วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 28 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2566
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 28 (No.3) September – December 2023 บทความวิจัย

ฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำแขมหนู จังหวัดจันทบุรี ในช่วงฤดูแล้งและฤดูน้ำมาก ในปี พ.ศ. 2558

Fluxes of Suspended Solid and Dissolved Inorganic Nutrients at the Kham Noo River Mouth, Chanthaburi Province in Dry and Wet Seasons in 2015

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์[1*], สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ[2] และ ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ[2]
Anukul Buranapratheprat[1*], Suthida Kan-atireklarp[2] and Supawat Kan-atireklap[2]
[1]*ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ประเทศไทย*
[2]*ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ประเทศไทย*
[1]*Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand*
[2]*Marine and Coastal Resources Research and Development Center the Eastern Gulf of Thailand*
Department of Marine and Coastal Resources , Thailand
Received : 2 February 2023
Revised : 10 March 2023
Accepted : 18 March 2023

บทคัดย่อ

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาฟลักซ์ของน้ำ ของแข็งแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในรอบน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณปากแม่น้ำแขมหนู จังหวัดจันบทบุรี ในปี พ.ศ. 2558 ในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างวันที่ 20 – 21 เมษายน และช่วงฤดูน้ำมาก ระหว่างวันที่ 8 – 9 ตุลาคม พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำในช่วงฤดูแล้ง (2.71×10^6 m^3/day) และไหลออกสู่ทะเลในช่วงฤดูน้ำมาก (0.59×10^6 m^3/day) ฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย และซิลิเกต ทีทิศไหลออกสู่ทะเลในทั้งสองฤดูกาลโดย ฟลักซ์ในฤดูแล้งมีปริมาณที่ต่ำกว่าในฤดูน้ำมาก ฟลักซ์ของไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต มีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในฤดูแล้งและไหลออกสู่ทะเลในฤดูน้ำมากเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของน้ำ แต่ฟลักซ์ที่ไหลเข้าแม่น้ำมีปริมาณที่ต่ำกว่า ฟลักซ์ที่ไหลออกสู่ทะเลอย่างมาก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงแหล่งที่มาของสารเหล่านี้จากภายในแม่น้ำมากกว่าจากทะเลภายนอก ฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอยและซิลิเกตที่มีปริมาณมากกว่าฟลักซ์ชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะในช่วงน้ำมากอาจเป็นผลมาจากการชะล้างจากการผุพังและการกัดเซาะของแผ่นดิน ชายฝั่ง หรือพื้นท้องน้ำ ฟลักซ์ของสารอาหารกลุ่มไนโตรเจนที่ไหลออกสู่ทะเลมีปริมาณที่มากกว่าฟลักซ์ของฟอสฟอรัสอย่างมาก อาจแสดงถึงแหล่งที่มาที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ ได้แก่ ปุ๋ยที่ตกค้างจากการทำเกษตรกรรม และการขับถ่ายหรือการย่อยสลายของของเสียของสิ่งมีชีวิตจากแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือแหล่งชุมชน เมื่อเปรียบเทียบกับแม่น้ำอื่นๆ ในภาคตะวันออก พบว่าฟลักซ์ทุกชนิดมีปริมาณที่ต่ำกว่าแม่น้ำอื่นๆ เป็นส่วนใหญ่

คำสำคัญ : ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอย ; ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ; แม่น้ำแขมหนู ; อ่าวไทย

Abstract

The fluxes of water, suspended solid, and dissolved inorganic nutrients during a tidal cycle at the Kham Noo River Mouth, Chanthaburi Province were investigated during the dry season between 20 – 21 April and during the wet season between 8 – 9 October 2015. It was found that the net water flux flowed into the river during the dry season (2.71×10^6 m^3/day) and into the sea during the wet season (0.59×10^6 m^3/day). The suspended solid, ammonia, and silicate fluxes flowed toward the sea in both seasons, with fluxes in the dry season being much lower than those in the wet season. The nitrite, nitrate, and phosphate fluxes tended to flow into the river in the dry season and to the sea in the wet season as well as the seasonal variations in water flux. However, the fluxes flowing into the river were much lower than those flowing into the sea. The results show that the source of these substances was from within the river rather than from the sea. Suspended solid and silicate fluxes that were larger than other fluxes, especially during the wet season, may be the result of the leaching from decay and erosion of the land, coast, or water bottom. Nitrogen nutrient fluxes out to the sea were considerably greater than phosphorus fluxes, which may indicate a source occurring in the watershed, i.e., agricultural residues, and the excretion or degradation of wastes from aquaculture or community sources. Compared to other rivers in the eastern region, all fluxes of Kham Noo River were lower than most others.

Keywords : fluxes of suspended sediment ; fluxes of dissolved inorganic nutrients ; Kham Noo River ; Gulf of Thailand

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

บทนำ

ปากแม่น้ำเป็นทางผ่านของน้ำและสิ่งที่มากับน้ำจากแผ่นดินออกสู่ทะเลชายฝั่ง เช่น ตะกอนแขวนลอยและสารอาหารที่มีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติ เช่นจากการพังทลายและการชะล้างจากแผ่นดิน และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเกษตร อุตสาหกรรม และจากชุมชนในบริเวณลุ่มน้ำและชายฝั่งตลอดลำน้ำ เป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจากผู้ผลิตขั้นต้นที่สำคัญ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช สาหร่าย หญ้าทะเล และป่าชายเลน (Siripong, 1981) มีความสำคัญต่อระบบนิเวศในฐานะที่เป็นแหล่งอาหาร ที่อยู่อาศัย หลบภัย ผสมพันธุ์วางไข่และอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน แต่ในอีกด้านหนึ่งบริเวณปากแม่น้ำก็เป็นที่รองรับของเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่ลุ่มน้ำ ก่อให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ เช่น สภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ก่อให้เกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton bloom) (Smith *et al*., 1999) ที่อาจก่อให้เกิดสภาวะพร่องออกซิเจนในมวลน้ำ (Hypoxia) จากการย่อยสลายเศษซากสารอินทรีย์ที่ตกค้างอยู่เป็นจำนวนมากที่มีแหล่งที่มาจากการตายของแพลงก์ตอนพืชหลังจากเกิดการสะพรั่งหรือจากแม่น้ำโดยตรง ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในบริเวณนั้นอาจทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอหรือตายเป็นจำนวนมากในกรณีผลกระทบมีความรุนแรงมาก

