ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ จังหวัดระยอง พ.ศ. 2553
Suspended Sediment Flux at the Prasae River Mouth in 2010

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์[1]* พรนันท์ คุณธร[1] ประสาร อินทเจริญ[1] และ สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ[2]
[1]ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[2]ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
Anukul Buranapratheprat[1]*, Poranan Khunathorn[1], Prasarn Intacharoen[1] and Suthida Kan-atireklarp[2]
[1]Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University
[2]Eastern Marine and Coastal Resources Research Center Department of Marine and Coastal Resource,
Ministry of Natural Resources and Environment

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ในปี พ.ศ. 2553 ในสามช่วงเวลา ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 23-24 กุมภาพันธ์ (ฤดูแล้ง) ครั้งที่ 2 วันที่ 17-18 พฤษภาคม (ปลายฤดูแล้ง) และครั้งที่ 3 วันที่ 8-9 ตุลาคม (ปลายฤดูน้ำมาก) ฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศไหลจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเลในทุกฤดูกาล มีปริมาณ 2.60×10^6 m^3/day ในช่วงฤดูแล้ง, 0.23×10^6 m^3/day ในช่วงปลายฤดูแล้ง และ 0.43×10^6 m^3/day ในช่วงปลายฤดูน้ำมาก ข้อมูลความเค็มและคุณภาพน้ำอื่นๆ จากสองระดับความลึกแสดงให้เห็นว่าเอสทูรีบริเวณปากแม่น้ำประแสร์เป็นแบบผสมผสานกันดีในช่วงฤดูแล้งและเป็นแบบแบ่งชั้นในช่วงฤดูน้ำมาก สำหรับปริมาณฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยที่ไหลผ่านเข้าออกปากแม่น้ำประแสร์ในฤดูแล้งมีทิศไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 103.66 ton/day ช่วงปลายฤดูแล้งมีทิศไหลเข้าปากแม่น้ำในปริมาณ 110.11 ton/day และปลายฤดูน้ำมากมีทิศไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 63.21 ton/day ปริมาณตะกอนแขวนลอยในมวลน้ำมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นและลดลงสอดคล้องกับความแรงของกระแสน้ำ โดยปริมาณจะเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสน้ำมีกำลังแรงและลดลงในช่วงที่กระแสน้ำอ่อนกำลังลง แสดงถึงความสำคัญของกระบวนการฟุ้งกระจายของตะกอนจากพื้นท้องน้ำกลับสู่มวลน้ำ (resuspension) ที่ส่งผลต่อฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยที่บริเวณปากแม่น้ำแห่งนี้

คำสำคัญ : ฟลักซ์ตะกอนแขวนลอย แม่น้ำประแสร์ อ่าวไทย

***Corresponding author.** E-mail: anukul@buu.ac.th

Abstract

Suspended sediment (SS) flux at the Prasae River mouth was investigated during 23-24 February (dry season), 17-18 May (late dry season) and 8-9 October (late wet season) of year 2010. Net water flux directed from the river to the sea in all seasons, 2.60×10^6 m^3/day, 0.23×10^6 m^3/day and 0.43×10^6 m^3/day for dry, early and late wet seasons, respectively. Salinity and other water qualities, measured at two water depths, reveal that water column in the Prasae estuary was well-mixed and stratified during dry and wet seasons, respectively. Net SS flux directed seaward in dry season (103.66 ton/day) and late rainy season (63.21 ton/day), but riverward in late dry season (110.11 ton/day). Changes of SS in the water column were related to current magnitude in the river channel. High and low SS occurred during strong and weak currents, respectively, resulted from resuspension process. This phenomenon was expected to control SS flux in this estuary.

Keywords : suspended solid flux, Prasae River, Gulf of Thailand

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

บทนำ

สารแขวนลอยในน้ำมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากการพังทะลายของดินและหินในลักษณะของการผุพัง กัดกร่อน และพัดพา เกิดขึ้นจากน้ำฝนที่ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเกิดเป็นกรดคาร์บอนิคซึ่งสามารถละลายหินคาร์บอเนต ส่วนหนึ่งจะเกิดเป็นตะกอนแขวนลอยเคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำ นอกจากนี้ปริมาณของสารแขวนลอยในแหล่งน้ำธรรมชาติยังรวมถึงสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ขนาดเล็กอื่นๆ แพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก สารแขวนลอยในน้ำจะไปบดบังการส่งผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนซึ่งสัมพันธ์กับผลผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำนั้น หากมีในปริมาณสูงมากก็จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ เช่นการอุดตันตามช่องเหงือกทำให้ระบบหายใจผิดปกติและทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนมีความผิดปกติหรือเจริญเติบโตช้า ทั้งนี้ระดับความรุนแรงของผลกระทบของสารแขวนลอยต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปริมาณของสารแขวนลอยในแหล่งน้ำ ความยาวนานของการสัมผัสกับสารแขวนลอย องค์ประกอบทางเคมีของสารแขวนลอย และขนาดของอนุภาคสารแขวนลอย (Bilotta & Brazier, 2008) ปริมาณสารแขวนลอยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 25-80 mg/l (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528)

ประแสร์เป็นแม่น้ำสำคัญสายหนึ่งของจังหวัดระยอง มีต้นกำเนิดมาจากทิวเขาจันทบุรี จากห้วยและคลองหลายสายไหลมารวมกัน มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้นกว่า 1,500 m^2 มีความยาวประมาณ 120 km ไหลผ่านตำบลต่างๆ ในเขตอำเภอแกลง (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) เป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคมและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน ส่วนเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม และเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงการเปลี่ยนแปลงฤดูมรสุม (ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก, 2551) อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 29.5°C โดยมีอุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายนวัดได้ 38.7°C และต่ำสุดในเดือนมกราคมวัดได้ 17.8°C (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) เมื่อพิจารณาตามปริมาณน้ำท่า ฤดูแล้งจะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคม และฤดูน้ำมากอยู่ในช่วงมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน (คลังข้อมูลสภาพน้ำ; http://www.thaiwater.net) ยังไม่มีเคยมีรายงานว่าเอสทูรีบริเวณปากแม่น้ำประแสเป็นประเภทใด อย่างไรก็ดีจากการศึกษาน้ำขึ้นน้ำลงพบว่ามีลักษณะเด่นเป็นแบบน้ำเดี่ยว พิสัยของน้ำอยู่ที่ประมาณ 1.5 m กระแสน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณชายฝั่งทะเลใกล้กับปากแม่น้ำมีทิศทางการไหลตามแนวตะวันออก-ตะวันตก ขนานไปกับแนวชายฝั่งทะเลด้วยความเร็วเฉลี่ย 30-40 cm/s (มณฑล อนงค์พรยศกุล และคณะ, 2554)

