วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2564
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.1) January – April 2021 บทความวิจัย

# ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยที่บริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด ปี พ.ศ. 2561

# Fluxes of Dissolved Inorganic Nutrients and Suspended Sediment at The Trat River Mouth, Trat Province in 2018

เบญจมาศ มีทรัพย์[1], อนุกูล บูรณประทีปรัตน์[1*], ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา[1],
สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ[2]และ ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ[2]

Benjamas Meesub[1], Anukul Buranapratheprat[1*], Patrawut Thaipichitburapa[1],
Suthida Kan-atireklarp[2] and Supawat Kan-atireklarp[2]

[1] *ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*
[2]*ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง*
[1]*Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University*
[2]*Eastern Marine and Coastal Resources Research and Development Center, Department of Marine and Coastal Resources*

Received : 5 April 2020
Revised : 24 May 2020
Accepted : 10 June 2020

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด จำนวน 6 ครั้งในปี พ.ศ. 2561 ผลการศึกษาพบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำ, แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสเฟต และซิลิเกต ในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน, มิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม มีทิศทางไหลจากแม่น้ำออกสู่ทะเล ต่างจากเดือนธันวาคมที่ฟลักซ์สุทธิของน้ำ, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสเฟต และซิลิเกต มีทิศทางการไหลจากทะเลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ส่วนฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยพบว่ามีทิศทางการไหลจากทะเลเข้าสู่ปากแม่น้ำในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน และธันวาคม มีทิศทางไหลจากแม่น้ำออกสู่ทะเลในเดือนมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม ปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำท่า (ยกเว้นฟอสเฟตและตะกอนแขวนลอย) โดยมีค่าฟลักซ์สุทธิของน้ำ, แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสเฟต, ซิลิเกต และตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 5.81 x $10^6$ $m^3$/day, 985.52 Kg N/day, 26.57 Kg N/day, 1,205.42 Kg N/day, 128.15 Kg P/day, 17,845.25 Kg Si/day และ 128.98 ton/day ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับปริมาณฟลักซ์ของแม่น้ำตราดในปี พ.ศ. 2556 พบว่าปริมาณฟลักซ์ของสารอาหารส่วนใหญ่ที่ไหลออกสู่ทะเลมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะแอมโมเนีย, ฟอสเฟส และซิลิเกตโดยเพิ่มขึ้นทั้งในช่วงฤดูน้ำน้อยและฤดูน้ำมาก แต่ฟลักซ์ของไนไตรท์และไนเตรทที่ไหลออกสู่ทะเลมีปริมาณเพิ่มขึ้นเฉพาะช่วงฤดูน้ำน้อย จากการประเมินคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำตราดพบว่าเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรม

**คำสำคัญ** : ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ; ฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอย ; แม่น้ำตราด

**Abstract**

This research aims to study fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Trat River mouth for 6 times of the year 2018. The results showed that the net fluxes of water, dissolved inorganic ammonia, nitrite, nitrate, phosphate and silicate in February, April, June, August and October were directed seaward except in December that the net fluxes of water, dissolved inorganic, nitrite, nitrate, phosphate and silicate were directed riverward. Suspended sediment fluxes in February, April and December were directed riverward while those in June, August and October were directed seaward. All dissolved inorganic nutrient concentrations (except phosphate and suspended sediment) increase proportionally to the amount of discharge. The annual average of the net fluxes of water, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, silicate and suspended sediment were 5.81 x $10^6$ $m^3$/day, 985.52 Kg N/day, 26.57 Kg N/day, 1,205.42 Kg N/day, 128.15 Kg P/day, 17,845.25 Kg Si/day and128.98 ton/day, respectively. Compared with data in 2013, fluxes of all nutrients showed increasing trend during both dry and wet seasons, just fluxes of nitrite and nitrate showed increasing trend only in dry season. All fluxes were directed seaward. Water qualities of the Trat river mouth was evaluated within the standard as surface water classification type 3 (water quality for agriculture).

**Keywords** : fluxes of dissolved inorganic nutrients ; Fluxes of suspended sediment ; The Trat River

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

**บทนำ**

แม่น้ำตราดเป็นแม่น้ำสายสำคัญที่อยู่บนพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของจังหวัดตราด (ภาพที่ 1) มีต้นน้ำกำเนิดแม่น้ำจากทิวเขาบรรทัดทางตอนเหนือไหลมาตามคลองแอ่ง และคลองสะตอ ไหลผ่านอำเภอบ่อไร่ อำเภอเขาสมิง ก่อนบรรจบกันเป็นแม่น้ำตราดบริเวณปากคลองห้วยแร้ง ตำบลห้วยแร้ง อำเภอเมือง และออกสู่ทะเลอ่าวไทยบริเวณตำบลหนองคันทรง อำเภอเมือง มีความยาวของแม่น้ำประมาณ 15 กิโลเมตร และมีพื้นที่รับน้ำประมาณ 1,550 ตารางกิโลเมตร (Kan-atireklarp *et al*., 2016) ลักษณะภูมิประเทศบริเวณต้นน้ำเป็นที่ราบภูเขากระจายอยู่บริเวณต่างๆ มีการทำเกษตรกรรมที่สำคัญ ได้แก่ สับปะรด และยางพารา เป็นต้น ตอนกลางเป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำมีการทำนาข้าว ปาล์มน้ำมัน และปศุสัตว์ รวมถึงเป็นเขตที่อยู่อาศัยและแหล่งชุมชนหนาแน่น ส่วนตอนล่างของแม่น้ำเป็นที่ราบต่ำชายฝั่งทะเลที่มีพื้นที่ป่าชายเลนเป็นหลัก โดยพื้นที่ป่าชายเลนมีความหนาแน่นคิดเป็นร้อยละ 18.04 ของพื้นที่ป่าทั้งหมดในจังหวัดตราดเป็นแหล่งอาหาร แหล่งอนุบาล และที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ (DMCR, 2018)

