจ้าท่า<sup>9</sup> ได้ศึกษาอัตราการตกตะกอนในร่องน้ำทางเข้าทะเลสาบสงขลาโดยใช้ Sediment trap ซึ่งเป็นแท่งกระบอกพีวีซี ยาว 30 ซม. ปลายบนเปิดให้ตะกอนแขวนลอยหล่นลงไปในห้องได้ ในการศึกษามุ่งไปที่การตกตะกอนในร่องน้ำ จึงได้อัตราการตกตะกอนสูงมาก (1.14 ม./ปี) และ แอ่งกลับเรือ (0.07-0.18 ม./ปี) อย่างไรก็ตาม อัตราการตกตะกอนที่ได้ด้วยวิธีนี้ มีผลจากกิจกรรมของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้อง จึงไม่ใช่ตัวแทนอัตราการตกตะกอนที่แท้จริงในทะเลสาบ (ปราโมทย์, 2539)

<sup>9</sup> กรมเจ้าท่า ปัจจุบันคือ กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี



### 6.2.5 การคำนวณอัตราการตกตะกอนจากการซ้อนทับแผนที่ความลึกน้ำ 2 ปี

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้คำนวณหาอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่าง โดยอาศัยข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

(1) แผนที่ความลึกน้ำในทะเลสาบสงขลา (ทะเลสาบตอนบน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนล่าง) ซึ่งจัดทำโดยกรมเจ้าท่า เมื่อปี พ.ศ. 2518

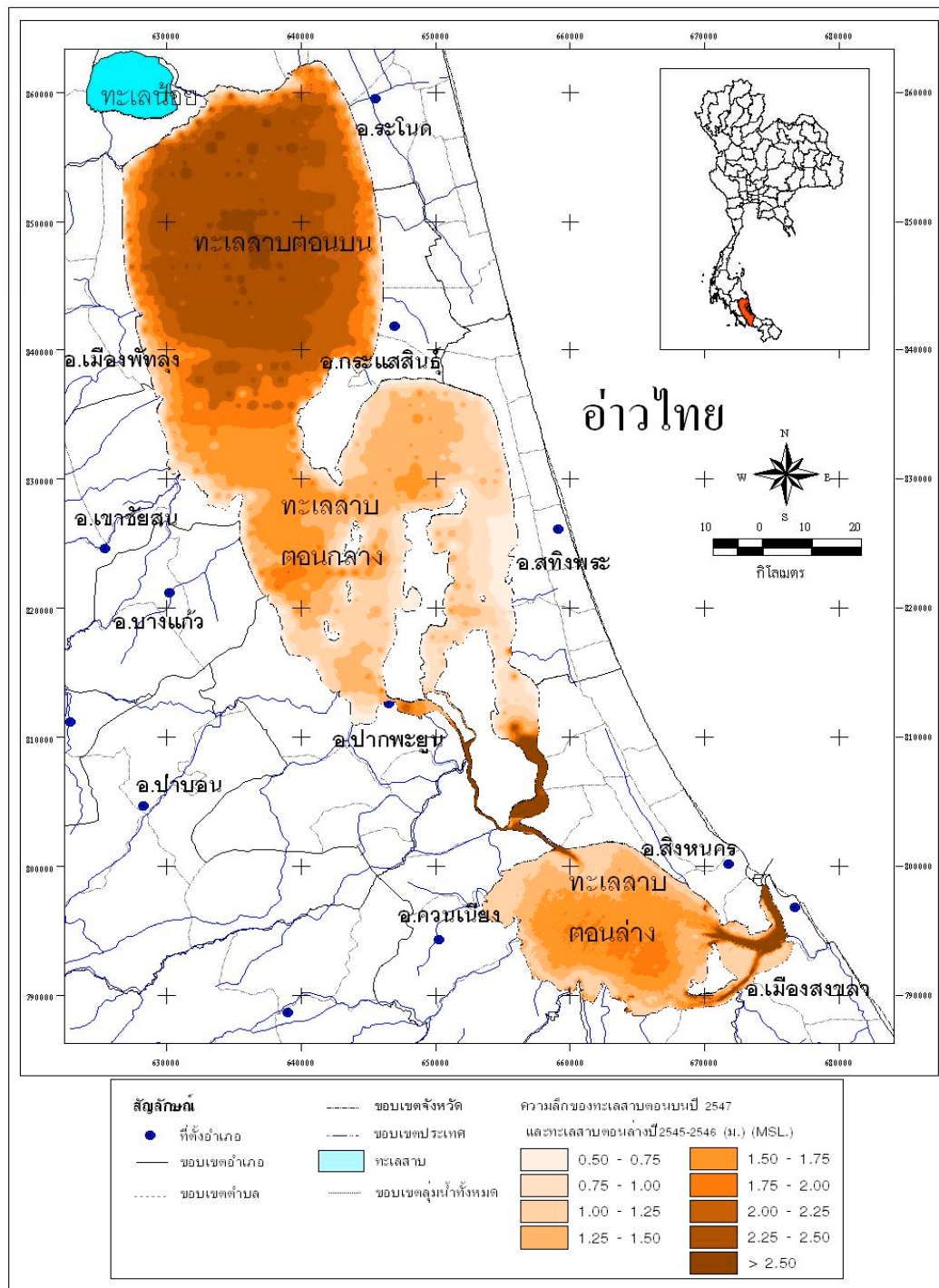
(2) แผนที่ความลึกน้ำในทะเลสาบสงขลา เฉพาะทะเลสาบตอนล่าง ซึ่งจัดทำโดยกรมเจ้าท่า เมื่อปี พ.ศ. 2545<sup>10</sup>

(3) แผนที่ความลึกน้ำในทะเลสาบสงขลา เฉพาะทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนบน ซึ่งจัดทำโดยคณะผู้ศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2547

เมื่อนำผลการศึกษา (2) และ (3) มารวมกัน ก็จะได้ผลลัพธ์เป็นระดับความลึกที่บริเวณต่างๆ ของทะเลสาบในปี พ.ศ. 2547 ดังแสดงในรูปที่ 6.2 (โดยอนุโลม เพราะอันที่จริงเป็นการวัดใน 2 ช่วงเวลาที่ต่างกัน แต่เป็นข้อมูลดีที่สุดในที่นี้) และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษา (1) ข้างต้น จะได้อัตราการทับถมของตะกอนในบริเวณต่างๆ ของทะเลสาบสงขลา ในช่วง 27 ปี (พ.ศ. 2518 - 2545) ซึ่งบริเวณที่ตื้นเขินอย่างรุนแรงได้แก่บริเวณด้านตะวันตกของทะเลสาบตอนล่าง โดยบางบริเวณตื้นขึ้นมากกว่า 15 มม./ปี ขณะที่บางบริเวณที่ลึกขึ้นซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการปรับปรุงร่องน้ำเดินเรือโดยการขุดลอก และกระแสน้ำไหลแรงขึ้นเนื่องจากการสร้างท่าเรือน้ำลึกที่ปากร่องน้ำสงขลา (รูปที่ 6.3)