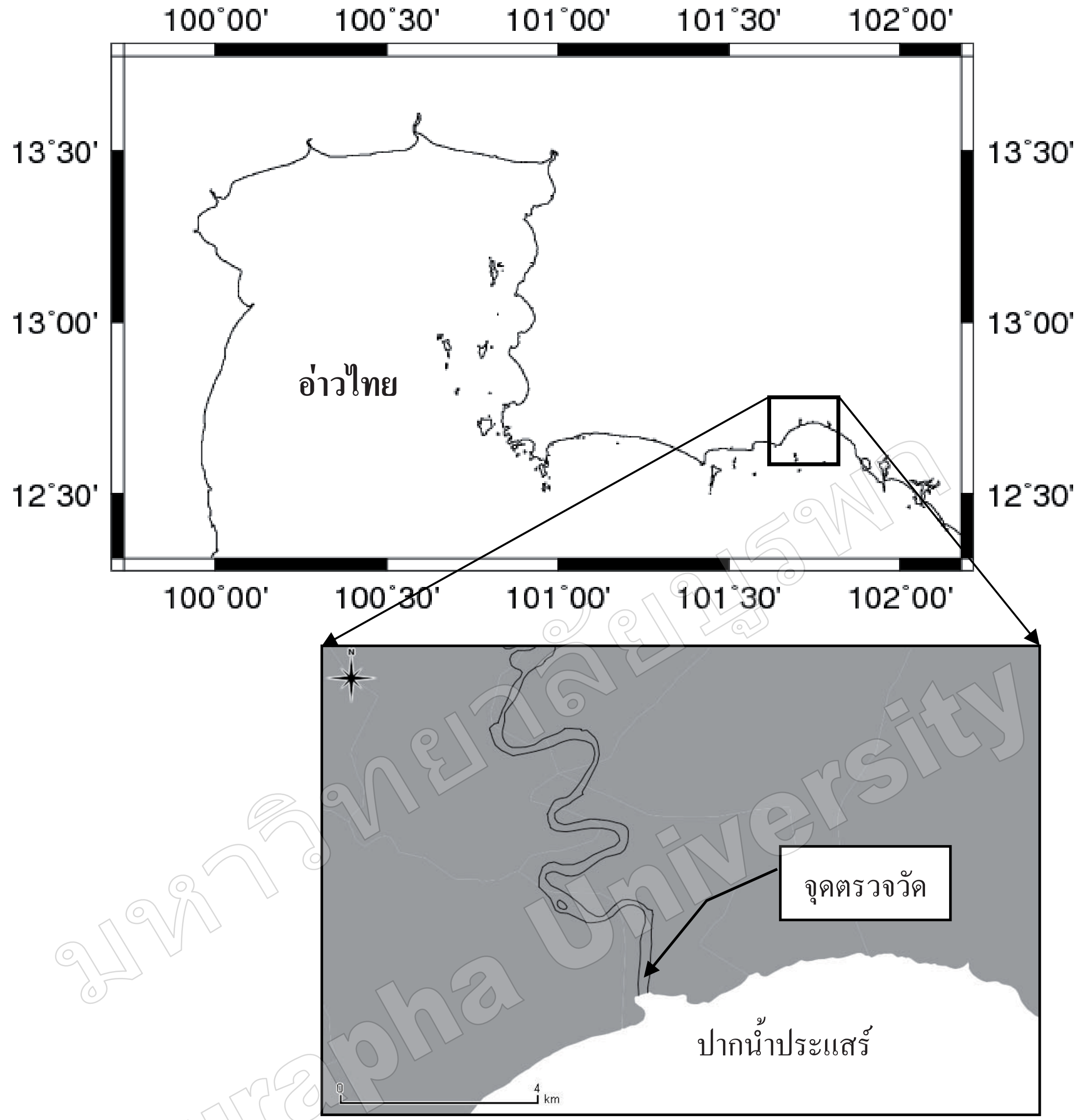
บริเวณลุ่มน้ำมีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุและสารอาหารต่างๆ มีทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะทรัพยากรป่าชายเลนและสัตว์น้ำอย่างอุดมสมบูรณ์ ด้วยเหตุที่ปัจจุบันมีประชาชนอาศัยอยู่บริเวณลุ่มน้ำประแสร์มากขึ้น มีการทำการเกษตรและบุกรุกป่าชายเลนเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการทำอุตสาหกรรมเหมืองแร่และเหมืองหินเพื่อการก่อสร้างและใช้ในโครงการขนาดใหญ่ เช่น การถมทะเลเพื่อก่อสร้างท่าเรือ เป็นต้น กิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำให้มีความเสื่อมโทรมมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของลุ่มน้ำประแสร์อาจส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ถูกขนส่งจากแม่น้ำออกสู่ทะเล ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ เช่นระบบนิเวศหญ้าทะเล สาหร่ายทะเล และปะการัง ในแถบบริเวณชายฝั่งใกล้เคียงและหมู่เกาะมันซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับบริเวณปากแม่น้ำ การทราบถึงการแลกเปลี่ยนปริมาณตะกอนแขวนลอยระหว่างแม่น้ำประแสร์และทะเลภายนอกสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากตะกอนแขวนลอยต่อสิ่งแวดล้อมชายฝั่งในบริเวณนั้นและบริเวณใกล้เคียงได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษาอยู่ที่บริเวณปากแม่น้ำประแสร์ อ.แกลง จ.ระยอง ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 12° 41' 53'' N ลองจิจูดที่ 101° 42' 7'' E (ภาพที่ 1) โดยทำการตรวจวัดข้อมูลภาคสนามและเก็บตัวอย่างน้ำในปี พ.ศ. 2553 ครั้งที่ 1 วันที่ 23-24 (แรม 10-11 ค่ำ) กุมภาพันธ์ (ฤดูแล้ง) ครั้งที่ 2 วันที่ 17-18 (แรม 4-5 ค่ำ) พฤษภาคม (ปลายฤดูแล้ง) และครั้งที่ 3 วันที่ 8-9 (แรม 15-ขึ้น 1 ค่ำ) ตุลาคม (ปลายฤดูน้ำมาก) ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง จะทำการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำพื้นฐานและตรวจวัดกระแสน้ำ รวมถึงเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำที่ 2 ระดับความลึก คือที่ระดับ 1 m จากผิวน้ำ และ 1 m จากพื้น ทั้งนี้เพราะน้ำมีการแบ่งชั้นตามความหนาแน่นโดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำมาก ค่าคุณภาพน้ำได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ตรวจวัดในภาคสนามด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปร (Environmental Monitoring Systems: YSI 6600) ที่ผ่านการสอบเทียบ (calibrate)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 1 จุดตรวจวัดกระแสน้ำและเก็บตัวอย่างน้ำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แล้ว ตรวจวัดกระแสน้ำด้วยเครื่องวัดกระแสน้ำ Valeport Model 105 (Valeport Ltd.) วิเคราะห์หาปริมาณตะกอนแขวนลอยในห้องปฏิบัติการตามวิธี APHA (1992) โดยการกรองน้ำตัวอย่างด้วยแผ่นกรอง GF/C ที่ได้ทำการอบและทราบน้ำหนักแล้ว จากนั้นจึงนำแผ่นกรองที่มีตะกอนติดค้างอยู่ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 -105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก อบแผ่นกรองอีก 2-3 ครั้ง จนมีน้ำหนักคงที่หรือแตกต่างกัน ไม่เกิน 4% หรือ 0.5 mg จากนั้นคำนวณหาปริมาณตะกอน แขวนลอยทั้งหมดตามสมการที่ 1

$$SS = \frac{(A-B)}{V} \times 1{,}000 \qquad (1)$$

เมื่อ *SS* คือ ปริมาณตะกอนแขวนลอย (mg/l) *A* และ *B* คือ น้ำหนักกระดาษกรองรวมสารแขวนลอย (mg) และน้ำหนักกระดาษกรองก่อนทำการกรอง (mg) ตามลำดับ และ *V* คือ ปริมาตรน้ำที่ใช้ในการกรอง (ml)

คำนวณฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยตามสมการที่ 2 (ดัดแปลงจาก Dyer, 1973)

$$F = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{T}(A_s u_s C_s + A_b u_b C_b)\,dt \qquad (2)$$

เมื่อ F คือ ค่าเฉลี่ยของฟลักซ์ตะกอนแขวนลอยที่ผ่านเข้าออกบริเวณพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำในรอบน้ำขึ้นน้ำลง (g/sec) ตัวห้อย s และ b หมายถึง ค่าของข้อมูลที่น้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่าง ตามลำดับ u คือ ความเร็วของกระแสน้ำ (m/sec) C คือ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย (g/m^3) T คือ รอบเวลาทั้งหมดของการตรวจวัดข้อมูล (25 hrs) และ A คือ พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ (m^2) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามระดับน้ำขึ้นน้ำลง คำนวณจากการแบ่งพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำออกเป็นส่วนย่อยๆ แล้วนำมารวมกัน ต่อมาคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างความลึกกลางร่องน้ำ (~ 4.5-6.4 m) และพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา พื้นที่หน้าตัดของน้ำชั้นล่างมีค่าคงที่ (280.71 m^2) คำนวณจากความลึกที่พื้นทะเลขึ้นมา 3 m พิจารณาจากการแบ่งชั้นน้ำจากลักษณะของค่าความเค็ม พื้นที่หน้าตัดของน้ำชั้นบนคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวมภายหลังจากการหักค่าพื้นที่หน้าตัดน้ำชั้นล่างออกไปแล้ว คำนวณหาปริมาณฟลักซ์ของทั้งสองชั้นน้ำทุกชั่วโมง จนครบ 25 ชั่วโมง นำค่าที่คำนวณได้ในแต่ละชั้นน้ำมารวมกันแล้วเฉลี่ยตามเวลาเพื่อคำนวณหาฟลักซ์สุทธิในรอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง

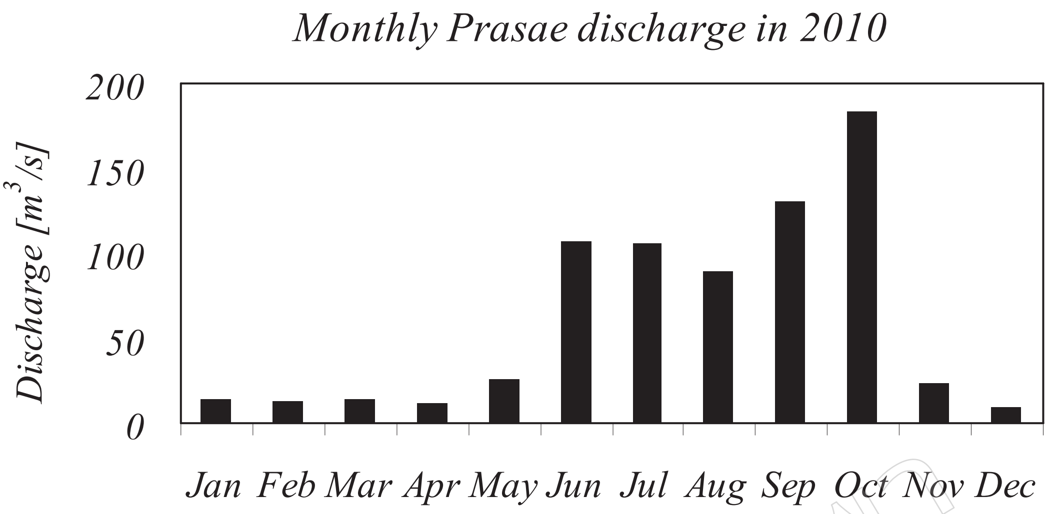
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลจากการตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำประแสร์สรุปไว้ในตารางที่ 1 ความเค็มเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของประเทศไทย ที่สัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำประแสร์ (ภาพที่ 2) ความเค็มของน้ำสูงสุดอยู่ในช่วงฤดูแล้ง รองลงมาคือในช่วงปลายฤดูแล้งและปลายฤดูน้ำมาก ตามลำดับ การแบ่งชั้นน้ำเนื่องจากความเค็มปรากฏชัดเจนในช่วงปลายฤดูน้ำมาก โดยความเค็มของน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่างมีความแตกต่างกันมากกว่า 10 psu อุณหภูมิของน้ำชั้นบนต่ำกว่าน้ำชั้นล่างในทุกช่วงเวลาโดยความแตกต่างมากที่สุดประมาณ 2°C อยู่ในช่วงปลายฤดูน้ำมาก อุณหภูมิน้ำมีค่าสูงในช่วงปลายฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้งและปลายฤดูน้ำมากซึ่งตรงกับช่วงปลายและต้นฤดูหนาวตามลำดับ อย่างไรก็ดี เนื่องจากอยู่ในเขตร้อนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบปีจึงไม่สูงมาก อยู่ในช่วง 29-34°C ความเป็นกรด-ด่างมีค่าสูงกว่า 7.5 ในช่วงฤดูแล้งและปลายฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยต่ำสุด (6.74 ± 0.27) พบในน้ำชั้นบนในช่วงปลายฤดูน้ำมาก ส่วนน้ำชั้นล่างในช่วงเวลาเดียวกันพบค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7 ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าสูงกว่า 7 mg/l ในช่วงเดือนพฤษภาคม และมีค่าประมาณ 4-6 mg/l ในช่วงเดือนตุลาคม โดยน้ำชั้นล่างมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าน้ำชั้นบนเล็กน้อยในทุกช่วงของการตรวจวัด ตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ระหว่าง 40 - 60 mg/l โดยพบค่าสูงในน้ำชั้นล่างมากกว่าน้ำชั้นบนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และตุลาคม และมีค่าใกล้เคียงกันในระหว่างสองชั้นน้ำในช่วงเดือนพฤษภาคม จากการทดสอบทางสถิติพบว่าค่าพารามิเตอร์มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละระดับชั้นน้ำพบว่า อุณหภูมิและออกซิเจนละลายน้ำมีความแตกต่างกันในฤดูแล้งและปลายฤดูน้ำมาก ส่วนความเป็นกรด-ด่างมีความแตกต่างระหว่างชั้นน้ำในช่วงปลายฤดูน้ำมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดในช่วงปลายฤดูแล้งไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชั้นน้ำ จาก

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพน้ำในระดับน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่าง ที่ตรวจวัด ณ ปากแม่น้ำประแสร์

พารามิเตอร์		23-24 ก.พ. 2553	17-18 พ.ค. 2553	8-9 ต.ค. 2553
ความเค็ม [psu]	น้ำชั้นบน	30.17 ± 2.82	28.05 ± 3.28	10.30 ± 6.00
	น้ำชั้นล่าง	30.56 ± 2.70	28.39 ± 3.12	23.02 ± 9.33
อุณหภูมิ [°C]	น้ำชั้นบน	29.83 ± 0.56	33.59 ± 0.87	29.76 ± 0.58
	น้ำชั้นล่าง	30.21 ± 0.70	34.10 ± 2.20	31.42 ± 0.83
ความเป็นกรด-ด่าง	น้ำชั้นบน	7.67 ± 0.30	7.91 ± 0.50	6.74 ± 0.27
	น้ำชั้นล่าง	7.84 ± 0.33	7.99 ± 0.48	7.08 ± 0.32
ออกซิเจนละลายน้ำ [mg/l]	น้ำชั้นบน	6.24 ± 0.50	7.38 ± 1.18	5.86 ± 0.69
	น้ำชั้นล่าง	5.82 ± 0.87	7.17 ± 1.49	4.79 ± 0.38
ตะกอนแขวนลอย [mg/l]	น้ำชั้นบน	53.79 ± 14.62	44.92 ± 10.16	44.50 ± 8.42
	น้ำชั้นล่าง	62.56 ± 15.08	43.90 ± 10.42	58.34 ± 11.32