ปัจจุบันได้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่จากป่าชายเลนเป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ เพาะเลี้ยงกุ้ง และสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ เช่น หอยแครง, หอยนางรม, หอยลาย และปลากะพง เป็นต้น (Trat Provincial Governor's Office, 2017) ของเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยง และกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ รวมทั้งสารอาหารที่เกิดจากชะล้างส่งผลให้บริเวณปากแม่น้ำ และบริเวณชายฝั่งทะเลมีการสะสมของสารอาหารเป็นปริมาณมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชให้มีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเกิดสภาวะการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton Bloom) หรือปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red Tide) บริเวณชายฝั่งใกล้เคียง โดยผลกระทบจากปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำลง หรือเกิดสภาวะขาดออกซิเจน ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ และสร้างความเสียหายให้กับระบบนิเวศ รวมถึงเกิดผลกระทบต่อการทำประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากการสำรวจปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งจังหวัดตราดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547– 2558 พบว่าเกิดขึ้นรวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง สร้างความเสียหายต่อพื้นที่เพาะเลี้ยงที่อยู่ใกล้เคียง รวมถึงสิ่งมีชีวิตในบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้บริเวณจังหวัดตราดยังเกิดปรากฏการณ์การสะพรั่งของแมงกะพรุนหลากสีในช่วงปี พ.ศ. 2555- 2560 (DMCR, 2017) ซึ่งอาจมีความเชื่อมโยงกับปริมาณสารอาหาร แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีมากขึ้น

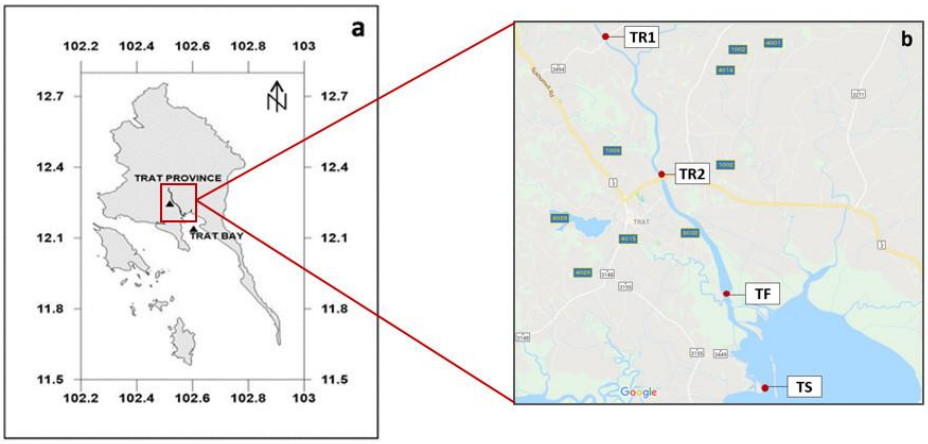
การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย จะทำให้ทราบถึงทิศทางของปริมาณสารอาหารที่เข้าสู่แม่น้ำหรือไหลออกสู่ทะเลบริเวณปากแม่น้ำ และเป็นตัวบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอาหารที่ยังไม่ผ่านกระบวนการนำไปให้ของสิ่งมีชีวิตได้ ต่างจากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารเพียงอย่างเดียวที่อาจจะระบุแหล่งที่มาของสารอาหารได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากสารอาหารเหล่านั้นอาจเกิดจากสิ่งมีชีวิตนำไปใช้ด้วยกระบวนการต่างๆ ไม่ได้มาจากแหล่งที่ก่อให้เกิดสารอาหารจริงๆ โดยปัญหาที่พบส่วนใหญ่ คือ ปริมาณสารอาหารที่มีความเข้มข้นเกินเกณฑ์มาตรฐานที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ จากการศึกษาฟลักซ์บริเวณปากแม่น้ำตราดในปี พ.ศ. 2557 ที่ผ่านมาพบว่าฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ (แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสเฟต และซิลิเกต) มีค่าสูงในช่วงฤดูน้ำมาก และมีทิศทางไหลออกสู่ทะเล ซึ่งแปรผันตามฤดูกาลส่วนในช่วงฤดูแล้งฟลักซ์ของน้ำมีทิศทางสวนทางกันในบางตัว เนื่องจากมวลน้ำมีการแบ่งชั้นและอิทธิพลในช่วงน้ำขึ้นที่ยาวนาน (Kan-atireklarp *et al*., 2016) จากความสำคัญดังกล่าวทำให้การศึกษาฟลักซ์บริเวณปากแม่น้ำตราด มีจุดที่

น่าสนใจ และนำมาศึกษาต่อเพื่อให้ทราบแหล่งของสารอาหารที่ชัดเจนในครั้งนี้ เพื่อสามารถนำไปใช้ประเมินสภาวะแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศปากแม่น้ำ รวมถึงชายฝั่งทะเลในพื้นที่จังหวัดตราดและพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

*พื้นที่ศึกษาและช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง*

พื้นที่การศึกษาอยู่บริเวณแม่น้ำตราด ครอบคลุมอำเภอเมือง จังหวัดตราดพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยในรอบวัฏจักรของน้ำขึ้น - น้ำลง ที่สถานี TF และการศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปเพื่อใช้เป็นตัวแทนแหล่งที่มาของสารอาหารในสถานี วัดท่าประดู่ (TR1), สะพานแม่น้ำตราด (TR2), ปากแม่น้ำตราด (TF) และ สะพานปลาศาลเจ้าพ่อเกาะปู (TS) (ภาพที่ 1)ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 6 ครั้งโดยครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปี พ.ศ. 2561 (ตารางที่ 1)




***ภาพที่ 1*** พื้นที่จังหวัดตราดและแม่น้ำตราด (a), สถานีเก็บตัวอย่างน้ำและสถานีตรวจวัดฟลักซ์ (b)

***ตารางที่ 1*** ระยะเวลาในการศึกษาฟลักซ์และคุณภาพน้ำทั่วไปในแต่ละฤดูกาล ปี พ.ศ. 2561

| Survey | Period | Seasons |
|---|---|---|
| 1 | February 19-20 | Dry season |
| 2 | April 23-24 | First transition period |
| 3 | June 21-22 | Wet season |
| 4 | August 30-31 | Wet season |
| 5 | October 24-25 | Second transition period |
| 6 | December 20-21 | Dry season |