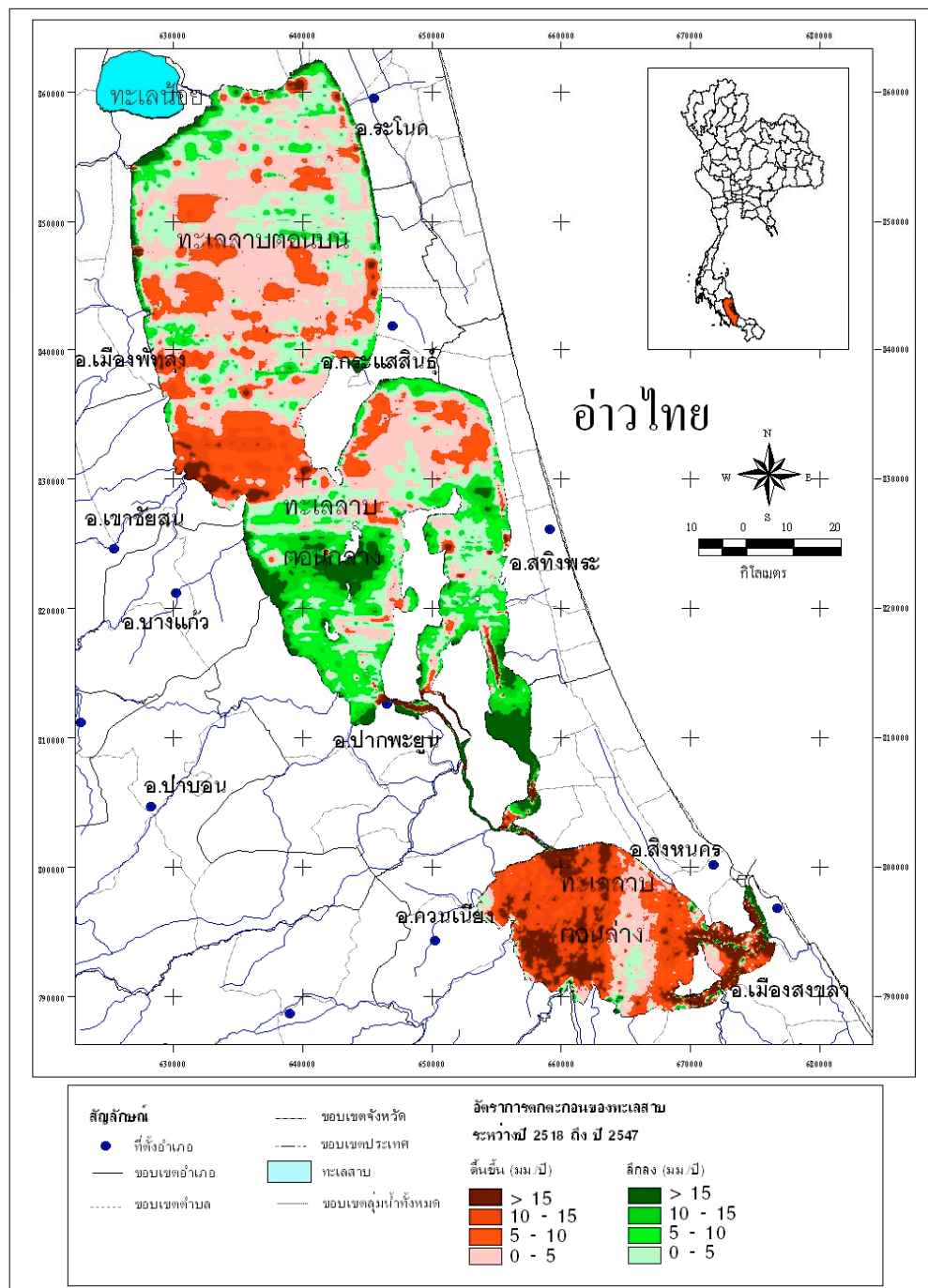
เมื่อนำข้อมูลความลึกน้ำไปคำนวณปริมาตรและพื้นที่ของทะเลสาบตอนล่างโดยละเอียดด้วยโปรแกรม ArcView พบว่าทะเลสาบมีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 184 ตร.กม. (น้อยกว่าที่ John Taylor & Sons (1985) ประมาณไว้ที่ 190 ตร.กม.) ปริมาตรน้ำในทะเลสาบเมื่อปี พ.ศ. 2518 เท่ากับ  $3.07 \times 10^8$  ลบ.ม. ปริมาตรน้ำในปี พ.ศ. 2545 เท่ากับ  $2.91 \times 10^8$  ลบ.ม. ถ้าพื้นที่ผิวน้ำของทะเลสาบไม่เปลี่ยนแปลงในรอบ 27 ปีที่ผ่านมา แสดงว่ามีปริมาตรตะกอนที่เพิ่มขึ้น  $1.6 \times 10^7$  ลบ.ม. คิดเป็นความหนาของชั้นตะกอนเฉลี่ย 0.09 ม. หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเฉลี่ย 3.33 มม./ปี แต่หากไม่คิดพื้นที่ที่มีการขุดลอก เช่น บริเวณปากทะเลสาบ ปากอ ปากคลองต่างๆ พบว่าปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้น  $3.5 \times 10^7$  ลบ.ม. และพื้นที่ผิวดลดลงเหลือ 163 ตร.กม. คิดเป็นความหนาของชั้นตะกอนเฉลี่ย 0.22 ม./27 ปี หรือคิดเป็นอัตราการตกตะกอนเฉลี่ย 8.12 มม./ปี ซึ่งค่าที่ได้จะใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการศึกษาโดยใช้เทคนิคสาร์ไอโซโทป และมีความเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับอัตราการทับถมของตะกอนในอ่าวไทย (0.85–2.98 มม./ปี)

<sup>10</sup> การทำแผนที่ความลึกน้ำในทะเลสาบตอนล่างโดยกรมเจ้าท่า เมื่อปี พ.ศ. 2545 ทำโดยการตีเส้นกริดตามพิกัด UTM แนวนอน ทุกๆ ระยะ 1 กม. และตีเส้นกริดตามแนวตั้ง ทุกๆ ระยะ 500 ม. ทำการอ่านค่าความลึกน้ำในแต่ละเส้นกริดด้วยเครื่อง Echo-sounder (บวกด้วย 0.94 ม. เพื่อให้ได้ความลึกน้ำที่ระดับทะเลปานกลาง)



ที่มา: คณะผู้ศึกษา และกรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี, 2518 ; 2545

รูปที่ 6.2 ความลึกทะเลสาบในปี พ.ศ. 2547



ที่มา: คณะผู้ศึกษา และกรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี, 2518 ; 2545

รูปที่ 6.3 อัตราการตกตะกอนในบริเวณต่างๆ ของทะเลสาบ

อนึ่ง ตะกอนท้องน้ำมีความหนาแน่นต่ำมาก (มากกว่า 1 ก./ลบ.ซม. เพียงเล็กน้อย เปรียบเทียบกับความหนาแน่นของดินแห้งประมาณ 2 ก./ลบ.ซม.) เนื่องจากมีน้ำรวมอยู่ในชั้นตะกอน เมื่อตะกอนทับถมมากขึ้น น้ำในอนุภาคตะกอนจะถูกบีบออกมา ชั้นตะกอนจะทรุดตัวลง ดังนั้นอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบที่แท้จริง โดยเฉลี่ยน่าจะอยู่ระหว่าง 2.5-3.5 มม./ปี

จากรูปที่ 6.3 จะเห็นได้ว่าบริเวณที่มีการตื่นขึ้นอย่างรวดเร็ว คือ บริเวณปากทะเลสาบสงขลาส่วนที่ต่อเนื่องกับอ่าวไทย เนื่องจากได้รับตะกอนจากอ่าวไทยในช่วงน้ำไหลเข้า มีเกาะยอขวางการไหลของน้ำทำให้กระแสน้ำอ่อน ตะกอนแขวนลอยจะตกทับถมได้มาก ในส่วนของร่องน้ำพบว่าจากปากร่องน้ำสงขลาเข้ามา ร่องน้ำจะแยกออกเป็น 2 ร่องน้ำ โอบทางเหนือและใต้ของเกาะยอ ร่องน้ำทางเหนือจะต่อกับร่องน้ำปากกรอ

นอกจากนี้ ส่วนบนของทะเลสาบตอนล่างก็มีอัตราการการทับถมของตะกอนสูง เพราะเป็นแนวปะทะของน้ำในทะเลสาบกับน้ำทะเล ทำให้เกิดภาวะน้ำนิ่งขณะที่น้ำเปลี่ยนแปลงทิศทางระหว่างน้ำขึ้นกับน้ำลง (ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากแบบจำลองเชิงตัวเลข) ดังนั้น อนุภาคที่แขวนลอยที่ถูกพามากับน้ำที่ไหลออกมาจากคลองใหญ่ โดยเฉพาอย่างยิ่งคลองอู่ตะเภา และจากคลองหลวงที่พาตะกอนจากทะเลสาบตอนกลางสู่ทะเลสาบตอนล่าง และอนุภาคที่แยกตัว และเกาะตัวกันเมื่อน้ำจืดผสมกับน้ำเค็ม (Flocculation) ก็จะตกตะกอนสะสมในบริเวณนี้ (ที่ความเค็ม 0-10 psu) สารละลายบางส่วนที่ละลายอยู่ในมวลน้ำจะแยกตัวออกเป็นตะกอนแขวนลอย โดยกระบวนการทางธรณีเคมี) กอปรกับการถ่ายเทตะกอนออกสู่อ่าวไทยถูกขัดขวางจากไซนั้ที่มีอยู่เต็มทะเลสาบตอนล่าง เป็นเหตุให้เกิดการตื่นขึ้นเร็วขึ้น ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการลดปริมาณไซนั้ที่กีดขวางและลดปริมาณตะกอนจากแหล่งกำเนิด