คลองวังโตนด มีต้นกำเนิดในบริเวณเทือกเขามีความลาดชันสูงในอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 1,663 km^2 (HII, 2012) ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย 1,237 x 10^6 m^3 พื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนมีการใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกไม้ผลเป็นหลัก คลองวังโตนดเชื่อมต่อกับอ่าวเกาะนกซึ่งมีลักษณะเป็นเอสทูรีซึ่งเป็นพื้นที่รอยต่อกับทะเลชายฝั่งภายนอก (Figure 1) บริเวณปากอ่าวด้านติดทะเลเรียกว่า ปากแม่น้ำ (หรือปากน้ำ) แขมหนู (Figure 1) มีลักษณะเป็นทางไหลเข้าออกของน้ำแคบ ๆ ในแนวเหนือ-ใต้ โดยมีแหลมท้ายร้านดอกไม้อยู่ทางฝั่งตะวันตกและมีสันทรายทอดตัวเป็นแนวยาวทางฝั่งตะวันออกของแนวร่องน้ำ (Chantapa Paibulkichakul *et al*., 2016) บริเวณปากแม่น้ำเป็นที่ตั้งของชุมชนชายฝั่งที่ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำการประมงขนาดเล็กและขนาดกลาง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Kietpiriya *et al*., 2019) เช่น การเพาะเลี้ยงกุ้ง บางส่วนเป็นร้านอาหาร รีสอร์ทและที่พัก การเปลี่ยนแปลงทั้งที่เกิดตามธรรมชาติและจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ตลอดลำน้ำคลองวังโตนดจนถึงปากแม่น้ำแขมหนู ย่อมก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การพังทลายของดิน และการปลดปล่อยสารจำพวกธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำ การทราบถึงการแลกเปลี่ยนของตะกอนแขวนลอยและสารอาหารระหว่างบริเวณปากแม่น้ำแขมหนูและทะเลชายฝั่งภายนอก จึงมีความสำคัญต่อการนำมาใช้ประเมินสภาวะแวดล้อมของลุ่มน้ำ ความอุดมสมบูรณ์หรือความเสื่อมโทรมทางสิ่งแวดล้อมชายฝั่งในบริเวณนั้นได้ ซึ่งเป็นที่มาขอกงการศึกษาฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำแขมหนูในครั้งนี้

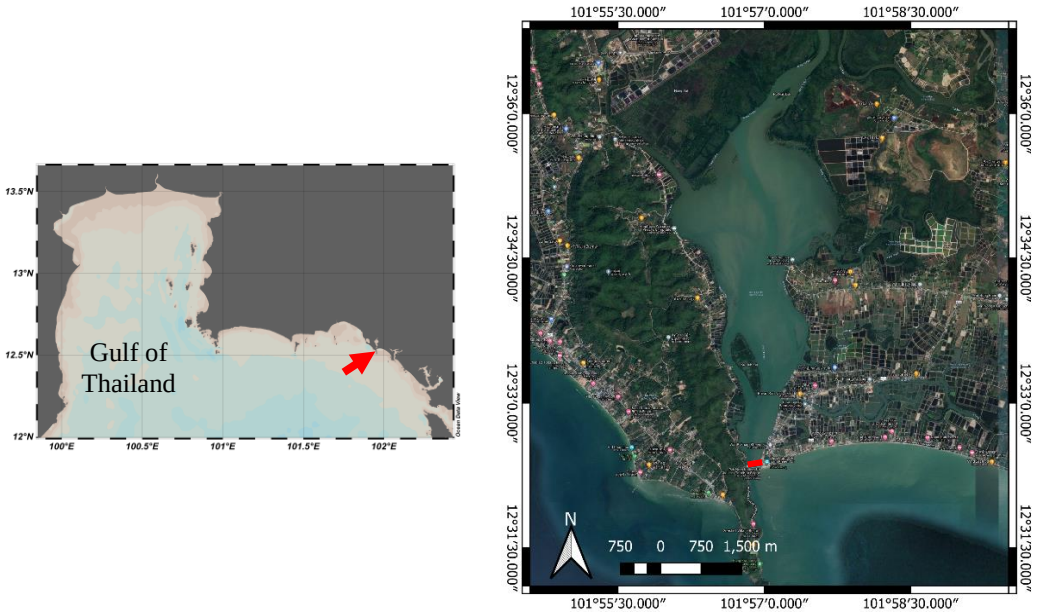

Figure 1 The point to measure fluxes at the Kham Noo River Mouth (red line on the right map) (Figures adapted from Ocean Data View Software and Google Map).

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษาอยู่ที่บริเวณปากแม่น้ำแขมหนู อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ที่ละติจูด 12° 32' 20.7" N ลองติจูด 101° 56' 53.9" E (Figure 1) มีความกว้างของลำน้ำ ณ จุดตรวจวัดเท่ากับ 213 เมตร ทำการตรวจวัดข้อมูลและเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1 วันที่ 20 – 21 เมษายน 2558 (ขึ้น 3 – 4 ค่ำ) (ฤดูแล้ง) และครั้งที่ 2 วันที่ 8 – 9 ตุลาคม 2558 (แรม 11 – 12 ค่ำ) (ฤดูน้ำมาก) ในแต่ละครั้ง จะทำการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำพื้นฐานและกระแสน้ำ รวมถึงเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของแข็งแขวนลอย (SS) และสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกต ที่กลางร่องน้ำที่ระดับความลึก 1 m จากผิวน้ำและที่ 1 m จากพื้นแม่น้ำโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ ตรวจวัดคุณภาพน้ำพื้นฐานได้แก่ อุณหภูมิและความเค็ม ด้วยเครื่อง Conductivity Temperature Depth (CTD) รุ่น Rinko-Profiler ASTD102 (JFE Advantech Co., Ltd.) และความเป็นกรด-เบสของน้ำ (pH) ด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปร (Environmental Monitoring Systems: YSI 6920) ตรวจวัดกระแสน้ำด้วยเครื่อง Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP รุ่น WHS600-I-UG167) (Teledyne RD Instruments, Workhorse Sentinel 600 kHz Serial Number 13318) ที่ติดตั้งไว้กับเรือขนาดเล็กที่แล่นตัดขวางลำน้ำตามแนวที่แสดงใน Figure 1 ตัวอย่างน้ำที่เก็บจะถูกนำมากรองด้วย

แผ่นกรอง GF/C สิ่งตกค้างบนแผ่นกรองจะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนแขวนลอยส่วนน้ำที่ผ่านการกรองจะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในห้องปฏิบัติการตามวิธีการวิเคราะห์ใน Table 1

Table 1 Methods for analyzing suspended sediment, inorganic nutrients, and dissolved oxygen.