*1) การศึกษาฟลักซ์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย*

ทำการตรวจวัดฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด (จุดTF) โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดกระแสน้ำAcoustic Doppler Current Profiler (ADCP รุ่น Workhorse Sentinel 600 kHz ) ติดตั้งแบบคว่ำหน้าด้วยทุ่นลอยที่ผิวน้ำแล้วใช้เรือลากผ่านพื้นที่หน้าตัดของปากแม่น้ำ จำนวน 3 ซ้ำ และใช้โปรแกรม WinRiver II River Discharge Software (Teledyne Technologies Company) ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง ADCP ดัดแปลงตามวิธีของ Kan-atireklarp *et al.* (2016) ในแต่ละครั้งของการตรวจวัดฟลักซ์จะเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณกึ่งกลางปากแม่น้ำ ด้วยกระบอกเก็บน้ำ Kemmerer Depth Sampler ที่ 2 ระดับความลึก คือ ใต้ผิวน้ำ 1 เมตร และ เหนือพื้นท้องน้ำ 1 เมตรตามวิธีการเก็บน้ำของกรมควบคุมมลพิษ และตรวจวัดคุณภาพน้ำได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) และความเค็ม (Salinity) ด้วยเครื่อง Conductivity Temperature Depth Instrument (CTD ยี่ห้อ SAIV AS รุ่น STD/CTD- Model SD204 ) และความเป็นกรด-เบสของน้ำ(pH) ด้วยเครื่องวัด pH meter (HORIBA รุ่น D-71G) แล้วนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำ (BOD) และวิเคราะห์ตะกอนแขวนลอย (Total suspended sediment; TSS) ตัวอย่างน้ำหลังจากผ่านการกรองจะนำไปวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย (Ammonia), ไนไตรท์(Nitrite), ไนเตรท (Nitrate$^-$), ฟอสเฟต (Phosphate) และซิลิเกต (Silicate) (ตารางที่ 2) การเก็บข้อมูลฟลักซ์และตัวอย่างน้ำจะเก็บทุก ๆ 2 ชั่วโมง 5 นาทีต่อเนื่องกันเป็นเวลา 25 ชั่วโมง เพื่อให้ครบวัฏจักรของน้ำขึ้นน้ำลงในส่วนการคำนวณฟลักซ์ของสารอาหารใดๆ สามารถคำนวณได้จากอัตราการไหลของน้ำ (Discharge; Q) กับความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอย (Concentration; C) โดยค่า Q เกิดจากการคำนวณระหว่างพื้นที่หน้าตัด (Area; A) และความเร็วของกระแสน้ำ (Velocity; V) ค่าที่คำนวณได้ในแต่ละมวลชั้นน้ำจะนำมารวมกันก่อนหาค่าเฉลี่ยตามเวลาเพื่อคำนวณหาฟลักซ์สุทธิในรอบวัฏจักรน้ำขึ้น น้ำลง แสดงตามสมการที่ 1 ดัดแปลงจาก Dyer (1973)

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

เมื่อ F คือค่าเฉลี่ยของฟลักซ์ของสารใดๆ ที่ผ่านเข้าออกบริเวณพื้นที่หน้าตัดปากแม่น้ำตราด ในรอบน้ำขึ้นน้ำลง (g/sec), C คือ ปริมาณของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ หรือตะกอนแขวนลอย (g/m$^3$), T คือ รอบเวลาทั้งหมดของการตรวจวัดข้อมูล(25 ชั่วโมง), s และ b ค่าของข้อมูลน้ำชั้นบน และน้ำชั้นล่าง ตามลำดับ, Q คือ อัตราการไหลของน้ำ(m$^3$/sec) โดยค่า $Q_s$ และ $Q_b$ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง ADCP

*2) การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปเพื่อใช้เป็นตัวแทนแหล่งที่มาของสารอาหาร*

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำและตรวจวัดคุณภาพน้ำทั่วไปที่สถานี TR1, TR2 และ TS (ภาพที่ 1) โดยตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ แก่ อุณหภูมิ, DO, BOD, ความเค็ม, ความเป็นกรด-เบสของน้ำ และวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ (ตารางที่ 2) ได้แก่ แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสเฟต, ซิลิเกตและตะกอนแขวนลอย ที่ระดับกึ่งกลางลำน้ำ ทำการ

ตรวจวัดจุดละ 1 ครั้งใน แต่ละฤดูกาล โดยเลือกเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาน้ำลงต่ำสุดตามมาตราน้ำปี พ.ศ. 2561 จุดอำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด

***ตารางที่ 2*** วิธีการวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอย

| Nutrients | Methods |
|---|---|
| Dissolved Oxygen (mg/L) | Azide modification (Strickland and Parsons, 1972) |
| Biological Oxygen Demand (mg/L) | 5-day BOD test, Azide-modification methods (APHA, 1998) |
| Suspended sediment (mg/L) | GF/C Filter (APHA, 1992) |
| Ammonia (µg N/L) | Phenol-hypochlorite (Grasshoff *et al*., 1999) |
| Nitrite (µg N/L) | Diazotization (Strickland and Parsons, 1972) |
| Nitrate (µg N/L) | Cadmium reduction + Diazotization (Strickland and Parsons, 1972) |
| Phosphate (µg P/L) | Ascorbic acid (Strickland and Parsons,1972) |
| Silicate (µg Si/L) | Silicomolypdate (Strickland and Parsons,1972) |