การหาสัดส่วนว่าตะกอนในทะเลสาบตอนล่างว่ามาจากแหล่งไหนเท่านั้น ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถตอบได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลปริมาณอนุภาคแขวนลอยที่เก็บอย่างต่อเนื่องระยะยาว ทั้งนี้เพราะว่าในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องของทุกหน่วยงาน ไม่ได้มีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ตะกอนแขวนลอย (ดังนั้น ควรมีการประเมินความเหมาะสมเกี่ยวกับเรื่องพารามิเตอร์ทางสิ่งแวดล้อมที่ต้องติดตามตรวจสอบใหม่ โดยอย่างน้อยควรมีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 5 ปี) แต่พอจะอนุมานได้ว่าน่าจะมาจากคลองขนาดใหญ่ที่ไหลผ่านพื้นที่ลุ่มน้ำมากกว่าคลองขนาดเล็ก

ช่วงต่อระหว่างทะเลสาบตอนบนกับทะเลสาบตอนกลาง ก็มีอัตราการตกตะกอนสูง เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดกว้างทำให้น้ำไหลช้า โอกาสที่ตะกอนจะระบายออกสู่ทะเลสาบตอนล่างได้มากจะเป็นช่วงที่น้ำไหลหลากแรงเท่านั้น ซึ่งก็คือฤดูฝน ส่วนในฤดูแล้งน้ำจะค่อนข้างนิ่ง อย่างไรก็ตาม สาหร่ายขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นในทะเลสาบตอนกลาง ก็เป็นตัวการขัดขวางการถ่ายเทตะกอนออกสู่ทะเลสาบตอนล่าง เพราะเมื่อน้ำปะทะกับสาหร่าย แรงพยุ่ของอนุภาคก็จะลดลง ส่งผลให้ตะกอนตกลงสู่พื้นท้องน้ำ (จะเห็นได้ว่าบริเวณที่มีสาหร่ายขึ้นหนาแน่น น้ำจะใส) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาเกิดการสะสมของสาหร่ายขนาดใหญ่เป็นบริเวณกว้างเต็มพื้นที่ทะเลสาบตอนกลาง ทำให้ตะกอนจำนวนหนึ่งถูกสกัดกั้นเอาไว้ในทะเลสาบช่วงบน ไม่ได้ส่งถ่ายมายังทะเลสาบตอนล่าง

ทะเลสาบตอนบนก็มีการสะสมของตะกอนท้องน้ำ โดยเฉพาะบริเวณใกล้ปากคลอง แสดงว่ามีการสะสมของตะกอนแขวนลอยที่มากับน้ำท่า บริเวณกลางทะเลสาบก็มีการสะสมตัวของตะกอนเช่นกัน แสดงว่าตะกอนแขวนลอยแพร่กระจายไปทั่วทั้งทะเลสาบ ถึงแม้กระแสน้ำจะอ่อนมาก (ผลจากแบบจำลอง) แต่มีพลังงานคลื่นที่กวนน้ำให้ขึ้นอยู่กับเวลา

สิ่งที่น่าสนใจอีกประการ คือ ทะเลสาบตอนกลาง มีความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น บางบริเวณลึกขึ้นมากกว่า 15 มม./ปี สาเหตุอาจจะเนื่องมาจากที่ตั้งของเกาะนางคำขวางทางน้ำและสภาพภูมิประเทศบีบให้น้ำไหลเป็น 2 ร่อง กระแสน้ำแรงขึ้น จึงสามารถกัดเซาะท้องน้ำได้

ตารางที่ 6.1 สรุปปริมาณน้ำจากแผนที่ในปี พ.ศ. 2518 เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำจากแผนที่ที่จัดทำขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2547 จะพบว่าปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น 13.93 ล้าน ลบ.ม. หากพื้นที่ทะเลสาบคงเดิม แสดงว่าทะเลสาบลึกขึ้นโดยเฉลี่ย 0.48 มม./ปี ซึ่งผิดความคาดหมาย แต่หากพิจารณาทะเลสาบแต่ละบริเวณก็พบว่าทะเลสาบตอนล่างมีปัญหาความตื้นเขินของทะเลสาบค่อนข้างรุนแรง ซึ่งประมาณการว่าในอีกประมาณ 400-1,000 ปี พื้นที่ทะเลสาบตอนล่างส่วนใหญ่จะกลายเป็นแผ่นดิน โดยทะเลสาบตอนบนและตอนกลางจะเป็นทะเลสาบน้ำจืดในแผ่นดิน แล้วก็จะตื้นเขินจนเป็นพรุและแผ่นดินในที่สุด

ตารางที่ 6.1 สรุปปริมาณและการเปลี่ยนแปลงความลึกในทะเลสาบแต่ละส่วน

|                                                     |       |            |
|-----------------------------------------------------|-------|------------|
| พื้นที่ทะเลสาบ (ไม่รวมทะเลน้อย)                     | 1,009 | ล้าน ตร.ม. |
| ปริมาณทะเลสาบ ปี พ.ศ. 2518                          | 1,745 | ล้าน ลบ.ม. |
| ปริมาณทะเลสาบ ปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2547) | 1,759 | ล้าน ลบ.ม. |
| ปริมาณทะเลสาบ ที่เปลี่ยนแปลง (ไม่รวมทะเลน้อย)       | 14    | ล้าน ลบ.ม. |
| ทะเลสาบลึกลงเฉลี่ย (ปี พ.ศ. 2518-2547)              | 14    | มม.        |
| ทะเลสาบลึกลง (ระหว่างปี พ.ศ. 2518 ถึง 2547 = 29 ปี) | 0.48  | มม./ปี     |

ที่มา: คณะผู้ศึกษา และกรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี, 2518 ; 2545

#### 6.2.6 ปริมาณน้ำท่าและปริมาณตะกอนจากการตรวจวัดภาคสนาม

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการตรวจวัดกระแสน้ำ ความเค็ม และความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยเป็นรายชั่วโมงต่อเนื่องกัน 25 ชั่วโมง พร้อมกันในวันที่ 16-17 ตุลาคม 2546 เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอนแขวนลอย และเกลือที่แนวหน้าตัดบริเวณปากร่องน้ำสงขลาและปากอ่าว ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 (หัวข้อ 3.2.1) แล้ว ในหัวข้อนี้จะนำเสนอเฉพาะสรุปปริมาณการไหลของน้ำ ปริมาณตะกอน และเกลือ ที่ผ่านพื้นที่ทั้งสองดังตารางที่ 6.2 (คัดลอกมาจากตารางที่ 3.2 บทที่ 3) อนึ่ง เนื่องจากในช่วงที่ตรวจวัดเป็นฤดูฝนทิศทางการไหลของน้ำจะเป็นการไหลจากทะเลสาบตอนบนสู่ทะเลสาบตอนล่าง และสู่อ่าวไทยในที่สุด ปริมาณตะกอนและเกลือก็จะไหลตามการไหลของน้ำด้วย

ตารางที่ 6.2 ปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน และปริมาณเกลือที่ป่ากรอ และร่องน้ำทางเข้าทะเลสาบสงขลา

| สถานี                      | ปริมาณน้ำ<br>(ลบ.ม./วินาที) | ปริมาณตะกอน<br>(ตัน/วัน) | ปริมาณเกลือ<br>(ตัน/วัน) |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ป่ากรอ                     | 201                         | 66                       | 278,404                  |
| ร่องน้ำทางเข้าทะเลสาบสงขลา | 778                         | 505                      | 1,150,788                |