Parameters	Analytical methods
TSS (mg/L)	GF/C Filter (APHA,1992)
Ammonia (µg N/L)	Phenol-hypochlorite (Grasshoff *et al*., 1999)
Nitrite (µg N/L)	Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Nitrate (µg N/L)	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Phosphate (µg P/L)	Ascorbic acid (Strickland & Parsons,1972)
Silicate (µg Si/L)	Silicomolypdate (Strickland & Parsons,1972)
DO (mg/L)	Azide modification (Strickland & Parsons, 1972)

การคำนวณฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำแสดงตามสมการที่ 1 (Dyer, 1973)

$$F = \frac{1}{T}\int_{t=0}^{T}(Q_s C_s + Q_b C_b)dt \quad (1)$$

เมื่อ F คือค่าเฉลี่ยของฟลักซ์ของสารใดๆ ที่ผ่านเข้าออกบริเวณพื้นที่หน้าตัดปากแม่น้ำในรอบน้ำขึ้นน้ำลง (g/sec), *C* คือ ปริมาณของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ หรือตะกอนแขวนลอย (g/m^3), *T* คือ รอบเวลาทั้งหมดของการตรวจวัดข้อมูล (25 Hr), *s* และ *b* คือ ค่าของข้อมูลน้ำชั้นบนและน้ำชั้นล่าง ตามลำดับ, *Q* คือ ฟลักซ์ของน้ำ (m^3/sec) โดยค่า Q_s และ Q_bได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง ADCP พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,066 m^2 ในฤดูแล้ง และ 1,111 m^2 ในฤดูน้ำมาก ตัวอย่างภาพลักษณะข้อมูลฟลักซ์ของน้ำ ที่ตรวจวัดตามแนวตัดขวางของแม่น้ำด้วยเครื่อง ADCP สามารถดูได้ในรายงานการศึกษาของ Kan-atireklarp *et al*. (2015a)

ทำการคำนวณฟลักซ์แยกเป็น 2 ระดับ ตามแนวดิ่งซึ่งพิจารณาจากลักษณะของความเค็ม กระแสน้ำตามความลึกและจากความลึกเฉลี่ยซึ่งเท่ากับ 6.4 m ในช่วงฤดูแล้งและ 7.4 m ในช่วงฤดูน้ำมาก โดยฟลักซ์ของน้ำชั้นล่างคำนวณจากข้อมูลฟลักซ์ย่อยที่ได้จากการตรวจวัดโดยเครื่อง ADCP ในช่วงความลึกจากพื้นทะเลขึ้นมา 3 – 3.5 m ฟลักซ์ของน้ำชั้นบนคำนวณจากฟลักซ์ย่อยภายในขอบเขตพื้นที่หน้าตัดส่วนที่เหลือ คำนวณหาปริมาณฟลักซ์ทุก 2 ชั่วโมง (รวมทั้งสิ้น 13 ครั้ง) แล้วเฉลี่ยตามเวลาเพื่อหาค่าฟลักซ์สุทธิในรอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง โดยในแต่ละครั้งของการตรวจวัดฟลักซ์ของน้ำจำนวน 3 ซ้ำ แล้วจึงนำค่าฟลักซ์ที่ตรวจวัดได้มาเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของค่าฟลักซ์ในช่วงเวลานั้น

ผลการวิจัย

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำทุกชนิดยกเว้นออกซิเจนละลายน้ำมีความแตกต่างกันของค่ามัธยฐานระหว่างฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการทดสอบด้วยสถิติแบบนอนพาราเมตริกซ์ วิธี Kruskal-Wallis Test การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเค็มของน้ำมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้งและต่ำในช่วงฤดูน้ำมาก อุณหภูมิระหว่างฤดูกาลต่างกันประมาณ 3 ^{o}C ในขณะที่ความเค็มต่างกันประมาณ 11 psu (Figure 2) ความเป็นกรด-เบส มีค่าสูงในฤดูแล้งเช่นเดียวกันแต่มีความต่างจากฤดูน้ำมากต่ำกว่า 1 ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงกว่า 5 mg/L ในทั้งสองฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงของของแข็งแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำมีความเด่นชัดมากกว่าพารามิเตอร์อื่น โดยส่วนใหญ่มีค่าต่ำมากในช่วงฤดูแล้งและมีค่าสูงถึงสูงมากในช่วงฤดูน้ำมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของของแข็งแขวนลอย ไนเตรท และซิลิเกต คุณภาพน้ำทุกชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันตามความลึกในช่วงฤดูแล้ง แต่ในช่วงฤดูน้ำมาก พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่มีความแตกต่างตามความลึก ได้แก่ ความเค็ม ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรทและซิลิเกต โดยที่ความเค็ม ของแข็งแขวนลอย และแอมโมเนีย มีค่าต่ำที่น้ำชั้นบนและมีค่าสูงที่น้ำชั้นล่าง ในขณะที่ ไนไตรท์ ไนเตรท และซิลิเกตมีความแตกต่างในแนวดิ่งของคอลัมน์น้ำในทิศทางตรงกันข้าม คือมีค่าสูงในน้ำชั้นบนและมีค่าต่ำในน้ำชั้นล่าง

ฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางไหลเข้าแผ่นดินในช่วงฤดูแล้ง (2.71×10^{6} m^{3}/day) และไหลออกสู่ทะเลในช่วงฤดูน้ำมาก (0.59×10^{6} m^{3}/day) (Figure 3) ฟลักซ์ของไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต มีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในฤดูแล้งและไหลออกสู่ทะเลในฤดูน้ำมากเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของน้ำตามฤดูกาล อย่างไรก็ดี สัดส่วนฟลักซ์ของสารเหล่านี้ที่ไหลเข้าสู่แม่น้ำมีปริมาณต่ำกว่าฟลักซ์ที่ไหลออกสู่ทะเลอย่างมาก ต่างจากฟลักซ์ของน้ำที่ตอนไหลเข้าในแม่น้ำในฤดูแล้งมีปริมาณมากกว่าตอนที่ไหลออกสู่ทะเลในช่วงฤดูน้ำมาก ฟลักซ์ของสารชนิดอื่นๆ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย และซิลิเกต ที่ทิศไหลออกสู่ทะเลในทั้งสองฤดูกาล โดยฟลักซ์ในฤดูแล้งมีปริมาณที่ต่ำกว่าในฤดูน้ำมากในทั้งสามพารามิเตอร์นี้ โดยรวมฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอยมีค่าสูงเกินกว่า 100 ton/day ทั้งสองฤดูกาล ขณะที่ฟลักซ์ของซิลิเกตในช่วงฤดูน้ำมากมีค่าสูงที่สุด (2,966.38 kg Si/day) ในกลุ่มของสารอาหารด้วยกัน และสารอาหารกลุ่มไนโตรเจนมีประมาณฟลักซ์ออกสู่ทะเลสูงกว่าสารอากหารกลุ่มฟอสฟอรัสมาก

วิจารณ์ผลการวิจัย

อุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำแขมหนูเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของประเทศไทย การตรวจวัดข้อมูลในช่วงฤดูแล้งตรงกับเดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและมีฝนตกน้อย อุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลจึงมีค่าสูงกว่าในฤดูน้ำมากที่ตรงกับเดือนตุลาคมที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าและมีฝนตกมากกว่า (Figure 2) ความแตกต่างของค่าความเค็มระหว่างชั้นน้ำในช่วงฤดูน้ำมากแสดงให้เห็นการแบ่งชั้นน้ำตามแนวดิ่ง น้ำที่จืดกว่า (ความหนาแน่นต่ำกว่า) ลอยตัวอยู่ด้านบนน้ำที่เค็มกว่า (ความหนาแน่นสูงกว่า) ที่อยู่ด้านล่างใกล้กับพื้นทะเล ค่าความเป็นกรด-เบสเปลี่ยนแปลงตามความเค็ม น้ำที่มีความเค็มมากมักจะมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงกว่าน้ำที่มีความเค็มน้อยกว่าหรือน้ำจืด ความเป็นกรด-เบสอาจเปลี่ยนแปลง

ตามปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้หากมีค่าแตกต่างกันมาก แต่ในกรณีนี้ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าค่อนข้างสูงและใกล้เคียงกันทั้งสองฤดูกาล จึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเล ตะกอนแขวนลอยในน้ำชั้นบนมีค่าต่ำทั้งสองช่วงเวลาเวลา มีเพียงในช่วงฤดูน้ำมากเท่านั้นที่ตะกอนแขวนลอยในน้ำชั้นล่าง (159.80 ± 172.69 mg/L) มีค่าสูงกว่าที่ผิวน้ำ (28.52 ± 8.95 mg/L) อย่างมาก สารอาหารอื่นๆ ทุกชนิด ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสเฟต และซิลิเกต ล้วนมีความเข้มข้นในฤดูน้ำมากสูงกว่าในฤดูแล้งทั้งสิ้น แสดงถึงแหล่งที่มาจากการชะล้างจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้สารอาหารละลายน้ำส่วนใหญ่ มีความเข้มข้นในน้ำชั้นบน (ความเค็มต่ำ) สูงกว่าในน้ำชั้นล่าง (ความเค็มสูง) แสดงถึงแหล่งที่มาจากน้ำจืดมากกว่าน้ำเค็ม

การที่ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและสารอาหารละลายน้ำทุกชนิด (Figure 3) มีทิศไหลออกสู่ทะเล สวนทางกับทิศทางฟลักซ์ของน้ำ หรือมีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำในสัดส่วนที่ต่ำกว่าฟลักซ์ที่ไหลออกสู่ทะเลในช่วงฤดูน้ำมากเป็นอย่างมาก ซึ่งไม่สอดคล้องกับกรณีความแต่ต่างระหว่างฤดูกาลในส่วนฟลักซ์ของน้ำ แสดงให้เห็นว่าแหล่งที่มาของสารเหล่านี้ มาจากภายในแม่น้ำมากกว่าจากทะเลภายนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของสารที่มีฟลักซ์ในทิศที่สวนทางกับฟลักซ์ของน้ำ การที่ฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอยและซิลิเกตที่ออกสู่ทะเลมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับสารชนิดอื่นในช่วงฤดูน้ำมาก เป็นสิ่งแสดงถึงการชะล้างจากการผุพังและการกัดเซาะของแผ่นดิน ชายฝั่ง หรือพื้นท้องน้ำ แล้วจึงถูกพามาตามแหล่งน้ำและออกสู่ทะเล ตะกอนแขวนลอยอาจมีที่แหล่งที่มาจากการฟุ้งกระจายของตะกอนที่พื้นท้องน้ำจากความเข้มข้นที่มีค่าสูงในน้ำชั้นล่างในช่วงฤดูน้ำมาก (Figure 2) ซิลิเกตอาจมีแหล่งที่มาจากการชะล้างบนแผ่นดินมากกว่าเพราะความเข้มข้นในน้ำชั้นบนซึ่งมีความเค็มต่ำกว่ามีค่าสูงกว่าในน้ำชั้นล่างที่มีความเค็มสูงกว่าในช่วงที่น้ำมีการแบ่งชั้นในฤดูน้ำมาก ฟลักซ์ของสารอาหารกลุ่มไนโตรเจนโดยรวมที่ไหลออกสู่ทะเลมีปริมาณที่มากกว่าฟลักซ์ของฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตอย่างมาก อาจสะท้อนแหล่งที่มาของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ สารไนเตรทในแหล่งน้ำส่วนใหญ่มีที่มาจากปุ๋ยที่ตกค้างจากการทำเกษตรกรรม (Bijay-Singh & Craswell, 2021) ส่วนแอมโมเนียมักมาจากการขับถ่ายหรือการย่อยสลายของของเสียของสิ่งมีชีวิต จากแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Vichkovitten *et al*., 2017; Meksamphan *et al*., 2003) หรือแหล่งชุมชน แสดงว่าแม่น้ำแขมหนูเป็นแหล่งรองรับสารอาหารที่ตกค้างจากการเกษตรกรรมในบริเวณลุ่มน้ำ กิจกรรมการเพาะลี้ยงสัตว์น้ำและแหล่งชุมชนตามลักษณะการใช้พื้นที่ในบริเวณนั้น