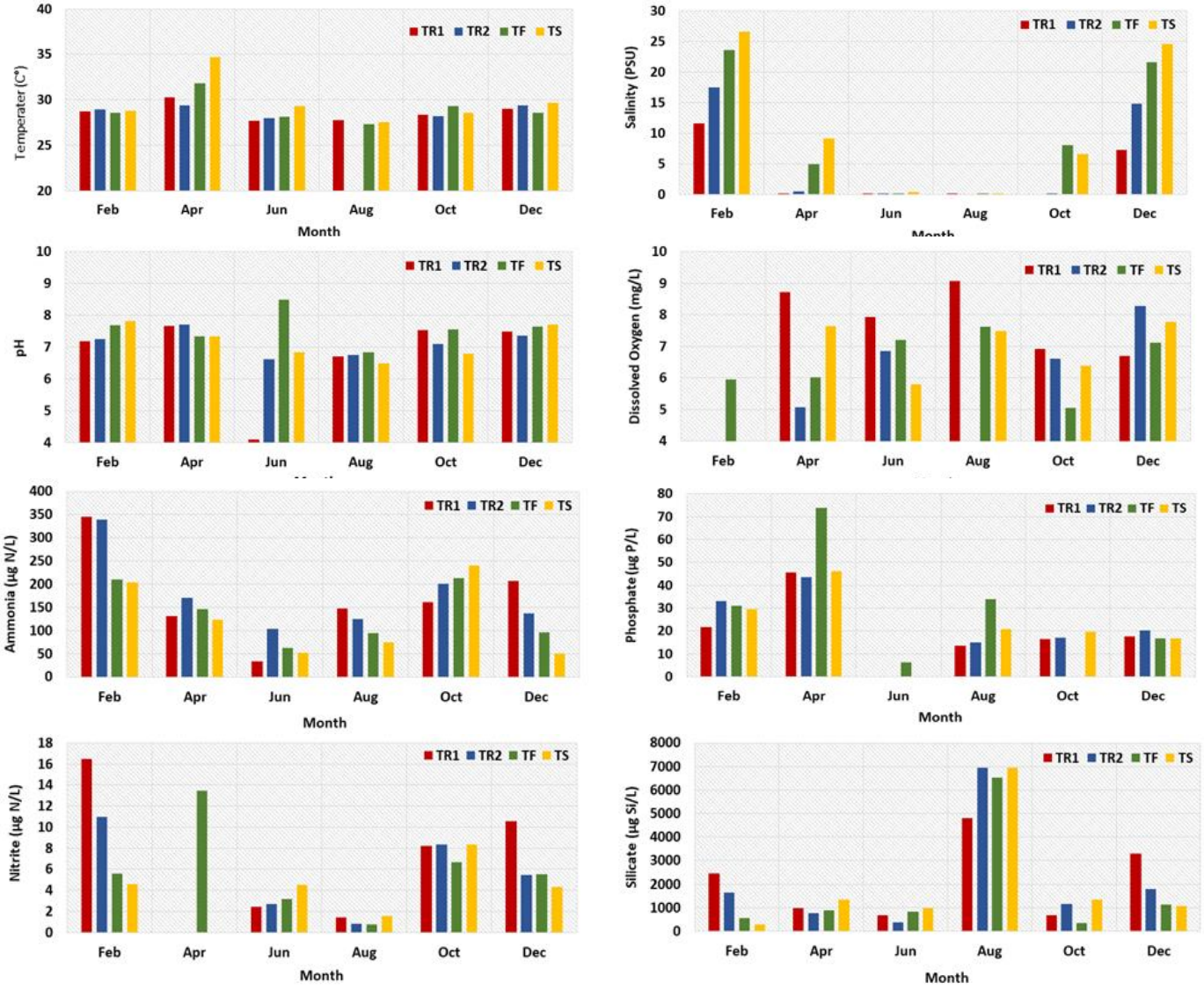
**ผลการวิจัย**

*1) การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปเพื่อใช้เป็นตัวแทนแหล่งที่มาของสารอาหาร*

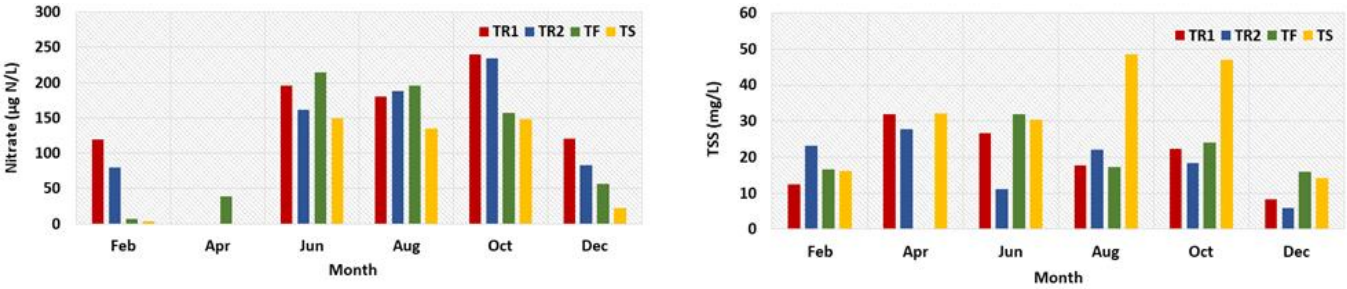
ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำ และทะเล (TR1, TR2, TF และ TS) (ภาพที่ 3) พบว่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทุกชนิดมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ยกเว้นความเป็นกรด – เบส และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ) โดยค่าความเป็นกรด – เบสมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 7.17ส่วนปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 7.01 mg/L ต่างจากความเค็มที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 7.72 PSU มีค่าสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์และมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ19.83 ± 6.66 PSU และ 0.04 ± 0.03 PSU ตามลำดับเช่นเดียวกับอุณหภูมิ ที่พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 29.02 °C มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนและมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ 31.53 ± 2.35 °C และ 27.55 ± 0.21 °C ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสเฟต, ซิลิเกต และตะกอนแขวนลอย จากการทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณสารอนินทรีย์ละลายน้ำทุกตัว ยกเว้นตะกอนแขวนลอยมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 62.66 – 274.70 µg N/L พบสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ (274.70 ± 77.86 µg N/L) จุดที่มีค่าสูงจะอยู่บริเวณต้นแม่น้ำจุด TR1 และ TR2 และต่ำสุดในเดือนมิถุนายน (62.66 ± 29.29 µg N/L) ปริมาณไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.13 – 13.46 µg N/L โดยพบสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ (9.42 ± 5.48 µg N/L) และต่ำสุดในเดือนสิงหาคม (1.13 ± 0.40 µg N/L) ส่วนปริมาณไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.52 – 239.81 µg N/L พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม (195.05 ± 48.82 µg N/L) และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ (52.58 ± 56.96 µg N/L) การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.59 – 52.29 µg P/L โดยพบสูงสุดในเดือนเมษายน (52.29 ± 14.42

µg P/L) และต่ำสุดในเดือนตุลาคม (17.69 ± 1.84 µg P/L) ส่วนปริมาณซิลิเกตมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 715.52 – 6311.31 µg Si/L พบสูงสุดในเดือนสิงหาคม (6311.31 ± 1024.95 µg Si/L) และต่ำสุดในเดือนมิถุนายน (17.69 ± 1.84 µg P/L) ปริมาณซิลิเกตในแต่ละสถานีไม่มีความแตกต่างกันมากนักและได้รับอิทธิพลจากการชะล้างจากแผ่นดินในช่วงฤดูน้ำมาก (เดือนสิงหาคม) ในทุกสถานี ต่างจากปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.09 – 30.68 mg/L พบมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน (30.68 ± 2.46 mg/L) และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม (10.09 ± 4.79 mg/L) โดยพบว่ามีค่าสูงบริเวณจุดTS ซึ่งได้รับอิทธิพลจากอ่าวตราด