ที่มา: คณะผู้ศึกษา

### 6.3 การใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขศึกษาพฤติกรรมของตะกอนแขวนลอย และการตกตะกอน

เพื่อยืนยันค่าปริมาณตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเลสาบและอัตราการตกตะกอน ในการศึกษาเพื่อทำแผนแม่บทในครั้งนี้ จึงได้ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข จำลองการไหลเวียนของน้ำในระบบทะเลสาบทั้งหมด และจำลองการแพร่กระจายและการตกตะกอน

โปรแกรมในการสร้างแบบจำลองในครั้งนี้เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปชื่อว่า SMS (Surface water Modeling System) ประกอบด้วย โมดูลพื้นฐานสำหรับนำเข้าข้อมูลและแสดงผลรูปแบบกราฟฟิก และโมดูลเฉพาะสำหรับจำลองการไหลเวียนของน้ำ โมดูลจำลองการแพร่กระจายของความเค็ม โมดูลจำลองการแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอย และโมดูลอื่นต่อเชื่อมโมดูลพื้นฐานแบบจำลองการไหลเวียนของน้ำถูกขับเคลื่อนด้วยระดับน้ำขึ้น-น้ำลงที่ปากร่องน้ำ และปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในรอบ 10 ปีจากกลุ่มน้ำย่อยรอบทะเลสาบ แบบจำลองการแพร่กระจายของความเค็มใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการไหลเวียนของน้ำ และแบบจำลองการแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอยจะต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับจำลองการแพร่กระจายของอนุภาคตะกอนดินเหนียว รายละเอียดของสมการและการปรับแต่งแบบจำลองต่างๆ ได้แสดงในภาคผนวก 6ก

หลังจากปรับแต่งแบบจำลองการไหลเวียนของน้ำ ความเค็ม และตะกอนแขวนลอยโดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดแล้ว จึงเริ่มจำลองการไหลเวียนของน้ำและการแพร่กระจายและการตกตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของตะกอนแขวนลอยว่า เมื่อออกจากแม่น้ำแล้วจะแพร่ไปได้ไกลเท่าใด อัตราการตกสะสมที่ท้องน้ำเป็นเท่าใด ในการศึกษาที่มีความยุ่งยากและข้อจำกัดหลายประการ ดังนี้

(1) ค่าของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแบบจำลองตะกอนแขวนลอย อาทิ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของตะกอนที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด (ค่าเหมาะสมอยู่ประมาณ 1,000 - 2,000 ตร.ม./วินาที) ค่าแรงเสียดทานท้องน้ำวิกฤติสำหรับการทับถมหรือสำหรับการกัดเซาะ ซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าอนุภาคตะกอนจะตกทับถมหรือท้องน้ำจะถูกกัดเซาะควรเป็นเท่าใด การใช้ค่าที่แตกต่างกันทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ค่าเหล่านี้ได้จากการตรวจวัดข้อมูลภาคสนามและการทดลองในห้องปฏิบัติการ แต่น่าเสียดายที่ยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนที่เพียงพอ

(2) การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบ ได้มีการตรวจวัดความเค็มและความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยทั้งลุ่มทะเลสาบ 2-3 ครั้ง ค่าตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 10-40 มก./ลิตร แต่ลักษณะการแพร่กระจายแตกต่างกันไปอาจจะด้วยฤดูกาล อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบตอนล่างน่าจะน้อย เนื่องจากกระบวนการ Flocculation (อนุภาคตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กเกาะตัวกัน เพราะในน้ำมีความเค็มพอเหมาะประมาณ 4-8 psu ทำให้ขนาดอนุภาคตะกอนรวมตัวกันใหญ่ขึ้น จึงตกตะกอนได้เร็วกว่าอนุภาคเดี่ยวๆ) (ธวัช และคณะ, 2541) ซึ่งผลการตรวจวัดลักษณะการแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอยในเดือนตุลาคม 2546 ให้ผลสอดคล้องกับทฤษฎีดังกล่าว คือ ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบตอนบนและตอนกลางจะสูงกว่าในทะเลสาบตอนล่าง แต่ในการสำรวจครั้งอื่นๆ ให้ผลตรงกันข้าม ซึ่งน่าจะขึ้นกับแหล่งที่มาของตะกอนด้วย คือ จากน้ำท่าและกิจกรรมของมนุษย์ (การประมง การเดินเรือ เป็นต้น)

(3) ไม่มีข้อมูลความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจากปากคลองลงสู่ทะเลสาบตลอดจนสัดส่วนของอนุภาครายทรายแป้ง และดินเหนียวในน้ำท่า จึงไม่สามารถจำลองการตกตะกอนในทะเลสาบให้เหมือนจริงได้เต็มที่ แต่มีได้มีผลต่อการจัดการและการวางแผนในภาพรวม ในระยะยาวมากนัก (เพียงมีผลต่อความเร็วของการตกตะกอน)

(4) จุดที่น้ำท่าและตะกอนไหลลงสู่ทะเลสาบในแบบจำลองมีเพียง 12 จุด จาก 8 ลุ่มน้ำย่อยทั้งหมด ในความเป็นจริงจะมีคลองมากสายกว่านี้ แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากแต่ละคลอง จึงต้องคำนวณปริมาณน้ำท่าจากปริมาณน้ำฝนและพื้นที่ลุ่มน้ำแทน ดังนั้น จึงไม่สามารถจำลองแหล่งที่มาของตะกอนให้เหมือนจริงได้ แต่มีได้มีผลต่อการจัดการและการวางแผนในภาพรวม ในระยะยาวมากนัก (เพียงมีผลต่อการกระจายตัวของตะกอนในระดับจุลภาคบ้าง)

จากเหตุผลข้างต้นทำให้ไม่สามารถจำลองอัตราการตกตะกอนที่แท้จริงได้ แต่สามารถศึกษาพฤติกรรมของตะกอนแขวนลอยจากน้ำท่าโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ โดยได้สั่งให้แบบจำลองประมวลผล (Run) แบบจำลองเป็นเวลา 1 ปี (รายละเอียด ดูในภาคผนวก 6ก) ตัวอย่างผลการคำนวณได้แสดงในรูปที่ 6.6-6.9 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

- **กระแสน้ำ ณ ชั่วโมงที่ 7066<sup>11</sup>** เป็นช่วงน้ำเริ่มไหลเข้าแรงที่ร่องน้ำปากทะเลสาบสงขลาในขณะที่กระแสน้ำที่ช่องแคบปากกรวยยังเป็นกระแสน้ำไหลออก (จากแบบจำลอง) กระแสน้ำไหลเข้าและไหลออกปะทะกันบริเวณกลางทะเลสาบตอนล่าง ทำให้บริเวณนี้มีกระแสน้ำอ่อนและเป็นบริเวณที่มีตะกอนตกมาก กระแสน้ำบริเวณปากร่องน้ำสงขลาและปากกรวยมีความเร็วประมาณ 0.3 ม./วินาที ที่บริเวณอื่นมีกระแสน้ำอ่อนตัว กระแสน้ำแรงสุดที่ปากร่องน้ำสงขลาและที่ปากกรวยประมาณ 1 ม./วินาที ซึ่งสอดคล้องกับสภาพจริง กระแสน้ำในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนบนมีค่าน้อยมากไม่เกิน 0.02 ม./วินาที ตลอดเวลา ยกเว้นบริเวณคอคอดกระหว่างทะเลหลวงกับทะเลสาบตอนกลางและตามร่องน้ำแคบๆ (รูปที่ 6.4)

<sup>11</sup> ประมาณ 22 ตุลาคม โดยเริ่มชั่วโมงที่ 1 ที่ 00:00 น. ของวันที่ 1 มกราคม