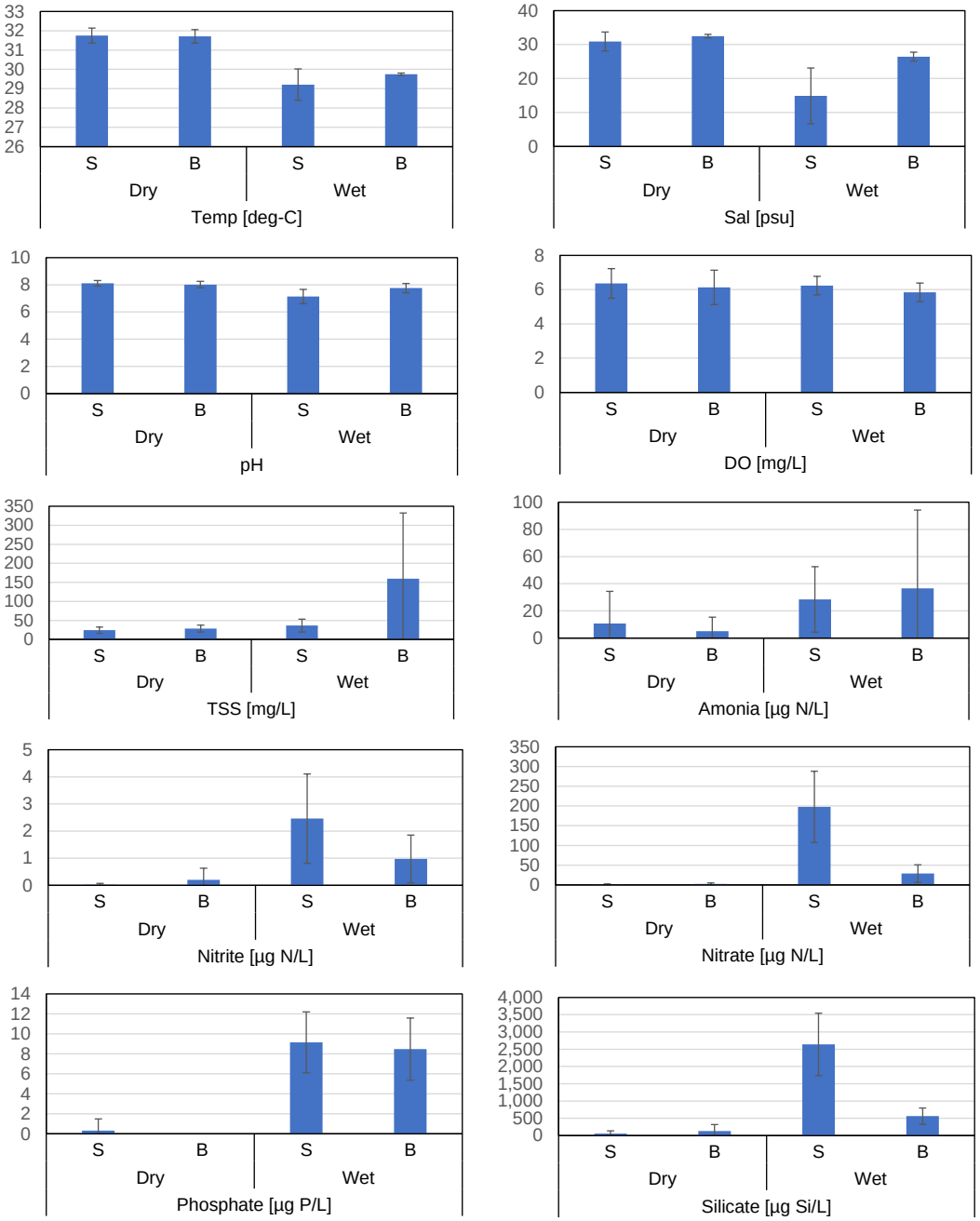

Figure 2 Mean concentration and standard deviation (Error bar) at the surface (S) and the bottom layer (B) in a tidal cycle (25 hours) of water qualities measured at the Kham Noo River mouth during the dry season (20 - 21 April 2015) and the wet season (8 – 9 October 2015).