***ภาพที่ 3*** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยบริเวณแม่น้ำตราดและทะเลในแต่ละเดือน



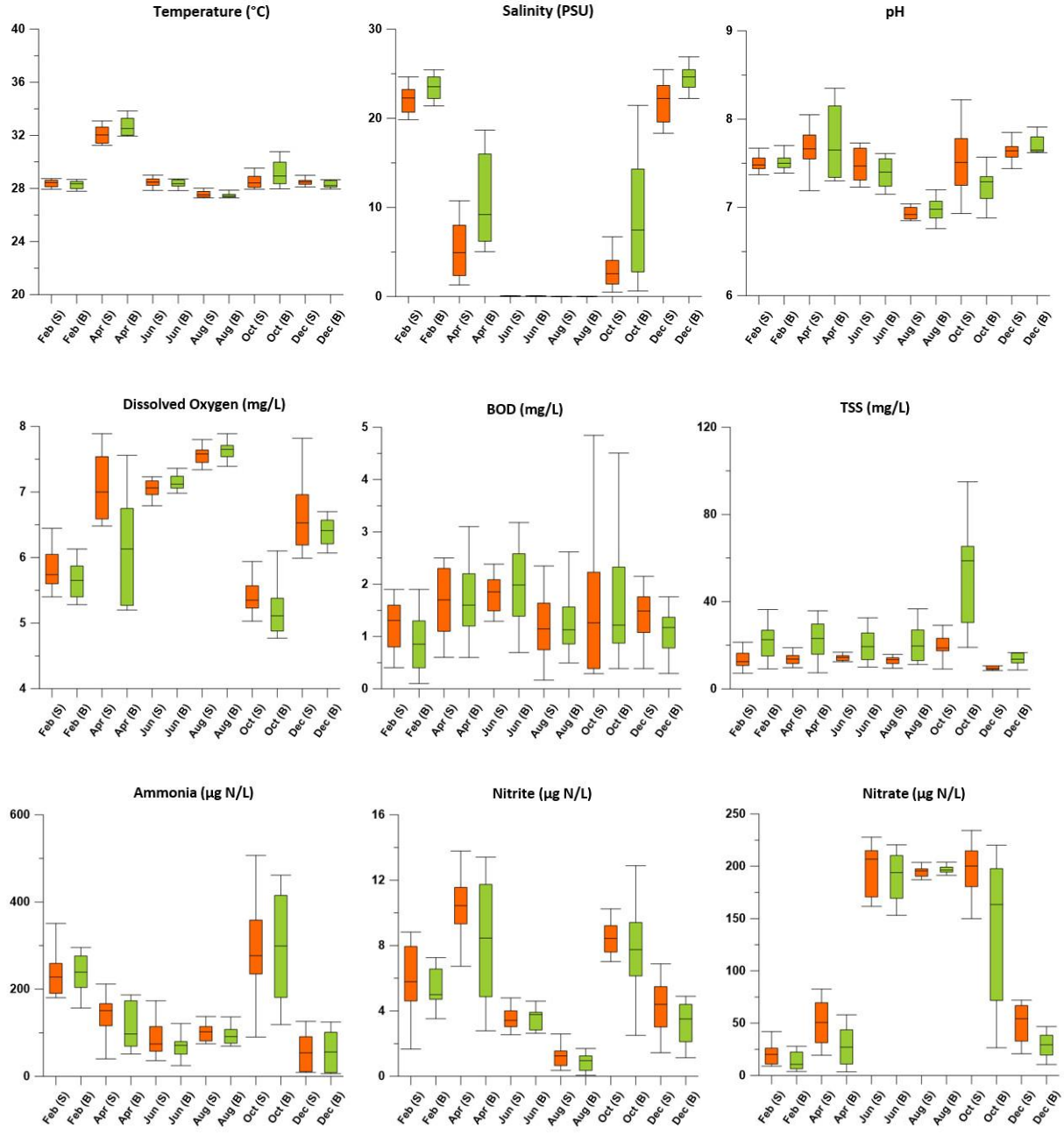

***ภาพที่ 3*** (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยบริเวณแม่น้ำตราดและทะเลในแต่ละเดือน

*2) ผลการตรวจวัดฟลักซ์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ*

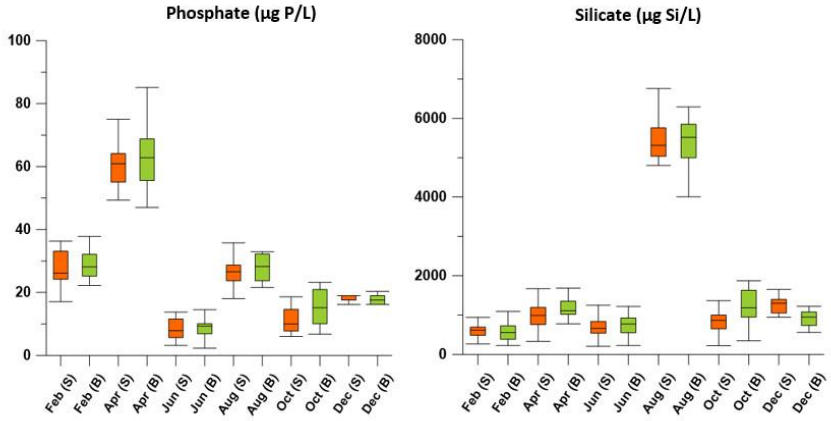
ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราดในรอบปีถูกแสดงในรูป Box and Whisker Plots (ภาพที่4) โดยแบ่งเป็นระดับผิวน้ำ และระดับพื้นท้องน้ำพบว่าอุณหภูมิของน้ำแต่ละเดือน (ยกเว้นเดือนเมษายน) มีค่าเฉลี่ยรวม 28.33 ± 0.63°C ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเดือนเมษายนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.44 ± 0.75 °C เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรด – เบสที่แต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 7.47 ± 0.37 ต่างจากความเค็มที่มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยความเค็มที่ผิวน้ำจะมีค่าต่ำกว่าพื้นท้องน้ำมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคมและต่ำสุดในเดือนสิงหาคมเฉลี่ยอยู่ที่ 23.37 ± 2.22 และ 0.011 ± 0.006 PSU ตามลำดับ ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ระดับผิวน้ำและพื้นท้องน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน (ยกเว้นเดือนเมษายน) โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมและต่ำสุดในเดือนตุลาคมเฉลี่ยอยู่ที่ 7.53 ± 0.41 mg/L และ 5.34 ± 0.32 mg/L ตามลำดับ ค่าบีโอดีพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันมากในแต่ละเดือนทั้งสองระดับความลึกโดยมีค่าเฉลี่ยรวม 1.51 ± 0.81 mg/L