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



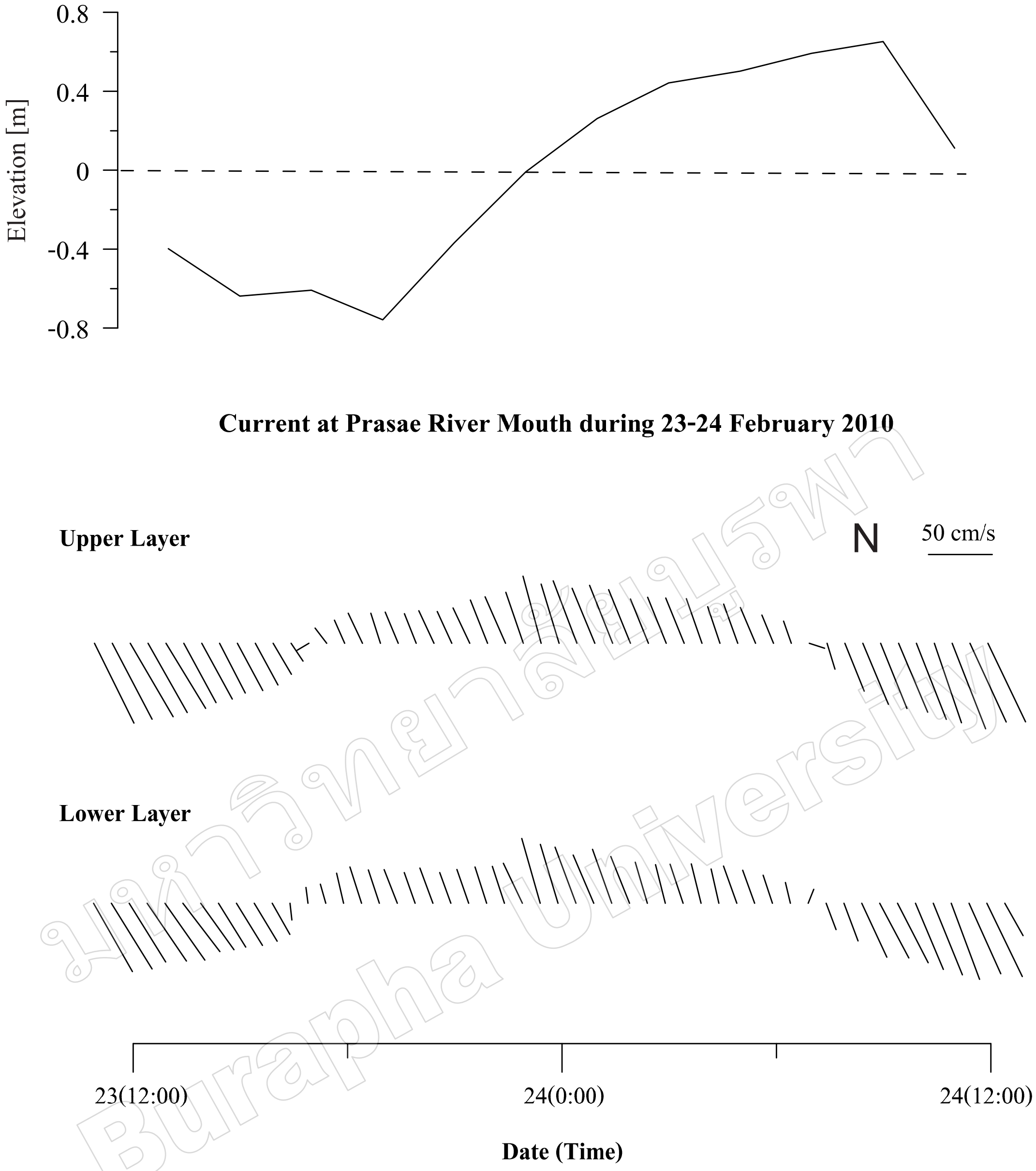
ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำท่าแม่น้ำประแสร์เฉลี่ยรายเดือนในปี พ.ศ. 2553 ตรวจวัดที่สถานีบ้านชากครอก อ.แกลง จ.ระยอง (ที่มา: กรมชลประทาน; http://water.rid.go.th/hydhome/mainpage.html)

ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเอสทูรีบริเวณปากแม่น้ำประแสร์เป็นแบบผสมผสานกันดีในช่วงฤดูแล้งและเป็นแบบแบ่งชั้นในช่วงฤดูน้ำมาก

ลักษณะระดับน้ำและกระแสน้ำขึ้นน้ำลงของการตรวจวัดทั้งหมดสามครั้งแสดงในภาพที่ 3 ถึงภาพที่ 5 กระแสน้ำมีทิศทางหลักไปทางทิศเหนือ-ใต้ตามแนวของลำน้ำซึ่งทอดตัวในทิศทางนี้ โดยมีปากแม่น้ำอยู่ทางทิศใต้ ในการตรวจวัดวันที่ 23-24 กุมภาพันธ์ 2553 (ภาพที่ 3) พบว่ากระแสน้ำทั้งสองระดับความลึกมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ช่วงเริ่มต้นการวัดเป็นช่วงกระแสน้ำลงจากนั้นเป็นช่วงน้ำขึ้นและน้ำลงในช่วงสิ้นสุดการวัด น้ำชั้นบนมีความเร็วกระแสน้ำขึ้นและน้ำลงสูงสุดเท่ากับ 55.6 cm/s และ 77.8 cm/s ตามลำดับใกล้เคียงกับน้ำชั้นล่างที่มีความเร็วกระแสน้ำขึ้นและน้ำลงสูงสุดเท่ากับ 53.5 cm/s และ 68.1 cm/s ตามลำดับ การตรวจวัดในวันที่ 17-18 พฤษภาคม 2553 (ภาพที่ 4) ซึ่งตรงกับช่วงปลายฤดูแล้ง พบว่ากระแสน้ำที่สองระดับความลึกมีลักษณะที่ไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกับช่วงฤดูแล้ง ครึ่งแรกการวัดเป็นช่วงน้ำขึ้นครึ่งหลังเป็นช่วงน้ำลง ความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำขึ้นและน้ำลงของน้ำชั้นบนเท่ากับ 78.6 cm/s และ 65.9 cm/s ตามลำดับ กระแสน้ำชั้นล่างมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยโดยความเร็วสูงสุดในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลงเท่ากับ 92.6 cm/s และ 73.8 cm/s ตามลำดับ สำหรับช่วงปลายฤดูน้ำมากจากการตรวจวัดในวันที่ 8-9 ตุลาคม 2553 (ภาพที่ 5) พบว่าน้ำขึ้นน้ำลงมีลักษณะของการขึ้นลงสองครั้งในรอบวัน ต่างจากการตรวจวัดสองครั้งแรกที่มีการขึ้นลงของน้ำครั้งเดียวในรอบวัน กระแสน้ำสูงสุดในขณะน้ำขึ้นและน้ำลงในน้ำชั้นบนมีค่าเท่ากับ 61.1 cm/s และ 63.6 cm/s ตามลำดับ ความเร็วกระแสน้ำสูงสุดในขณะน้ำขึ้นและน้ำลงในน้ำชั้นล่างเท่ากับ 47.0 cm/s และ 48.2 cm/s ตามลำดับ โดยจะสังเกตเห็นว่าการไหลของน้ำชั้นบนมีความเร็วสูงกว่าที่น้ำระดับล่างประมาณ 10-20 cm/s และการไหลของน้ำชั้นล่างมีทิศเบนไปทางขวามือของน้ำชั้นบนเล็กน้อย เมื่อพิจารณาการไหลของกระแสน้ำร่วมกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ที่บริเวณปากแม่น้ำพบว่ามีลักษณะเป็นคลื่นน้ำขึ้นน้ำลงแบบคลื่นนิ่ง (Standing Wave) คือคาบของกระแสน้ำและระดับน้ำแตกต่างกันประมาณ 90° สังเกตจากกระแสน้ำแรงที่สุดเกิดขึ้นเหลื่อมเวลากับเมื่อเกิดระดับน้ำสูงสุดและเมื่อน้ำขึ้นสูงสุดหรือลงต่ำสุดการไหลของกระแสน้ำมีความแรงลดลง

ตะกอนแขวนลอยและความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงทุกช่วงฤดูกาล (ภาพที่ 6) ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ (62.56 mg/l) และน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม (43.90 mg/l) จะเห็นได้ว่าในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และเดือนตุลาคม ตะกอนแขวนลอยที่ระดับน้ำชั้นบนและชั้นล่างมีความแตกต่างกัน โดยที่ในน้ำชั้นล่างมีความเข้มข้นสูงกว่าในน้ำชั้นบนในขณะที่ในช่วงเดือนพฤษภาคมไม่มีความแตกต่าง ส่วนความเค็มเฉลี่ยมีค่าสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ (30.56 psu) และต่ำที่สุดในเดือนตุลาคม (10.30 psu) ความเค็มของน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่างมีค่าไม่แตกต่างกันมากในช่วงฤดูแล้งและปลายฤดูแล้ง ต่างจากช่วงปลายฤดูน้ำมากน้ำชั้นล่างมีค่าความเค็มสูงกว่าระดับน้ำชั้นบนอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลง (ภาพที่ 3 ถึง 5) ความเค็มจะลดลงในช่วงน้ำลงและ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