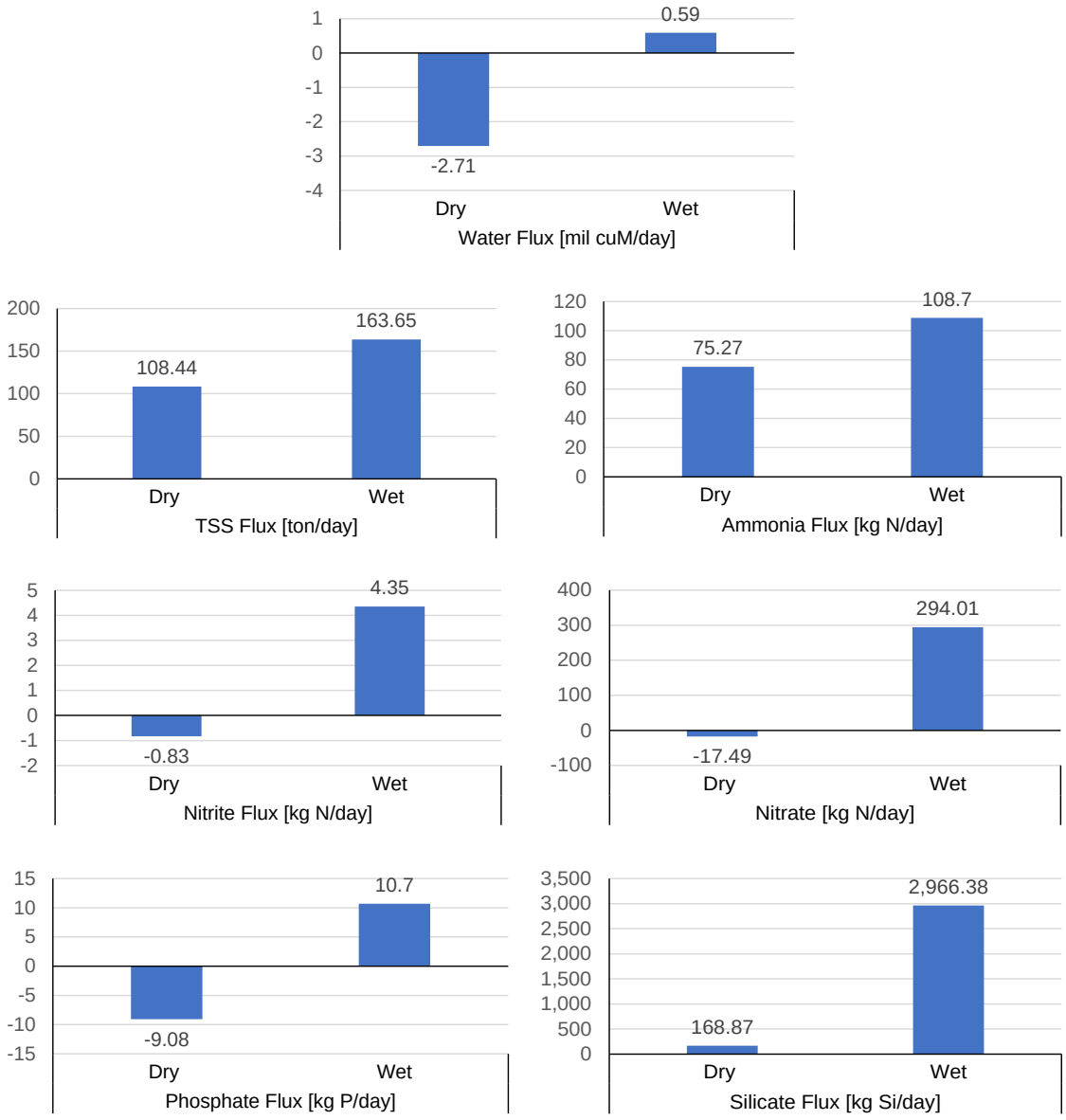

Figure 3 Mean fluxes in a tidal cycle of water, TSS, and dissolved inorganic nutrients at the Kham Noo River mouth during the dry season (20 - 21 April 2015) and the wet season (8 - 9 October 2015).

Note : + indicates the direction toward the sea, - indicates the direction toward the river.

เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดฟลักซ์บริเวณปากแม่น้ำแขมหนูจากการศึกษาในครั้งนี้กับแม่น้ำระยอง แม่น้ำประแสร์ แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำตราด และแม่น้ำเวฬุ (Figure 5) พบว่าแม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำเวฬุ และแม่น้ำตราด มีฟลักซ์ของน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมากกว่าแม่น้ำสายอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด แม่น้ำจันทบุรีและแม่น้ำเวฬุ มีฟลักซ์ของน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลมากกว่า 14×10^6 m^3/day ในฤดูแล้ง ส่วนในฤดูน้ำมาก ทั้งสามแม่น้ำมีฟลักซ์ของน้ำออกสู่ทะเลในแต่ละแม่น้ำมากกว่า 16×10^6 m^3/day โดยค่าสูงที่สุดเป็นของแม่น้ำจันทบุรี (31.97×10^6 m^3/day) ฟลักของน้ำในแม่น้ำตราดมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลสูงมาก โดยพบว่าในฤดูน้ำมากมีค่าถึง 30.56×10^6 m^3/day ในทิศทางออกสู่ทะเล ในขณะที่ฤดูแล้งฟลักซ์มีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำในปริมาณ 2.56×10^6 m^3/day เกี่ยวข้องกับความแตกต่างระหว่างฤดูกาลของปริมาณฝนในพื้นที่จังหวัดตราดที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.9 มิลลิเมตร ในฤดูแล้ง (ธันวาคม) และ 1,073.8 mm ในฤดูน้ำมาก (สิงหาคม) (Kan-atireklarp *et al.*, 2016) ฟลักซ์ของน้ำในแม่น้ำอื่นๆ ได้แก่ แม่น้ำประแสร์ แม่น้ำระยอง และแม่น้ำแขมหนู มีค่าต่ำกว่า 3×10^6 m^3/day เมื่อพิจารณาปริมาณฟลักซ์ของน้ำ (Figure 5) ร่วมกับพื้นที่ลุ่มน้ำของแต่ละแม่น้ำ (HII, 2012) พบว่าปริมาณน้ำท่าและพื้นที่ลุ่มน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันมากนัก แม่น้ำระยอง (1,630 km^2) แม่น้ำประแสร์ (2,123 km^2) แม่น้ำจันทบุรี (1,593 km^2) แม่น้ำแขมหนู (1,663 km^2) และแม่น้ำตราด (1,557 km^2) มีพื้นที่ลุ่มน้ำในระดับที่มากกว่า 1,500 km^2 ทั้งสิ้น โดยพื้นที่ลุ่มน้ำที่ใหญ่ที่สุดเป็นของลุ่มน้ำประแสร์ แต่กลับมีปริมาณฟลักซ์ของน้ำในฤดูน้ำมากต่ำกว่าแม่น้ำจันทบุรีและแม่น้ำตราดซึ่งมีพื้นที่รองรับน้ำท่าต่ำกว่าอย่างมากอยู่ประมาณ 30×10^6 m^3/day อาจเป็นเพราะการมีเขื่อนเก็บกับน้ำอยู่บริเวณต้นแม่น้ำประแสร์ ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลออกสู่ทะเลมีน้อยลง หรือในกรณีของแม่น้ำแขมหนูและแม่น้ำระยองที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำพอๆ กับแม่น้ำจันทบุรีและแม่น้ำตราดก็มีปริมาณน้ำท่าที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าสองแม่น้ำแรกอย่างมากเช่นเดียวกัน ความแตกต่างนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปริมาณฝนที่ตกและอัตราการไหลของน้ำออกสู่ทะเลที่เป็นไปตามลักษณะของภูมิประเทศมากกว่าขนาดพื้นที่ของแต่ละลุ่มน้ำ