ผลการศึกษาปริมาณสารอนินทรีย์ละลายน้ำ และปริมาณตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดพบว่า ปริมาณแอมโมเนียมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคมและต่ำสุดในเดือนธันวาคม โดยมีค่าเฉลี่ยที่ระดับผิวน้ำเท่ากับ 308.70 ± 90.25 µg N/L และ53.61 ± 44.23 µg N/Lตามลำดับ ที่ระดับพื้นท้องน้ำมีค่าเท่ากับ 303.83 ± 118 µg N/Lและ 55.67 ± 48.13 µg N/L ตามลำดับ ไนไตรท์พบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนและต่ำสุดในเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ยที่ผิวน้ำเท่ากับ 10.34 ± 2.29 µg N/L และ 1.28 ± 0.74 µg N/L ตามลำดับ และที่ระดับพื้นท้องน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.45 ± 3.79 µg N/L และ 0.91 ± 0.51 µg N/L ตามลำดับ ส่วนไนเตรทพบว่ามีค่าสูงสุดเดือนสิงหาคมและต่ำสุดเดือนกุมภาพันธ์โดยมีค่าเฉลี่ยที่ระดับผิวน้ำเท่ากับ 195.44 ± 4.85 µg N/L และ 20.66 ± 10.02 µg N/L ตามลำดับ และที่ระดับพื้นท้องน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 198.07 ± 4.60 µg N/L และ 13.61 ± 8.80 µg N/L ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสเฟตพบว่าส่วนใหญ่ระดับพื้นท้องน้ำมีค่าสูงกว่าระดับผิวน้ำและมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนและต่ำสุดในเดือนมิถุนายนโดยมีค่าเฉลี่ยที่ระดับผิวน้ำเท่ากับ 60.93 ± 7.86 µg P/L และ 8.63 ± 3.16µg P/L ตามลำดับ และที่ระดับพื้นท้องน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62.85 ± 10.41 µg P/L และ 9.39 ± 2.28 µg P/L ตามลำดับ ปริมาณซิลิเกตพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันมากในแต่ละเดือนยกเว้นเดือนสิงหาคม โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมและมีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ระดับผิวน้ำเท่ากับ 5,166.66 ± 1,705.05 µg Si/L และ 686.61 ± 267.72 µg Si/L ตามลำดับ 4,007.24 ± 2,791.41 µg Si/L และ 606.71 ± 228.24 µg Si/L ส่วนปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ระดับพื้น

ท้องน้ำมีค่าสูงกว่าที่ระดับผิวน้ำโดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนตุลาคมและต่ำสุดในเดือนธันวาคมเท่ากับ 22.28 ± 9.06 mg/L และ 10.20 ± 2.8 mg/L ตามลำดับ และที่ระดับพื้นท้องน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62.25 ± 43.23 mg/L และ 16.46 ± 11.82 mg/L ตามลำดับ




***ภาพที่ 4*** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด ในแต่ละเดือน




***ภาพที่ 4*** (ต่อ) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราด ในแต่ละเดือน

ผลการศึกษาฟลักซ์ของน้ำ สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย (ตารางที่ 3) พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน, มิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม มีทิศทางไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 1.53x10$^6$m$^3$/day, 2.68 x10$^6$m$^3$/day, 13.21 x10$^6$m$^3$/day, 16.14 x10$^6$m$^3$/day และ 5.22x10$^6$m$^3$/day ตามลำดับ ต่างจากเดือนธันวาคมที่ฟลักซ์สุทธิของน้ำมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในปริมาณ 3.95 x10$^6$m$^3$/day และมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ และพบว่าฟลักซ์ที่ระดับน้ำชั้นบนจะมีค่ามากกว่าฟลักซ์ที่ระดับพื้นท้องน้ำ ส่วนฟลักซ์สุทธิของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสเฟตและซิลิเกต มีทิศทางการไหลตามอิทธิพลฟลักซ์ของน้ำ ยกเว้นฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียในเดือนธันวาคมที่ไหลออกสู่ทะเล โดยฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนียมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคมในปริมาณ 2,106.38 Kg N/day และ 161.05 Kg N/dayตามลำดับส่วนฟลักซ์สุทธิของไนไตรท์มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคมในปริมาณ 52.52 Kg N/day และ 9.58 Kg N/day ตามลำดับ ฟลักซ์สุทธิของไนเตรทมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม และมีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ในปริมาณ 3,169.13 Kg N/day และ 43.06 Kg N/day ตามลำดับ สำหรับฟลักซ์สุทธิของฟอสเฟตมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคมในปริมาณ 453.32 Kg P/day และ 1.60 Kg P/day ตามลำดับ ส่วนฟลักซ์สุทธิของซิลิเกตมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคมในปริมาณ 87,889.90 Kg Si/day และ 3.11 Kg Si/day ตามลำดับ สำหรับฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยพบว่ามีทิศทางการไหลต่างจากฟลักซ์ของน้ำและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ โดยมีทิศทางการไหลเข้าสู่แม่น้ำในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน และธันวาคมในปริมาณ 15.59 Ton/day, 40.74 Ton/day, 33.34 Ton/day ตามลำดับ ส่วนเดือนมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคมมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลในปริมาณ 260.99 Ton/day,299.28 Ton/day, 303.26 Ton/day ตามลำดับ มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคมและมีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์

***ตารางที่ 3*** ฟลักซ์ของน้ำ สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในวัฏจักรน้ำขึ้น – น้ำลง (25 ชั่วโมง) บริเวณปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด