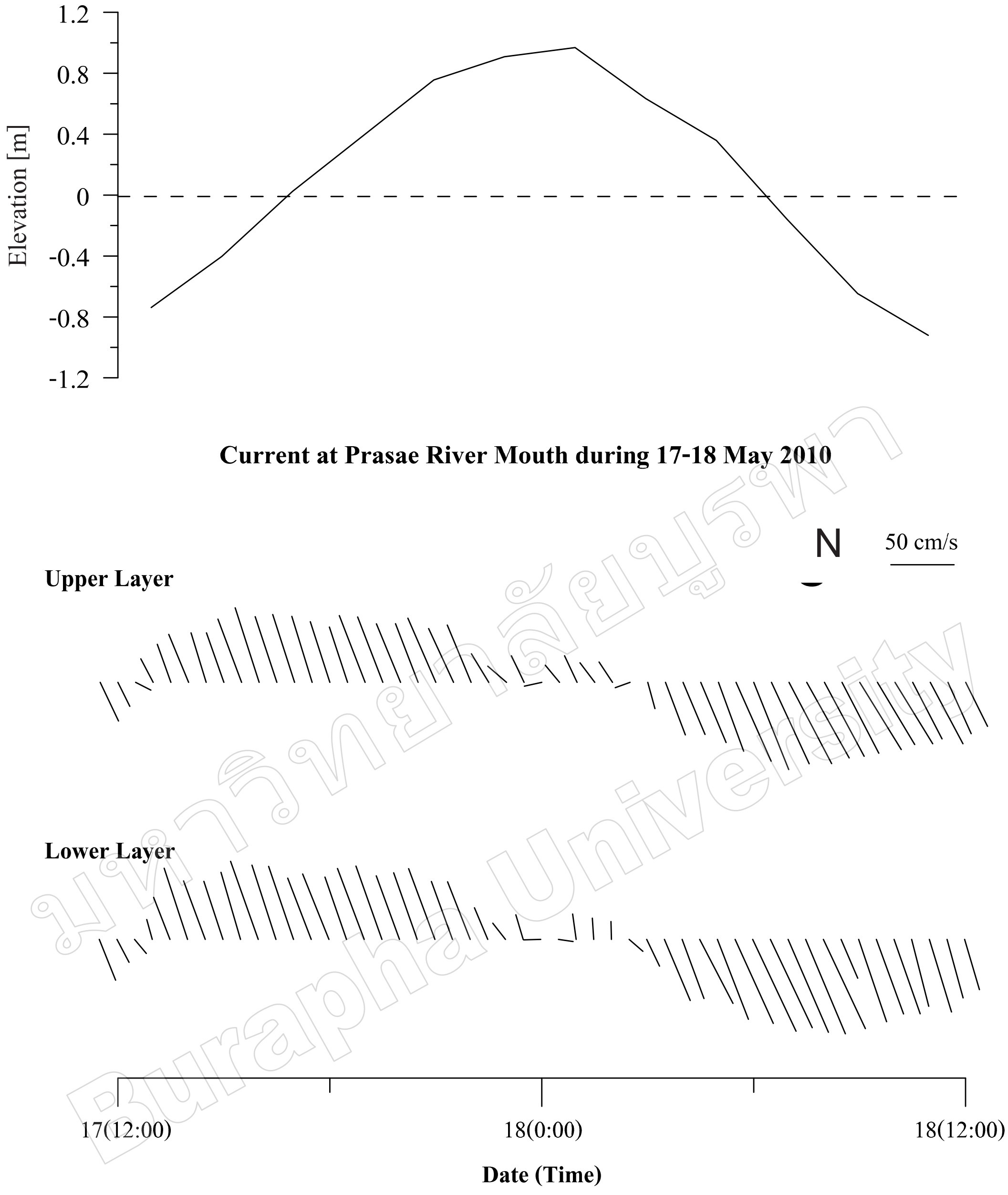


ภาพที่ 3 ระดับน้ำขึ้นน้ำลงกลางร่องน้ำและกระแสน้ำที่สองระดับความลึกบริเวณปากแม่น้ำประแสร์จากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 23-24 กุมภาพันธ์ 2553

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สูงขึ้นในช่วงน้ำขึ้น การแยกชั้นของน้ำเนื่องจากความเค็มในฤดูน้ำมากจะเกิดขึ้นในช่วงน้ำขึ้น แต่จะสลายไปกลายเป็นลักษณะการผสมผสานกันดีในช่วงที่กระแสน้ำลงมีกำลังแรง ส่วนปริมาณตะกอนแขวนลอยมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นและลดลงสอดคล้องกับความแรงของกระแสน้ำ กล่าวคือปริมาณจะเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสน้ำมีกำลังแรงและลดลงในช่วงที่กระแสน้ำอ่อนกำลังลงในช่วงของการตรวจวัดแต่ละครั้ง แสดงถึงการเกิดกระบวนการฟุ้งกระจายของตะกอนจากพื้นท้องน้ำกลับสู่มวลน้ำ (resuspension) อย่างไรก็ดีไม่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับการตรวจวัดต่างช่วงเวลากันได้ สังเกตได้จากกระแสน้ำที่มีความแรงสูงสุดในช่วงการตรวจวัดปลายฤดูแล้ง แต่ความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณสารแขวนลอยไม่ได้มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับสภาวะของมวลน้ำ เช่น การแบ่งชั้นน้ำที่มีมีความแตกต่างกันในการตรวจวัดแต่ละครั้ง

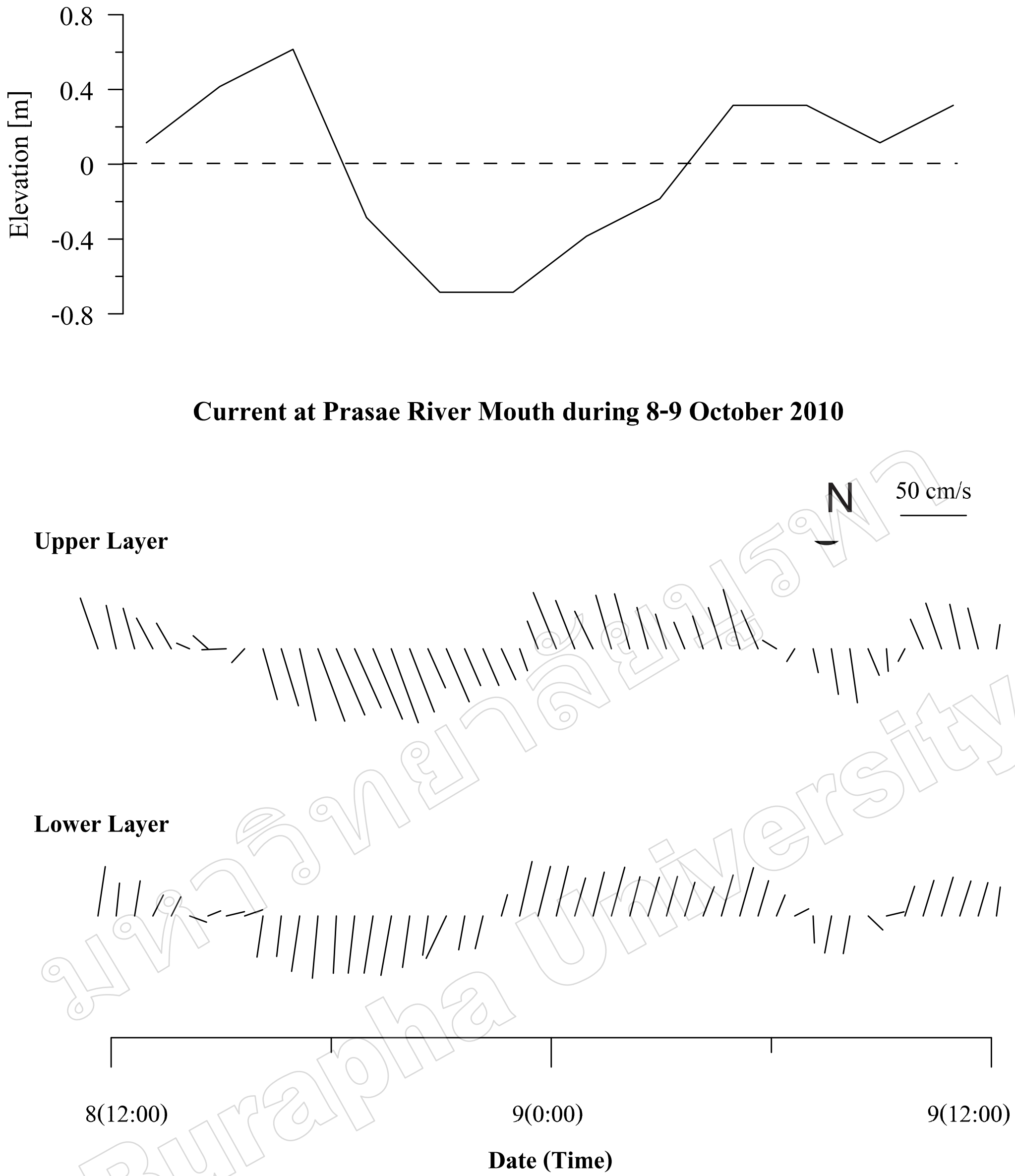
ฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศไหลจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเลในทุกฤดูกาล (ตารางที่ 2) มีปริมาณสูงสุด 2.60×10^6 m^3/day ในช่วงฤดูแล้งและมีปริมาณต่ำสุด 0.23×10^6 m^3/day