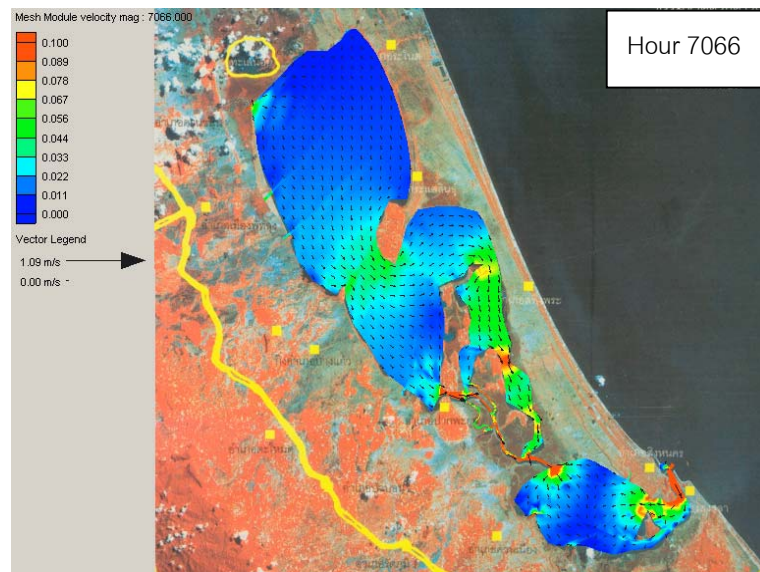
- **ระดับน้ำ ณ ชั่วโมงที่ 7066** ระดับน้ำขึ้นแต่ยังไม่เต็มที แบบจำลองสามารถจำลองพิสัยน้ำที่ปากร่องน้ำสงขลาได้ประมาณ 0.27 ม. ที่ปากคลองอยู่ตะเภาประมาณ 0.18 ม. ที่ปากอประมาณ 0.13 ม. ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด และข้อมูลของธวัชและคณะ (2541) พิสัยน้ำที่ปากพะยูนและปากคลองระวะประมาณ 0.02 ม. ต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัดประมาณ 0.06 ม. อย่างไรก็ตาม โดยสรุปถือว่าแบบจำลองสามารถจำลองระดับน้ำได้ค่อนข้างใกล้เคียงความเป็นจริง (รูปที่ 6.5)

- **ลักษณะการแพร่กระจายของความเข้มข้นตะกอนดินเหนียวแขวนลอย ณ ชั่วโมงที่ 7066** จากการที่เราใส่ค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยจากคลองที่ 20 มก./ล. (0.02 ppt) ยกเว้นบริเวณด้านขวาของทะเลสาบ กำหนดให้ค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยที่ปล่อยออกมาเท่ากับ 10 มก./ล. (เนื่องจากน้ำไหลผ่านพรุจึงควรจะมีค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยต่ำกว่าไหลออกจากคลองโดยตรง) จะพบว่าค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยลดลงตามระยะทางห่างจากปากคลอง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสูง (2,000 มก./ล.) ทำให้ตะกอนแพร่กระจายได้ดี ไม่มีค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยสูงกว่า 20 มก./ล. แสดงว่าในแบบจำลองไม่เกิดการกักเซาะท้องน้ำที่จะทำให้ตะกอนดินเหนียวฟุ้งกระจายขึ้นมา ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบตอนบนจะสูงกว่าในทะเลสาบตอนล่างเพราะกำหนดค่า Settling velocity ในทะเลสาบตอนบนต่ำกว่าตอนล่างเพื่อจำลองการเกิด Flocculation ในทะเลสาบตอนล่างด้วย ค่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยในทะเลสาบยังต่ำกว่าความเป็นจริงเพราะไม่มีข้อมูลตะกอนแขวนลอยจากปากคลอง (รูปที่ 6.6)

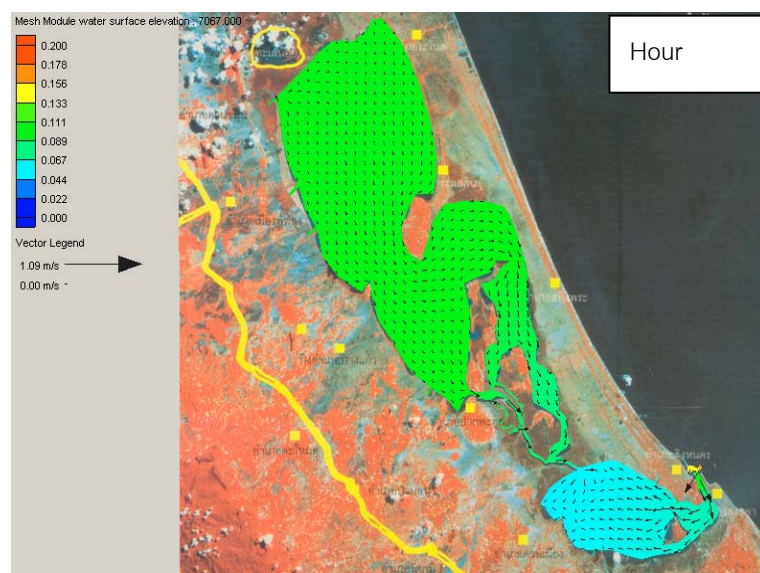
- **การสะสมตัวของชั้นตะกอน** ตะกอนแขวนลอยจะตกตะกอนอยู่บริเวณใกล้คลองและบริเวณที่กระแสน้ำอ่อน (จุดอับกระแสน้ำเช่นด้านหลังเกาะยอ) อัตราการตกตะกอนจะสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำและค่า Settling velocity ที่กำหนดให้ในแต่ละพื้นที่ แบบจำลองสามารถจำลองการตกตะกอนได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง กล่าวคือ มีการสะสมของตะกอนมากในทะเลสาบตอนล่างและการสะสมของตะกอนน้อยในทะเลสาบตอนบน (รูปที่ 6.7) เนื่องจากไม่มีข้อมูลอัตราการสะสมตัวของตะกอนท้องน้ำ จึงไม่ได้ทำการปรับเทียบ (Calibrate) และพิสูจน์ (Verify) ความถูกต้องของแบบจำลอง



รูปที่ 6.4  
กระแส  
ณ ชั่วโมงที่ 7066



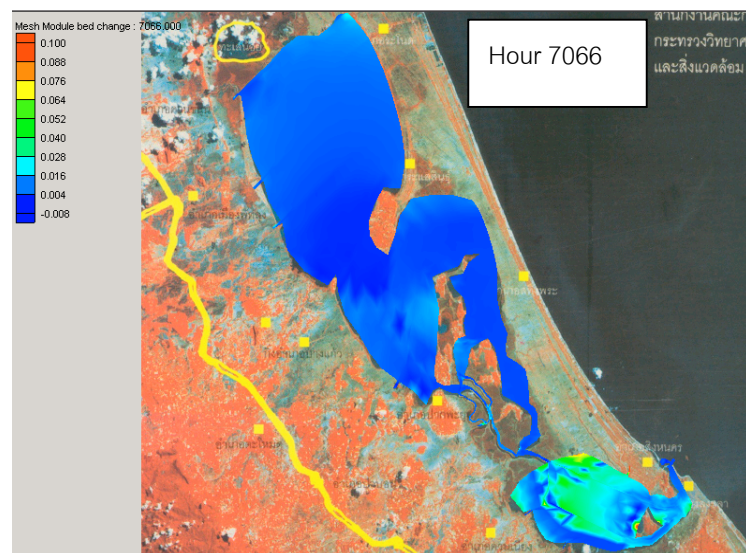
รูปที่ 6.5  
ระดับน้ำ  
ณ ชั่วโมงที่ 7066



รูปที่ 6.6  
ลักษณะการแพร่กระจาย  
ของตะกอนดินเหนียว  
แขวนลอย ณ ชั่วโมงที่  
7066 (หน่วยเป็น ppt)