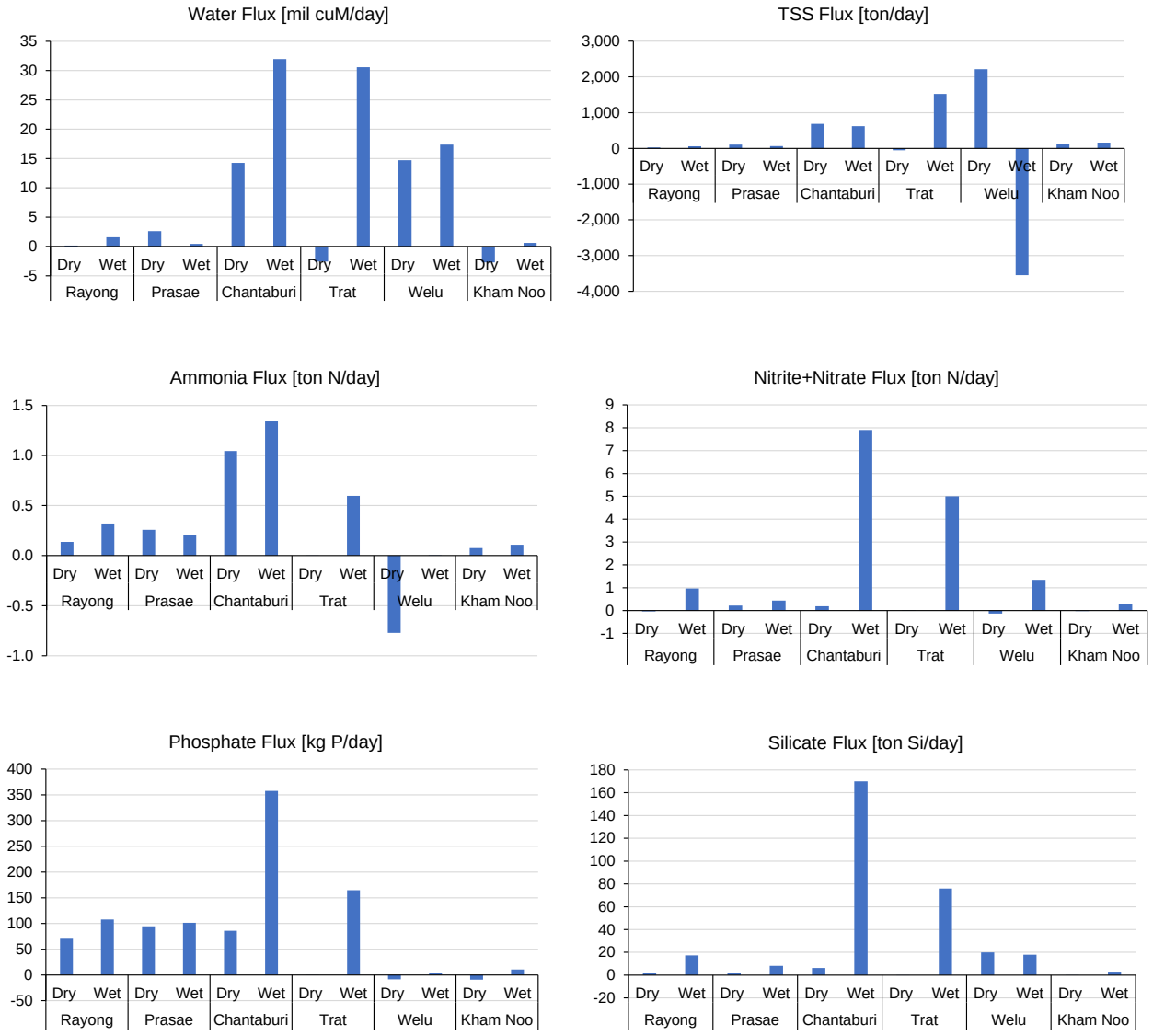

Figure 5 Net fluxes of dissolved inorganic nutrients at the mouth of Rayong (Kan-atireklarp *et al*., 2015b), Prasae (Buranapratheprat *et al*., 2013a; 2013b), Chanthaburi (Kan-atireklarp *et al*., 2015a), Trat (Kan-atireklarp *et al*., 2016), Welu (Buranapratheprat *el al*., 2018), and Kham Noo (this study) rivers during the dry season (20 - 21 April 2015) and the wet season (8 - 9 October 2015).

Note : + indicates the direction toward the sea, - indicates the direction toward the river.

ฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอยมีค่าสูงที่ปากแม่น้ำเวฬุและแม่น้ำตราดแสดงให้เห็นถึงการกัดเซาะแผ่นดิน ชายฝั่ง หรือพื้นท้องน้ำ ในบริเวณนั้นที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนในมวลน้ำแล้วเคลื่อนตัวผ่านบริเวณปากแม่น้ำ ฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอยที่ปากแม่น้ำตราดมีค่าสูงในทิศออกสู่ทะเลเฉพาะในฤดูน้ำมากเท่านั้นซึ่งเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของฟลักซ์ของน้ำ ส่วนที่ปากแม่น้ำเวฬุในช่วงฤดูน้ำมากที่มีฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอยที่มีปริมาณสูงถึง 3,546.73 ton/day ในทิศทางจากทะเลเข้าสู่แม่น้ำ สวนทางกับฟลักซ์ของน้ำที่มีทิศออกสู่ทะเล อาจเป็นผลมาจากการกัดเซาะและการฟุ้งกระจายของตะกอนตามแนวชายฝั่งทะเลบริเวณใกล้กับปากแม่น้ำที่ถูกพัดพาเข้ามาสู่แม่น้ำในช่วงน้ำขึ้น ฟลักซ์ของแอมโมเนียในทิศทางออกสู่ทะเลมีค่าสูงกว่า 1 ton N/day ทั้งในฤดูแล้งและฤดูน้ำมากบริเวณปากแม่น้ำจันทบุรีสะท้อนถึงแหล่งที่มาของของเสียจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีอยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณนั้น การที่ฟลักซ์ของแอมโมเนียมีทิศเข้าสู่ปากแม่น้ำเวฬุในช่วงฤดูแล้งในปริมาณ 771.13 ton N/day นั้น อาจมีที่มาจากการระบายน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามแนวชายฝั่งทะเลด้านนอกที่มีอยู่อย่างหนาแน่นทั้งที่อยู่ในเขตจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราด ฟลักซ์ของไนไตรท์+ไนเตรท (7.90 ton N/day) และฟอสเฟต 357.71 kg N/day ที่มีค่าสูงมากในช่วงฤดูน้ำมากที่ปากแม่น้ำจันทบุรี อาจสะท้อนถึงแหล่งที่มาจากการชะล้างปุ๋ยที่ตกค้างจากพื้นที่การทำเกษตรกรรม เช่น สวนเงาะ ทุเรียน และมังคุด ในพื้นที่ลุ่มน้ำ ฟลักซ์ของสารอาหารดังกล่าวนี้มีค่าสูงมากที่ปากแม่น้ำตราดเช่นเดียวกัน แต่ก็ไม่สูงเท่าบริเวณปากแม่น้ำจันบุรี ฟลักซ์ของซิลิเกตมีปริมาณและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกับสารอาหารกลุ่มไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ฟลักซ์ในทิศทางออกสู่ทะเลในฤดูน้ำมากมีค่าสูงที่สุดที่ปากแม่น้ำจันบุรี (170.01 ton/day) รองลงมาคือที่แม่น้ำตราด (76.01 ton/day) สะท้อนถึงการชะล้างจากกระบวนการการผุพังของหินและดินในพื้นที่ของสองลุ่มน้ำนี้ที่มีมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำอื่น