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 4 ระดับน้ำขึ้นน้ำลงกลางร่องน้ำและกระแสน้ำที่สองระดับความลึกบริเวณปากแม่น้ำประแสร์จากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 17-18 พฤษภาคม 2553

ในช่วงปลายฤดูแล้ง สำหรับปริมาณฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยที่ไหลผ่านเข้าออกปากแม่น้ำประแสร์ (ตารางที่ 3) พบว่าในฤดูแล้งฟลักซ์สุทธิมีทิศไหลออกปากแม่น้ำในปริมาณ 103.66 ton/day ช่วงปลายฤดูแล้งมีทิศไหลเข้าปากแม่น้ำ ในปริมาณ 110.11 ton/day และปลายฤดูน้ำมากมีทิศไหลออกปากแม่น้ำในปริมาณ 63.21 ton/day เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยในแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ข้อสังเกตคือฟลักส์เฉลี่ยของน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่างมีทิศสวนทางกันในช่วงปลายฤดูแล้งในขณะที่ตะกอนแขวนลอยเกิดขึ้นในช่วงปลายฤดูน้ำมาก เมื่อพิจารณาปริมาณฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง (ภาพที่ 7) พบว่าในทุกฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกันระหว่าง



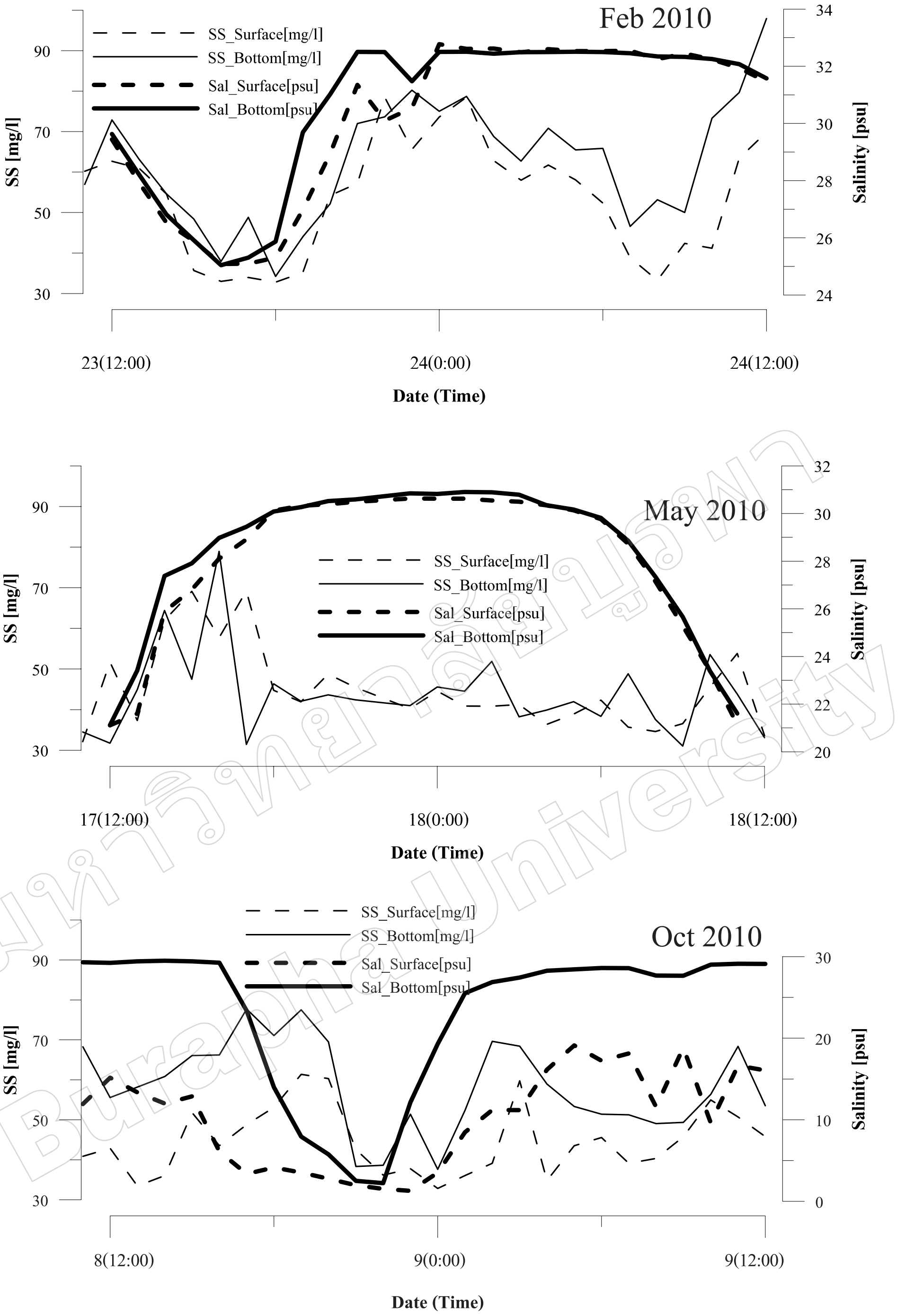
ภาพที่ 5 ระดับน้ำขึ้นน้ำลงกลางร่องน้ำและกระแสน้ำที่สองระดับความลึกบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ จากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 8-9 ตุลาคม 2553

ตารางที่ 2 ปริมาณฟลักซ์ของน้ำบริเวณปากแม่น้ำประแสร์

เดือน	**ฟลักซ์ของน้ำ (m^3/day)**		
	น้ำชั้นบน	**น้ำชั้นล่าง**	**สุทธิ**
23-24 กุมภาพันธ์ 2553	$+1.45\times10^{6}$	$+1.16\times10^{6}$	$+ 2.60\times10^{6}$
17-18 พฤษภาคม 2553	$- 0.72\times10^{6}$	$+ 0.95\times10^{6}$	$+ 0.23\times10^{6}$
8-9 ตุลาคม 2553	$+ 0.92\times10^{6}$	$- 0.49\times10^{6}$	$+ 0.43\times10^{6}$

หมายเหตุ - หมายถึงมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ, + หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