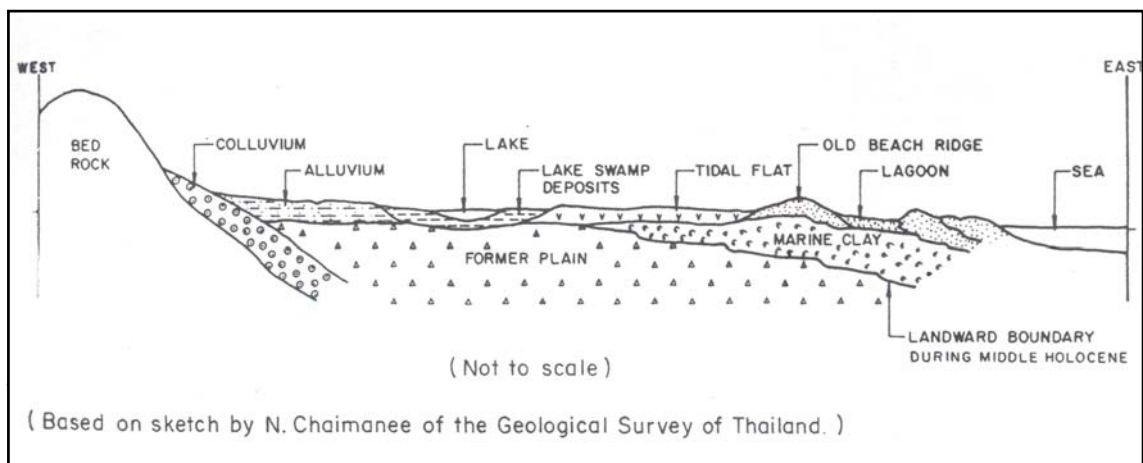


รูปที่ 6.7  
การสะสมตัวของชั้น  
ตะกอน ที่เวลา 7066



#### 6.4 สภาพปัญหาและสาเหตุของการตื้นเขิน

ทะเลสาบสงขลาเป็นแอ่งบนที่ราบชายฝั่ง ซึ่งมีการสะสมตัวของตะกอนจากแม่น้ำมายาวนาน รูปที่ 6.8 แสดงชั้นตะกอนชนิดต่างๆ บริเวณทะเลสาบในยุคปัจจุบัน (Holocene: ตั้งแต่ 10,000 ปีที่แล้ว จวบจนปัจจุบัน) โดยฝั่งตะวันตกของทะเลสาบเป็นเศษหินเชิงเขา (Colluvium) ซึ่งเป็นก้อนหินขนาดต่างๆ ที่แตกย่อยมาจากเขาหินระยะแรก กองอยู่อย่างระเกะระกะข้างเชิงเขา เมื่อถึงฤดูน้ำหลาก น้ำก็จะพัดพากรวด หิน ดิน ทราบมาสะสมตัวบนที่ราบชายฝั่งกลายเป็นตะกอนน้ำพา (Alluvial) ตะกอนน้ำพาจะมีการคัดขนาดจนเหลือทรายแป้งและดินเหนียวซึ่งเป็นตะกอนท้องน้ำและรอบทะเลสาบสงขลาในปัจจุบัน ตะกอนจากคลองต่างๆ มาทับถม ทำให้ทะเลสาบตื้นเขินขึ้นเรื่อยๆ โดยในช่วงท้ายๆ อัตราการตื้นเขินจะทวีความรวดเร็วขึ้น ถ้าปล่อยให้ไปตามธรรมชาติแล้ว ในอนาคตทะเลสาบจะต้องตื้นเขินจนกลายเป็นพรุ และเป็นแผ่นดินในที่สุด ส่วนทางตะวันออกของทะเลสาบจะเริ่มตั้งแต่ยุคน้ำแข็งล่าสุด (ยุคน้ำแข็ง Wisconsin ประมาณ 16,000 ปีที่แล้ว) ระดับน้ำทะเลลดต่ำสุดแล้วค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดชั้นตะกอนดินเหนียวที่ทับถมจากทะเล (Marine clay) ระดับน้ำทะเลค่อนข้างคงที่ในยุค 6,000 ปีที่แล้ว การเคลื่อนที่ของตะกอนทรายชายฝั่ง (Longshore process) ทำให้เกิดเป็นแนวสันทรายหลายแนวสลับกับลากูนระหว่างสันทราย สันทรายเชื่อมต่อกันระหว่างหัวเขาแดงกับเกาะใหญ่กลายเป็นคาบสมุทรสทิงพระ ที่ราบลุ่มด้านซ้ายของแนวสันทรายจะได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้นถึงจึงเกิดที่ราบน้ำขึ้นถึง (Tidal flat)



รูปที่ 6.8 โดอะแกรมภาคตัดขวางแสดงชั้นตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลา ในยุคปัจจุบัน (Holocene) (รูปวาดไม่ตรงตามมาตราส่วนจริง)

การที่ทะเลสาบจะคงความเป็นทะเลสาบอยู่ได้นานเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับอัตราการทับถมของตะกอนที่ท้องทะเลสาบ ตะกอนขนาดอนุภาคต่างๆ ที่ทับถม ส่วนใหญ่จะมาจากตะกอนที่ไหลมากับน้ำท่า และมีส่วนน้อยที่มาจากกาที่พืชน้ำตายและทับถมอยู่ที่ก้นทะเลสาบ

บริเวณที่สภาพความตื้นเขินรุนแรง จนทำให้ทะเลสาบ เริ่มกลายเป็นพรุและแผ่นดิน คือ ทะเลน้อย ซึ่งมีพื้นที่ผิวน้ำ 28 ตร.กม. แต่มีความลึกเฉลี่ยเพียง 0.5 ม. (John Taylor and Sons, 1985) การถางป่าในพรุควนเคร็ง ทำให้เกิดการชะล้างหน้าดินได้ง่าย ส่งผลให้ตะกอนไหลลงสู่ทะเลน้อยได้มากขึ้น นอกจากนี้ ต้นกก บัว ผักตบชวา หรือหญ้าที่ขึ้นในทะเลน้อย ยิ่งดักตะกอนทำให้ตื้นเขินได้เร็วขึ้น (อนันต์ และคณะ, 2524)

ทะเลสาบตอนบนและตอนกลาง ตั้งแต่ใต้ทะเลน้อยลงมาถึงปากอ่าว ก็มีความตื้นเขินเช่นกัน ความลึกเฉลี่ยเพียง 1.81 ม. ในบางฤดูจะมีพืชน้ำปกคลุมท้องน้ำ ซึ่งจะเร่งให้มีการตกตะกอนมากขึ้น (ยิ่งในช่วง 2-3 ปีหลังนี้ ที่เกิดการแพร่กระจายของสาหร่ายหนามจนเต็มทะเลสาบตอนกลาง) สำหรับทะเลสาบตอนกลางนั้น จะมีพื้นที่ตื้นเขินขนาดใหญ่ ครอบคลุมเนื้อที่กว่าครึ่งหนึ่งของทะเลสาบตอนกลางด้านตะวันตก

สาเหตุการตื้นเขินที่สำคัญคือ ตะกอนจากคลองที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ ประจวบกับกระแสน้ำในทะเลสาบตอนบนและทะเลสาบตอนกลางโดยทั่วไปมีความเร็วอ่อนมาก (ยกเว้นบริเวณปากอ่าว) เพราะไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่ง ธวัชและคณะ (2541) ก็มีความเห็นเช่นเดียวกัน ทะเลสาบตอนบนเป็นพื้นน้ำเปิด บริเวณกว้าง มีคลื่นในช่วงบ่ายกว่นให้ตะกอนแขวนลอยฟุ้งกระจายอยู่ได้ นอกจากนี้ คลื่นยังทำให้ชายฝั่งตอนบนและชายบนของทะเลสาบตอนบนถูกกัดเซาะไปด้วย (กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี, 2546) แต่ในทะเลสาบตอนกลางมีเกาะขวางกั้นอิทธิพลของคลื่นไม่รุนแรง ทำให้อนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวสามารถตกตะกอนได้มาก การแผ้วถางป่าเพื่อทำไร่และการเปิดหน้าดินจะทำให้ตะกอนแขวนลอยไหลไปกับน้ำท่าสู่ทะเลสาบได้มากขึ้น ตัวเร่งการลดขนาดของทะเลสาบที่สำคัญ คือ การถมที่ล้าเข้าไปในทะเลสาบในบริเวณที่ชายฝั่งเกิดการตื้นเขินซึ่งปรากฏให้เห็นอยู่บ่อยๆ ในทางกลับกัน การสร้างเขื่อนหรือฝายน้ำล้นเป็นการดักตะกอนไม่ให้ไหลลงสู่ทะเลสาบ จึงเป็นการช่วยลดการตื้นเขินในทะเลสาบได้เป็นอย่างมาก