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำแขมหนูในปี พ.ศ. 2558 ในฤดูแล้ง (20 – 21 เมษายน) และฤดูน้ำมาก (8 – 9 ตุลาคม) พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศทางไหลเข้าสู่แม่น้ำในช่วงฤดูแล้ง (2.71×10^6 m^3/day) และไหลออกสู่ทะเลในช่วงฤดูน้ำมาก (0.59×10^6 m^3/day) ฟลักซ์ของของแข็งแขวนลอย แอมโมเนีย และซิลิเกต ทีทิศไหลออกสู่ทะเลในทั้งสองฤดูกาล โดยฟลักซ์ในฤดูแล้งมีปริมาณที่ต่ำกว่าในฤดูน้ำมาก ฟลักซ์ของไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต มีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในฤดูแล้งและไหลออกสู่ทะเลในฤดูน้ำมากเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของน้ำตามฤดูกาลแต่ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ผลที่ได้แสดงถึงแหล่งที่มาจากการชะล้างจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำจึงทำให้ปริมาณสารอาหารเหล่านี้เพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำท่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ในการช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์การทำวิจัยและสนับสนุนเจ้าหน้าที่ในการทำงานภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำ เจ้าหน้าที่

ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกและนิสิตภาควิชาวาริชศาสตร์ ในการตรวจวัดข้อมูลเก็บตัวอย่างน้ำทะเล และวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ และภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในการอำนวยความสะดวกต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

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.

Bijay-Singh, & Craswell, E. (2021) Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Applied Science*. 3 (518). https://doi.org/10.1007/s42452-021-04521-8

Buranapratheprat, A., Khunathorn, P., Intacharoen, P., & Kan-atireklarp, S. (2013a). Suspended sediment flux at the Prasae River mouth in 2010. *Burapha Science Journal*,*18*(2), 232 – 245 (in Thai).

Buranapratheprat, A., Choetchoojun, Y., Kongmaung, N., Intacharoen, P., Kan-atireklarp, S., & Gunboa, V. (2013b). Dissolved inorganic nutrient fluxes at the Prasae River mouth, Rayong Province in wet and dry seasons in 2010. *Burapha Science Journal, 18*(2), 222 – 231 (in Thai).

Buranapratheprat, A., Kan-atireklarp, S., Yuenyong, S., & Kan-atireklarp, S. (2018). Fluxes of suspended sediment and dissolved inorganic nutrients at the Welu River mouth in dry and wet seasons in 2014. *Burapha Science Journal*, 23 (1), 546 – 556 (in Thai).

Chantapa Paibulkichakul, B., Kraiharn, S., Paibulkichakul, C., & Buranapratheprat, A. (2016). Flux of silicate at Kham Hnu River Mouth, Tha Mai District, Chanthaburi Province. *Khon Kaen Agriculture,* 44 (Special Issue 1). 709 – 716 (in Thai).

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

Grasshoff, K., Kremling, K., & Ehrhardt, M. (1999). *Methods of Seawater Analysis 3rd Eds*. Weinheim: Wiley-VCH.

Hydro-Informatics Institute (Public Organization) - HII. (2012). *Implementation of data collection and analysis of the project to develop a data warehouse system for 25 watersheds and a flood and drought model for the East Coast Basin*. Hydro-Informatics Institute (Public Organization), Bangkok.

Kan-atireklarp, S., Buranaprathepprat, A., Yuenyong, S., & Komsai, T. (2015a). Fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Chanthaburi River Mouth, Chanthaburi Province in dry and wet seasons in 2013. *Proceedings the 7th National Science Research Conference*. PY-P-001 (in Thai).

Kan-atireklarp, S., Buranaprathepprat, A., Yuenyong, S., Komsai, T., & Tainaokong, N. (2015b). Fluxes of suspended sediment and dissolved inorganic nutrients at the Rayong River mouth in dry and wet seasons in 2013. *Burapha Science Journal, 20*(1), 133 – 144 (in Thai).

Kan-atireklarp, S., Yuenyong, S., Meesub, B., Buranaprathepprat, A., & Meesub, A. (2016). Fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Trat River mouth, Trat Province in dry and wet seasons in 2014. *Proceeding of the 5th Marine Science Conference*, 221 – 228 (in Thai).

Kietpiriya W., Paibulkichakul, B., Autnak, S., Phabutra., A., & Paibulkichakul, C. (2019). Relationship between phytoplankton and water qualities at Ao Nok, Chanthaburi Province. *KKU Science Journal* ,*47*(1), 110 – 116 (in Thai).

Meksamphan, C. Tulyakul, P., & Meksamphan, J. (2003). The distributions of nutrients at the Welu River mouth, Chantaburi and Trat Province: The estimation of seasonal variations and flow rate to the sea. *The 41st Kasetsart University Annual Conference: Fisheries Section*, 203 – 210 (in Thai).

Siripong, A. (1981). *Physical Oceanography of Estuary*. Chulalongkorn. Bangkok (in Thai).

Smith, V.H., Tilman, G.D., & Nekola, J.C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, *100*(1-3),179-96. doi: 10.1016/s0269-7491(99)00091-3. PMID: 15093117.

Strickland, J.D.H., & Parsons, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fishery Research Board of Canada, Ottawa.

Vichkovitten, T., Intarachart, A., & Khaodon, K. (2017). Impact of green mussel (*Perna viridis*) raft-culture on benthic environment in Sriracha coastal water, Thailand. *GMSARN International Journal*, *11*, 116 – 122. (in Thai)