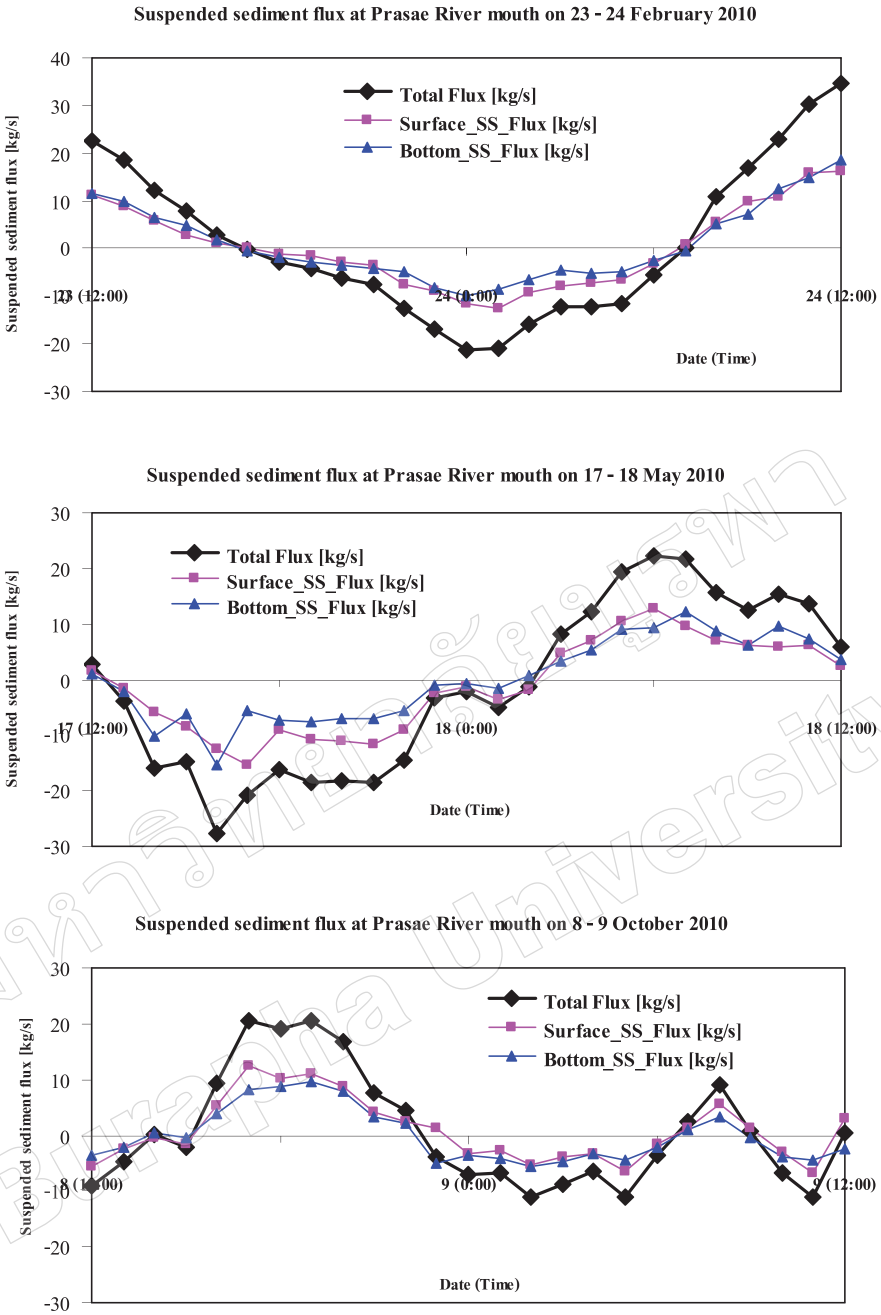


ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของตะกอนแขวนลอยในรอบน้ำขึ้น-น้ำลงในเดือนกุมภาพันธ์ (บน) พฤษภาคม (กลาง) และตุลาคม (ล่าง) 2553

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

น้ำชั้นบนและชั้นล่าง ($p>0.05$) โดยทิศทางของ ฟลักซ์สอดคล้องกับกระแสน้ำขึ้นน้ำลง (ภาพที่ 3 ถึง ภาพที่ 5)

ความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงไปตามวัฏจักรการขึ้นลงของน้ำ โดยมีค่าลดลงขณะที่น้ำกำลังลงและเพิ่มขึ้นในช่วงน้ำกำลังขึ้นในช่วงฤดูแล้งและปลายฤดูแล้ง ความเค็มมีค่าสูงใกล้เคียงกับค่าความเค็มของน้ำทะเล ส่วนในปลายฤดูน้ำมากจะมีค่าความเค็มต่ำโดยเฉพาะในน้ำชั้นบนเนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่มีมากในช่วงนี้ สำหรับความเค็มในน้ำชั้นล่างยังคงมีค่าสูง เกิดจากการสอดของน้ำทะเลเข้าสู่ปากแม่น้ำ จึงเกิดการแบ่งชั้นของน้ำ น้ำทะเลจะจมตัวกลายเป็นน้ำชั้นล่างเนื่องจากมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำจืด



ภาพที่ 7 ปริมาณฟลักซ์ของตะกอนที่บริเวณปากแม่น้ำประแสร์ จากการตรวจวัดเมื่อวันที่ 23-24 กุมภาพันธ์ (บน) 17-18 พฤษภาคม (กลาง) และ 8-9 ตุลาคม 2553 (ล่าง)

หมายเหตุ - หมายถึงมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ, + หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล

การที่ในฤดูแล้งและปลายฤดูแล้งมีปริมาณตะกอนแขวนลอยในมวลน้ำสูงทั้งในน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่าง อาจเป็นไปได้ว่าตะกอนแขวนลอยมีแหล่งมาจากการฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นแม่น้ำเนื่องจากเป็นช่วงที่มีน้ำท่าน้อยและน้ำมีการผสมผสานกันดีตามแนวดิ่ง (ภาพที่ 6) การฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นทะเลเข้าสู่มวลน้ำจึงเกิดขึ้นได้ดี เหตุผลเดียวกันนี้ใช้ในการอธิบายกรณีที่น้ำชั้นล่างมีความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่สูงกว่าน้ำชั้นบนในช่วงปลายฤดูน้ำมาก เกิดขึ้นเพราะตะกอนที่ฟุ้งกระจายที่พื้นแม่น้ำไม่สามารถแพร่กระจายสู่น้ำชั้นบนได้ซึ่งเป็นผลมาจากการแยกชั้นของน้ำในช่วงเวลานี้นั่นเอง

ตารางที่ 3 ปริมาณฟลักซ์ของตะกอนแขวลอยบริเวณปากแม่น้ำประแสร์

เดือน	**ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอย (ton/day)**		
	น้ำชั้นบน	**น้ำชั้นล่าง**	**สุทธิ**
23-24 กุมภาพันธ์ 2553	+ 21.96	+ 81.70	+ 103.66
17-18 พฤษภาคม 2553	- 105.84	- 4.27	- 110.11
8-9 ตุลาคม 2553	+ 70.26	- 7.05	+ 63.21

หมายเหตุ - หมายถึงมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ, + หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล

ฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศไหลออกปากแม่น้ำทุกฤดูกาลโดยมีค่า 2.60 × 10^6, 0.23 × 10^6 และ 0.43 × 10^6 m^3/day ในฤดูแล้ง ปลายฤดูแล้ง และปลายฤดูน้ำมาก ตามลำดับ การที่ฤดูแล้งมีปริมาณน้ำไหลออกสู่ทะเลมากกว่าในฤดูอื่นอาจเป็นผลความไม่สมดุลย์ของกระแสน้ำขึ้นและน้ำลง (ภาพที่ 3) ช่วงฤดูแล้งความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำลงมีค่ามากกว่าของกระแสน้ำขึ้นประมาณ 15 – 20 cm/s ในขณะที่ในช่วงฤดูกาลอื่นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก การที่ช่วงปลายฤดูน้ำมากซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าสูงแต่ฟลักซ์ของน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลมีค่าต่ำ อาจเป็นเพราะการไหลแทรกสอดของน้ำชั้นล่างในทิศเข้าสู่แม่น้ำที่เป็นตัวชดเชยกระแสน้ำชั้นบนที่ไหลออกจากปากแม่น้ำ

ตารางที่ 4 ฟลักซ์สุทธิน้ำและตะกอนแขวนลอยในการศึกษาที่ปากแม่น้ำประแสร์ และบริเวณอื่นๆ

พื้นที่ทำการศึกษา	**ฤดู**	**ฟลักซ์สุทธิน้ำ (m^3/day)**	**ฟลักซ์สุทธิตะกอนแขวนลอย (ton/day)**
ปากแม่น้ำประแสร์	ฤดูแล้ง ก.พ. 53	+ 2.60×10^6	+ 103.66
	ปลายฤดูแล้ง พ.ค. 53	+ 0.23×10^6	- 110.11
	ปลายฤดูฝน ต.ค. 53	+ 0.43×10^6	+ 63.21
คลองปากนคร[1]	ฤดูแล้ง เม.ย. 44	- 1.22×10^6	- 270
	ฤดูน้ำหลาก ต.ค. 43	+ 0.80×10^6	+124
แม่น้ำตาปี[2]	ฤดูแล้ง เม.ย. 40	- 2.71×10^6	- 2,420
	ฤดูน้ำหลาก ต.ค. 40	- 0.85×10^6	+ 584
แม่น้ำเจ้าพระยา[3]	ฤดูแล้ง ม.ค. 47	+ 24.3×10^6	-
	ฤดูฝน ก.ค. 47	+ 28.0×10^6	-
แม่น้ำแยงซีเกียง (Datong)[4]	1955-2007	+ 2,571.61×10^6	+ 1,164,630.14
แม่น้ำอิรวดี[5]	1983	+ 1,172.60×10^6	+ 726,000
แม่น้ำโขง (Pakse)[6]	1993-2000	+ 852.1×10^6	+ 311,000