ความสามารถในการพัดพาตะกอนจากแผ่นดินสู่ทะเลสาบ ขึ้นกับปริมาณน้ำท่า หากปริมาณน้ำท่ามีมาก กระแสน้ำในแม่น้ำจะไหลแรงจึงสามารถอ้อมตะกอนไปตกในทะเลสาบได้มาก ปริมาณน้ำท่าก็ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในลุ่มน้ำทะเลสาบ จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลังกลับไป พบว่า

- ข้อมูลปริมาณฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2467-2518 (AIT, 1979) มีค่า 2,161 มม./ปี
- ข้อมูลปริมาณฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2514-2543 ณ สถานีอุตุวิทยมวิทยา อ.เมือง จ.สงขลา ได้ปริมาณฝนเฉลี่ย 1,995 มม./ปี
- ข้อมูลปริมาณฝนของ John Taylor and Sons อ้างถึงโดยธวัชและคณะ (พ.ศ. 2541) มีปริมาณฝนบนแผ่นดิน 1,880 มม. และในทะเลสาบ 2,000 มม.

- ข้อมูลปริมาณฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2514-2543 (คำนวณข้อมูลปริมาณฝนรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา จากกรมอุตุนิยมวิทยา) พบว่า มีค่า 1,830 มม./ปี (ณัฐพล, 2544)
- ข้อมูลจากเว็บไซต์กรมชลประทานในปัจจุบัน (พ.ศ. 2546) รายงานว่าปริมาณฝนเฉลี่ยลดลงเหลือ 1,800 มม./ปี

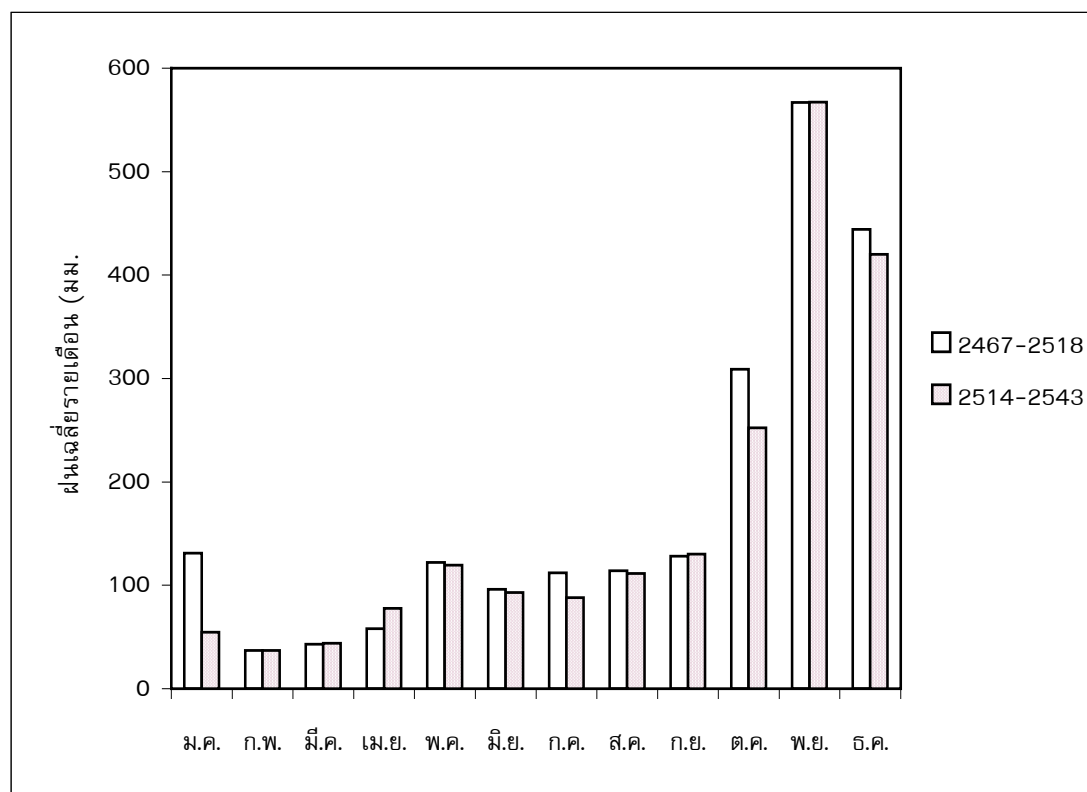
จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นแนวโน้มปริมาณฝนในช่วง 40 ปีมานี้ ค่อยๆ ลดลง จากตารางที่ 6.3 และรูปที่ 6.9 จะเห็นว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีฝนตกชุกเพียง 3 เดือน คือ เดือนตุลาคมถึงธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ตะกอนจะไหลลงสู่ทะเลมาก ปริมาณน้ำท่าที่ลดลงจะทำให้ปริมาณตะกอนที่ไหลมากับน้ำท่าลดลงไปด้วย แต่หากมีการเปิดหน้าดินมาก ปริมาณตะกอนที่ไหลมากับน้ำท่าอาจเพิ่มขึ้นได้อีก ขณะนี้ยังไม่มีการสำรวจอย่างเป็นระบบถึงปริมาณตะกอนจากน้ำท่าว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงใดจากการที่ฝนตกน้อยลง แต่ผู้อยู่อาศัยในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้ถางป่าเพื่อเพาะปลูกมากขึ้น

ตารางที่ 6.3 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ตั้งแต่ พ.ศ. 2467 - 2518 (AIT) และข้อมูลเฉลี่ย 30 ปี (2514-2543) ที่สถานีตรวจสภาพภูมิอากาศ อ.เมือง จ.สงขลา

| เดือน          | ปริมาณฝน (มม.)              |                             |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                | พ.ศ. 2467-2518 <sup>1</sup> | พ.ศ. 2514-2543 <sup>2</sup> |
| ม.ค.           | 131                         | 55                          |
| ก.พ.           | 37                          | 37                          |
| มี.ค.          | 43                          | 44                          |
| เม.ย.          | 58                          | 78                          |
| พ.ค.           | 122                         | 120                         |
| มิ.ย.          | 96                          | 93                          |
| ก.ค.           | 112                         | 88                          |
| ส.ค.           | 114                         | 111                         |
| ก.ย.           | 128                         | 130                         |
| ต.ค.           | 309                         | 252                         |
| พ.ย.           | 567                         | 567                         |
| ธ.ค.           | 444                         | 420                         |
| <b>ในรอบปี</b> | <b>2,161</b>                | <b>1,995</b>                |

<sup>1</sup> ปริมาณฝนตกเฉลี่ยรายเดือนในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พ.ศ. 2467-2518 (AIT, 1979)

<sup>2</sup> สถิติสภาพภูมิอากาศระหว่างปี 2514-2543 ที่สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสงขลา (2544)



ที่มา: AIT, 1979 ; สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสงขลา, 2544

รูปที่ 6.9 เปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2467-2518 กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2467-2543 ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