ที่มา [1]สุริยัณห์ สาระมูล และ กัลยา วัฒยากร (2544)
[2]สมภพ เหลืองกังวานกิจ (2541)
[3]Wattayakorn (2004)
[4]Cheng *et al*. (2009)
[5]Robinson *et al*. (2007)
[6]Lu & Siew (2005)

หมายเหตุ - หมายถึงมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ, + หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อย่างไรก็ดีการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของน้ำตามฤดูกาลไม่มีความสัมพันธ์กับทิศทางลม เนื่องจากลมในช่วงที่ทำการศึกษาทั้งสามครั้งส่วนใหญ่มีทิศพัดจากทะเลเข้าสู่ปากแม่น้ำเหมือนกัน เช่นเดียวกับการศึกษาที่แม่น้ำเจ้าพระยาของ Wattayakorn (2004) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ของฟลักซ์ของน้ำและกระแสลมเช่นเดียวกัน

ปริมาณฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยสุทธิไหลออกปากแม่น้ำในฤดูแล้งและปลายฤดูน้ำมาก แต่ไหลเข้าปากแม่น้ำช่วงปลายฤดูแล้ง ในฤดูแล้ง เนื่องจากฟลักซ์ของน้ำที่ไหลออกสู่ทะเลมีค่ามากที่สุด (ตารางที่ 2) และในมวลน้ำมีตะกอนแขวนลอยในปริมาณมากดังที่ได้กล่าวมาในตอนต้นของการอภิปราย จึงส่งผลให้ฟลักซ์ของตะกอนที่ตรวจวัดได้ในช่วงนี้มีค่าสูงที่สุด การที่ตะกอนแขวนลอยไหลเข้าปากแม่น้ำในช่วงปลายฤดูแล้งอาจเป็นเพราะมีแหล่งของตะกอนอยู่ทางด้านชายฝั่งทะเล เมื่อน้ำไหลจากทะเลเข้าสู่แม่น้ำก็นำพาเอาตะกอนเข้ามาด้วยแต่ในขณะที่น้ำไหลออกอาจมีปริมาณตะกอนแขวนลอยอยู่น้อยกว่าจึงทำให้การคำนวณฟลักซ์สุทธิมีทิศการไหลเข้าสู่แม่น้ำ สำหรับช่วงปลายฤดูน้ำมากที่ฟลักซ์สุทธิมีค่าต่ำกว่าในฤดูแล้ง นอกจากจะเป็นไปตามแนวโน้มของฟลักซ์สุทธิของน้ำแล้ว ยังอาจเป็นไปได้ว่ามีการสอดของลิ่มน้ำเค็มจากทะเลเข้าสู่แม่น้ำประแสร์ น้ำสุทธิตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลงจึงมีการไหลสวนทาง (ตารางที่ 2) น้ำชั้นล่างที่ไหลเข้าสู่แม่น้ำมีตะกอนมากกว่าน้ำชั้นบน (ภาพที่ 6) จึงส่งผลให้เกิดการชดเชยฟลักซ์สุทธิที่ไหลจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเลให้มีปริมาณที่ลดลง

จากการเปรียบเทียบการศึกษาปริมาณฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยในแม่น้ำขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 4 พบว่าแม่น้ำที่มีอัตราการไหลของน้ำใกล้เคียงกับแม่น้ำประแสร์ คือคลองปากนครและแม่น้ำตาปี การขนส่งของตะกอนแขวนลอยมีค่ามากที่สุดที่คลองปากนครเนื่องจากบริเวณนี้เป็นที่ราบลุ่มทำการเกษตรกรรม (สุริยัณห์ สารมูล และ กัลยา วัฒยากร, 2544) เมื่อเปรียบเทียบกับแม่น้ำที่มีขนาดใหญ่พบว่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน แม่น้ำโขงมีการขนส่งตะกอนแขวนลอยมากกว่าแม่น้ำประแสร์ประมาณ 28 เท่า แม่น้ำอิรวดีมากกว่าประมาณ 66 เท่า และแม่น้ำแยงซีเกียงมากกว่าประมาณ 106 เท่า

สรุปผลการวิจัย

ได้ทำการศึกษาฟลักซ์ตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ในปี พ.ศ. 2553 ในสามช่วงเวลา ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 23-24 กุมภาพันธ์ (ฤดูแล้ง) ครั้งที่ 2 วันที่ 17-18 พฤษภาคม (ปลายฤดูแล้ง) และครั้งที่ 3 วันที่ 8-9 ตุลาคม (ปลายฤดูน้ำมาก) ฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศไหลออกจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเลในทุกฤดูกาล มีปริมาณสูงสุด 2.60×10^6 m^3/day ในช่วงฤดูแล้งและมีปริมาณต่ำสุด 0.23×10^6 m^3/day ในช่วงปลายฤดูแล้ง สำหรับปริมาณฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยที่ไหลผ่านเข้าออกปากแม่น้ำประแสร์ในฤดูแล้งมีทิศไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 103.66 ton/day ช่วงปลายฤดูแล้งมีทิศไหลเข้าปากแม่น้ำ ในปริมาณ 110.11 ton/day และปลายฤดูน้ำมากมีทิศไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 63.21 ton/day

กิติกรรมประกาศ

ขอบคุณผู้อำนวยการ (คุณมิคมินทร์ จารุจินดา) และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก คุณศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ คุณมิถิลา ปราณศิลป์ คุณธนกร คมใส และคุณสำรวย ขวนขวาย ในการช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ นิสิตภาควิชาวาริชศาสตร์ในการเตรียมเครื่องมือและช่วยเก็บข้อมูล รศ.ดร.วิภูษิต มัณฑะจิตร ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และ ดร.นฤมล อินทรวิเชียร คณะภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ในการอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ภาควิชาวาริชศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์ในการเอื้อเฟื้อสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2547). *โครงการการกำหนดประเภทแหล่งน้ำลุ่มน้ำภาคตะวันออก แม่น้ำระยอง จันทบุรี และตราด รายงานฉบับสมบูรณ์*. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม.

มณฑล อนงค์พรยศกุล, จิตราภรณ์ ฟักโสภา และ สุนทรีย์ ทารพันธ์. (2554). น้ำขึ้นน้ำลงและแบบจำลองของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณปากแม่น้ำประแสร์. *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาประมง*. 272-279.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. (2528). *คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง*. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมแหล่งน้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก. (2551). *คู่มือทรัพยากรชีวภาพหมู่เกาะมัน*. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเลและป่าชายเลน กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สมภพ เหลืองกังวานกิจ. (2541). *พฤติกรรมและฟลักซ์ของสารอาหารในบริเวณเอสทูรีแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์ทางทะเล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุริยัณห์ สาระมูล และ กัลยา วัฒยากร. (2544). การแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างคลองปากนครและอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. ใน *การประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ*. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

American Public Health Association - APHA (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater including Sediments and Sludges (18th ed.)*. American Public Health Association, American Water Works Association and the Water Environment Federation, Washington DC., USA.

Bilotta, G.S. & Brazier, R.E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research. 42*, 2849-2861.

Cheng, L., Wang, Z.-Y. & Souza, F. (2009). *Variations of runoff and sediment fluxes into the Pacific ocean from the main rivers of China*. International network on erosion and sedimentation.

Dyer, K.R. (1973). *Estuaries: A Physical Introduction*. John Wiley & Sons. Aberdeen.

Lu, X. X. & Siew, R. Y. (2005). Water discharge and sediment flux changes in the Lower Mekong River. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions. 2*, 2287-2325.

Robinson, R.A.J, Bird, M.I., Oo, N.W., Hoey, T.B., Aye, M.M., Higgitt, D.L., Lu, X. X., Swe, A., Tun, T. & Win, S.L. (2007). The Irrawaddy River Sediment Flux to the Indian Ocean: The Original Nineteenth-Century Data Revisited. *The Journal of Geology. 115*, 629-640.

Wattayakorn, G. (2004). *Contribution of Carbon and Nutrient Species into SE Asian Waters via Submarine Groundwater Discharge*. A Project Sponsored by the Southeast Asia Regional Committee for START (SARCS).

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University