## 6.5 แนวทางการจัดการและแก้ไข

การตื่นขึ้นของทะเลสาบสงขลาเป็นไปโดยธรรมชาติของทะเลสาบในลักษณะนี้ ซึ่งปัจจุบัน อายุของทะเลสาบสงขลาได้ดำเนินมาจนกระทั่งเกือบจะถึงตอนปลายของอายุขัยแล้ว อย่างไรก็ตาม ชุมชนรอบทะเลสาบยังเร่งให้การตกตะกอนเพิ่มมากขึ้น โดยกิจกรรมต่างๆ ที่กระทำกันอยู่ ล้วนแล้วแต่เป็นการเปิดหน้าดินเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อฝนตกลงมา การกัดเซาะก็เกิดขึ้นง่าย เป็นเหตุให้การตื่นขึ้นของทะเลสาบเร็วขึ้น ประกอบกับน้ำทิ้งน้ำเสีย ทั้งจากชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ซึ่งมีสารอินทรีย์และธาตุอาหารของพืชเป็นองค์ประกอบ สารเหล่านี้ไม่สามารถถูกถ่ายเทออกจากทะเลสาบได้หมด จึงสะสมอยู่ในทะเลสาบ ทั้งในมวลน้ำเองและในตะกอนท้องน้ำ สารอินทรีย์ที่สะสมในตะกอนจะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชสู่มวลน้ำ ก่อให้เกิดสภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ในช่วงที่สภาวะเหมาะสม คือ แสงแดดดี อุณหภูมิพอเหมาะ และความเค็มของน้ำก็เหมาะสม พืชน้ำก็จะเจริญเติบโต ในบริเวณที่น้ำลึกแสงส่องไม่ถึงท้องน้ำ พืชน้ำที่เจริญได้ดีเป็นพวกที่ลอยลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งก็คือ แพลงก์ตอนพืช แต่ในบริเวณที่

น้ำตื้น แสงส่องถึงท้องน้ำ พืชน้ำประเภทที่มีรากยึดกับท้องน้ำ เช่น พวกสาหร่ายหนาม (*Najas* sp.) หรือ *Enteromorpha* sp. ก็จะเจริญได้ดี ปัจจุบัน สาหร่ายหนามนี้ได้แพร่กระจายจนเต็มทะเลสาบตอนกลางในช่วงฤดูที่น้ำหลาก สาหร่ายเหล่านี้เป็นตัวการกักตะกอนไม่ให้ถูกถ่ายเทออกไป ซึ่งเป็นการเร่งให้การตื้นเขินเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าปัญหาการตื้นเขินของทะเลสาบสงขลา เกิดจากสาเหตุหลายปัจจัย การแก้ไขจะต้องจัดการกับสาเหตุการเกิด ตั้งแต่การลดปริมาณตะกอนที่เข้าสู่ทะเลสาบ การลดตัวการกักตะกอนในทะเลสาบให้มีจำนวนน้อยลง ซึ่งได้แก่สาหร่ายที่แพร่กระจายอยู่จนเต็มพื้นที่ และเครื่องมือประมงที่ตั้งขวางการไหลของน้ำ (ไซ่หนัง) นอกจากนี้ ยังต้องจัดการกับการต้นเหตุที่มาของตัวกักตะกอนคือ ลดปริมาณธาตุอาหารที่เข้าสู่ทะเลสาบ และจัดระเบียบเครื่องมือประมงโดยสรุปแล้ว มาตรการในการจัดการและแก้ไขปัญหาการตื้นเขิน จึงมีทั้งโดยตรงและโดยอ้อม พอจะสรุปเป็นประเด็น ได้ดังนี้

#### มาตรการโดยตรง

- ขุดลอก ในบางพื้นที่
- กำจัดพืชน้ำที่กักตะกอนออก ให้เหลือเพียงตามขอบตลิ่งเพื่อให้เป็นที่อยู่อนุบาลและเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ
- จัดระเบียบไม่ให้เครื่องมือประมงกีดขวางการไหลของน้ำ

#### มาตรการโดยอ้อม

- จัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อไม่ให้เกิดการเปิดหน้าดิน ซึ่งจะลดปริมาณตะกอนที่ลงสู่ทะเลสาบ
- ปรับปรุงเทคโนโลยีทางการเกษตรให้ใช้ปุ๋ยน้อย
- ปรับปรุงเทคโนโลยีการเลี้ยงปศุสัตว์
- มีการบำบัดน้ำเสียทั้งจากชุมชน และอุตสาหกรรม
- ปรับปรุงเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำทิ้งน้ำเสีย ไม่ให้ปลดปล่อยสารอาหารฟอสฟอรัสสู่น้ำในทะเลสาบ
- ให้ความรู้แก่ชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำถึงสถานะทางธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของทะเลสาบในลักษณะนี้ เพื่อให้ชุมชนได้ตระหนักที่จะปรับตัวและปรับเปลี่ยนอาชีพให้สอดคล้องกับธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ถึงแม้ว่าจะไม่มีมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องเนื่องจากเราคงฟื้นฟูธรรมชาติได้ไม่นาน



### เอกสารอ้างอิง

- กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี. 2546. โครงการการศึกษาและสำรวจออกแบบเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาทะเลสาบสงขลา.
- กิตติพล คำบุศย์. 2543. รายงานผลการสำรวจทางอุทกวิทยา ร่องน้ำสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 17 พฤษภาคม - 1 มิถุนายน 2543.
- จิรัฐภา ปานดี. 2543. รายงานผลการสำรวจทางอุทกวิทยา ร่องน้ำสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 18 พฤศจิกายน 2542 - 5 มกราคม 2543.
- ณัฐพล ศรีสุธาสินี. 2544. “การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ VIC-2L เพื่อหาปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำทะเลสงขลาทางฝั่งตะวันตก”, วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)
- ธนดล ธรรมรุจิรัตน์. 2544. รายงานผลการสำรวจทางอุทกวิทยา ร่องน้ำสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 14 สิงหาคม - 23 กันยายน 2543.
- ธวัช ชิตตระการ, ไตรภพ ผ่องสุวรรณ และ ไพบุลย์ นวลนิล. 2539. รายงานการวิจัยเรื่องการหาอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลาด้วยเทคนิคไอโซโทปรังสี เสนอต่อมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธวัช ชิตตระการ, สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์, ไตรภพ ผ่องสุวรรณ และ ไพบุลย์ นวลนิล. 2541. รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาระบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาอัตราการตกตะกอนในทะเลสาบสงขลา เสนอต่อมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 71 หน้า.
- ปราโมทย์ โคจิศุภร. 2539. โครงการศึกษาลักษณะทางสมุทรศาสตร์และอุทกวิทยา บริเวณร่องน้ำและแอ่งกลับเรือ ท่าเรือสงขลา จ.สงขลา.
- แมน ชูงาน และคณะ. 2543. รายงานผลการสำรวจทางอุทกวิทยา ทะเลสาบสงขลา จังหวัดสงขลา คลองท่าจีน จังหวัดภูเก็ต.
- แมน ชูงาม. 2546. รายงานการปฏิบัติงานสำรวจทางอุทกวิทยา ทะเลสาบสงขลาตอนล่างตั้งแต่บริเวณปากกรอถึงร่องน้ำสงขลาตอนใน จังหวัดสงขลา.
- ศรัญญา วานิชพงศ์. 2539. รายงานผลการปฏิบัติงาน ร่องน้ำทะเลสาบและชายฝั่งทะเลสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. 10 สิงหาคม 2539 - 3 กันยายน 2539.
- สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสงขลา. 2544. สถิติสภาพภูมิอากาศระหว่างปี 2514-2543 ที่สถานีอุตุนิยมวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา.
- Asian Institute of Technology (AIT). 1979. *Effect of Channel Dredging on Discharge Pattern and Salinity Distribution of Songkhla Lagoon, Songkhla Port Project*. No. 104 Volume II.
- Broecker, W.S. and Peng, T.H. 1982. *Tracers in the Sea*. Eldigio Press, U.S.A.
- <http://www.ilec.or.jp/database/map/area/seasia.html>.



- John Taylor & Sons. 1985. *Songkhla Lake Basin Planning Study: Final Report*. Submitted to National Economic and Social Development Board and National Environment Board.
- Srisuksawad, K., Porntepkasemsan, B., Jamsangtong, J. and Danladkaew, K. n.d. *Application of  $^{210}\text{Pb}$  Geochronology to Determine Sediment Accumulation Rates for the Gulf of Thailand*. Radioactive Waste Management Division, Office of Atomic Energy for Peace. (unpublished)
- Yuthamanop, A. and Chufamanee, P. n.d. *Determination of Sediment Deposition in Songkhla Lake Using Isotope Technique*. Office of Atomic Energy for Peace. (unpublished)