| Fluxes | | February | April | June | August | October | December |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Water ($10^6 m^3$/day) | Surface | + 1.84 | + 4.99 | + 8.17 | + 9.87 | + 5.89 | - 1.69 |
| | Bottom | - 0.31 | - 2.32 | + 5.04 | + 6.27 | - 0.68 | - 2.26 |
| | **Net** | **+ 1.53** | **+ 2.68** | **+ 13.21** | **+ 16.14** | **+ 5.22** | **- 3.95** |
| Ammonia (Kg N/day) | Surface | +382.54 | +988.19 | +713.32 | +991.29 | +2,041.79 | +156.08 |
| | Bottom | -112.69 | -200.16 | +340.39 | +548.81 | +64.59 | +4.97 |
| | **Net** | **+269.86** | **+788.04** | **+1053.71** | **+1,540.09** | **+2,106.38** | **+161.05** |
| Nitrite (Kg N/day) | Surface | +13.89 | +66.97 | +30.23 | +15.75 | +38.81 | -4.84 |
| | Bottom | -0.59 | -14.46 | +19.49 | +5.65 | -6.76 | -4.74 |
| | **Net** | **+13.30** | **+52.52** | **+49.72** | **+21.39** | **+32.05** | **-9.58** |
| Nitrate (Kg N/day) | Surface | +59.99 | +280.09 | +1,659.85 | +1,924.43 | +1,170.46 | -50.88 |
| | Bottom | -16.93 | -59.77 | +1,008.17 | +1,244.70 | +75.73 | -63.36 |
| | **Net** | **+43.06** | **+220.31** | **+2,668.03** | **+3,169.13** | **+1,246.20** | **-114.241** |
| Phosphate (Kg P/day) | Surface | +69.71 | +308.75 | +67.11 | +273.79 | +13.15 | -27.86 |
| | Bottom | -10.38 | -106.47 | +52.08 | +179.53 | -11.542 | -38.95 |
| | **Net** | **+59.33** | **+202.28** | **+119.18** | **+453.32** | **+1.60** | **-66.81** |
| Silicate (Kg Si/day) | Surface | +2,235.53 | +3,513.16 | +5,531.55 | +51,707.81 | +6,652.09 | -622.19 |
| | Bottom | -83.64 | -3,267.20 | +4,106.14 | +36,182.09 | +497.06 | -2,485.71 |
| | **Net** | **+2,151.89** | **+245.96** | **+9,637.68** | **+87,889.90** | **+7,149.15** | **-3.11** |
| TSS (Ton/day) | Surface | -14.89 | +38.02 | +127.44 | +148.63 | +195.13 | +3.38 |
| | Bottom | -0.69 | -78.74 | +133.55 | +150.65 | +108.13 | -36.72 |
| | **Net** | **-15.59** | **-40.74** | **+260.99** | **+299.28** | **+303.26** | **-33.34** |

*หมายเหตุ* -หมายถึงมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ, + หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล

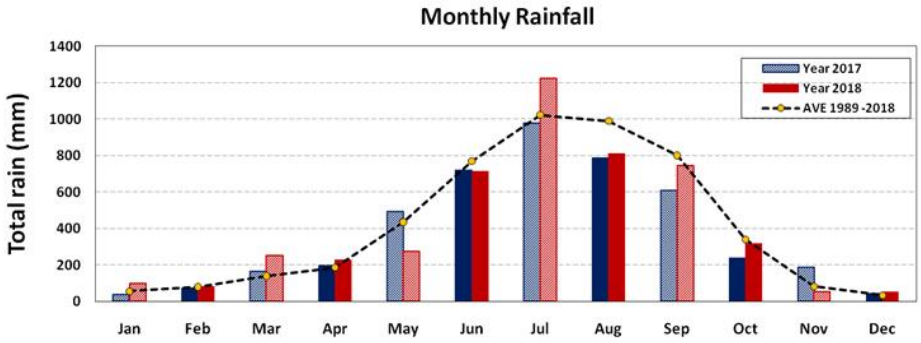
**วิจารณ์ผลการวิจัย**

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำตราดพบว่าอุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยที่ผิวน้ำจะมีค่าสูงกว่าพื้นท้องน้ำเพราะบริเวณผิวน้ำจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ และในเดือนเมษายนจะมีค่าสูงกว่าเดือนอื่นเนื่องจากตรงกับช่วงฤดูร้อนซึ่งอุณหภูมิปกติที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจะแปรผันอยู่ในช่วง 25-32 °C (Poonapa-amporn & Thaipichitburupha, 2018) เช่นเดียวกับความเป็นกรด-เบสในแต่ละเดือนที่มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยสถานีบริเวณแม่น้ำทั้งสอง

จุด (TR1 และ TR2) มีค่าใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับบริเวณจุดปากแม่น้ำทั้งสองจุด (TF และ TS) ยกเว้นเดือนมิถุนายนที่แต่ละสถานีมีค่าแตกต่างจากเดือนอื่น โดยเฉพาะสถานี TR1 ที่มีค่าต่ำ โดยบริเวณจุดที่ตรวจวัดใกล้กับคลองที่มีน้ำไหลลงมารวมในแม่น้ำ ช่วงเวลาดังกล่าวน้ำในคลองมีความใสมาก สามารถเห็นความขุ่นใสของน้ำในคลองและน้ำในแม่น้ำที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน อาจเนื่องมาจากรอบๆ บริเวณดังกล่าวใกล้แหล่งทิ้งขยะขนาดใหญ่ที่มีการหมักหมมรวมทั้งมีฝนตกก่อนหน้านั้นอย่างหนัก ทำให้เกิดการชะล้างจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำ โดยค่าความเป็นกรด – เบสมีความสอดคล้องกับค่าความเค็ม โดยในช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าน้อยจะมีความเป็นเบสอ่อนๆ ส่วนช่วงที่มีปริมาณน้ำท่ามากมีค่าเป็นกรดอ่อนๆ ส่วนความเค็มที่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำท่า พบว่ามีค่าต่ำในเดือนเมษายน, มิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวจังหวัดตราดได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากอ่าวไทยจึงทำให้มีฝนตกชุก จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่าปริมาณน้ำฝนในปีที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 404.43 mm มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1,222.8 mm (TMD, 2019) (ภาพที่ 5) ประกอบกับแม่น้ำตราดเป็นแม่น้ำสายสั้นที่มีภูเขากระจายอยู่โดยรอบทำให้เมื่อมีฝนตกลงมาจะเกิดการไหลของน้ำลงสู่อ่าวตราดอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Poonapa-amporn & Thaipichitburupha, 2018) ที่รายงานถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพื้นที่จังหวัดตราดว่าเป็นพื้นที่ภูเขาสูงเมื่อมีฝนตกลงมาจะไหลลงสู่อ่าวตราดทันที เมื่อพิจารณาการไหลเวียนของน้ำบริเวณปากแม่น้ำพบว่าในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และธันวาคมมีรูปแบบการไหลเวียนแบบผสมผสานกันอย่างทั่วถึง (Well – mixed estuary) โดยจะพบค่าความเค็มของน้ำจากระดับผิวหน้าจนถึงพื้นท้องน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในเดือนเมษายน และตุลาคมมีรูปแบบการไหลเวียนแบบผสมผสานบางส่วน (Partially – mixed estuary) ความเค็มที่ระดับผิวน้ำจะมีค่าต่ำกว่าพื้นท้องน้ำ แสดงให้เห็นถึงการแทรกสอดของน้ำทะเลที่เกิดจากอิทธิของน้ำขึ้น – น้ำลงจากพื้นท้องน้ำ และมีการผสมผสานกันบางส่วนระหว่างน้ำเค็มและน้ำจืด แตกต่างจากเดือนมิถุนายน และสิงหาคมที่อิทธิพลของน้ำจืดในแม่น้ำมีมากกว่าน้ำทะเล ค่าความเค็มจากระดับผิวน้ำถึงพื้นท้องน้ำจึงมีค่าต่ำมาก และไม่พบการเคลื่อนตัวของของน้ำทะเลจากอิทธิพลของน้ำขึ้น – น้ำลงในช่วงเวลาดังกล่าว (Meksumpun, 2015) ส่วนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำพบว่ามีค่าเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือมีค่าไม่น้อยกว่า 4 mg/Lโดยพบว่าที่ระดับผิวน้ำจะมีค่าสูงกว่าที่ระดับพื้นท้องน้ำส่วนค่าบีโอดีเฉลี่ยบริเวณปากแม่น้ำตราดพบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานคือ 2 mg/L (PCD, 1992)

ปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอย พบว่าสารอาหารกลุ่มไนโตรเจนมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยปริมาณแอมโมเนีย, ไนไตรท์และไนเตรทมีความสอดคล้องกัน อาจเนื่องมาจากเปลี่ยนรูปตามวัฏจักรไนโตรเจน จะเห็นว่าในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง สถานีบริเวณต้นน้ำพบว่ามีปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์สูง จากการปล่อยของเสียลงมาในช่วงเวลาดังกล่าว และจากข้อมูลของ DWR (2012) ที่ได้ศึกษาการรุกล้ำของน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้งพบว่าบางพื้นที่ไม่เหมาะต่อการนำน้ำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชตามปกติ แต่บางพื้นที่ใช้ประโยชน์โดยการระบายน้ำเสียจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งรวมถึงของเสียที่ได้จากชุมชนบ้านเรือนที่ไม่ผ่านการบำบัดลงสู่แม่น้ำโดยตรง ในช่วงที่มีการรุกล้ำของน้ำทะเลขึ้นไปยังต้นน้ำเนื่องจากอิทธิพลของน้ำขึ้น – น้ำลง ส่งผลทำให้บริเวณปากแม่น้ำมีค่าแอมโมเนีย และไนไตรท์สูงตามไปด้วย ต่างจากเดือนมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำมากที่พบปริมาณไนเตรทสูงตลอดลำน้ำเนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเกี่ยวกับการทำเกษตรกรรมปุ๋ยสังเคราะห์ที่มีสารกลุ่มไนเตรทของแอมโมเนียเป็นองค์ประกอบหลักจึงถูกชะล้างแผ่นดินลงสู่แม่น้ำ (PCD, 1998) และถูกพัดพาไปยังปากแม่น้ำด้วยแรงของน้ำท่า

เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสเฟตพบว่าไม่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล มีปริมาณสูงสุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีความสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียบริเวณต้นน้ำที่มีค่าสูงจากการปล่อยน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนและการทำเกษตรกรรมในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนบริเวณปากแม่น้ำที่พบว่าส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าสถานีอื่นๆ อาจเนื่องมาจากพื้นที่ป่าชายเลนที่มีความหนาแน่นเป็นแหล่งสะสมตะกอน และสารอาหารต่างๆ จากการศึกษาของ Chuaybumrung (2018) ที่ศึกษาการปลดปล่อยฟอสเฟตจากใบไม้ป่าชายเลนโดยการชะละลาย โดยพบว่าฟอสเฟสที่ปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอนินทรีย์ฟอสเฟตละลายน้ำ (DIP) ถึงร้อยละ 60 นอกจากฟอสเฟตจะเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้วยังจัดเป็นปัจจัยจำกัดของแม่น้ำตราด (Limiting factor) ที่มีความสำคัญต่อการควบคุมปริมาณผู้ผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำ ต่างจากปริมาณซิลิเกตที่มีค่าในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคมทุกสถานีซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำมาก อาจเกิดจากการพังทลายหรือการกัดเซาะริมฝั่งแม่น้ำแล้วถูกพัดพาตามปริมาณน้ำท่า โดยบริเวณปากแม่น้ำอาจมีการละลายกลับของซิลิเกตจากตะกอนพื้นทะเล หรือจากสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างแข็ง เช่น ไดอะตอม (Buranaprathepratt *et al*., 2017) และจากการศึกษาของ Pransilpa *et al*. (2014) ที่ศึกษาความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชบริเวณปากแม่น้ำตราด พบว่าจำนวนชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช กลุ่มไดอะตอมมีจำนวนชนิด และความหนาแน่นมากที่สุด เมื่อเทียบกับแพลงก์ตอนกลุ่มอื่นแตกต่างจากปริมาณตะกอนแขวนลอย ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เด่นชัดตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยจะมีค่าสูงบริเวณปากแม่น้ำ และระดับพื้นท้องน้ำมีค่าสูงกว่าระดับผิวน้ำ เนื่องจากแม่น้ำตราดมีลักษณะภูเขาล้อมรอบดินตะกอนที่เกิดจากการกัดเซาะ หรือพังทลายและอาจถูกชะล้างจากฝน อีกทั้งบริเวณปากแม่น้ำ และอ่าวตราดมีลักษณะดินโคลนเกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนท้องน้ำได้ง่ายทำให้แหล่งที่มาของตะกอนแขวนลอยมีแหล่งกำเนิดที่ไม่ชัดเจน




***ภาพที่ 5*** ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยรายเดือนสถานีตราดจังหวัดตราด
Meteorological Department of Thailand – TMD (2019).

ผลการศึกษาฟลักซ์สุทธิของน้ำ และสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน, มิถุนายน และตุลาคม ฟลักซ์สุทธิของน้ำ และสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำทุกชนิดมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาระหว่างระดับผิวน้ำและพื้นท้องน้ำ พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์ และเมษายน ฟลักซ์ที่ระดับผิวน้ำมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล ส่วนฟลักซ์ที่ระดับพื้นท้องน้ำมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำท่าที่มีน้อย จึงเกิดการรุกเข้าของน้ำทะเลที่ระดับ

พื้นท้องน้ำ เพราะน้ำทะเลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด ทิศทางการไหลของน้ำจึงสวนทางกัน ต่างจากเดือนมิถุนายน และสิงหาคมที่พบว่าฟลักซ์ที่ระดับผิวน้ำ และที่ระดับพื้นท้องน้ำมีทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับ เนื่องจากมีปริมาณน้ำท่าจากแม่น้ำตราดมาก และมีอิทธิพลมากกว่าอิทธิพลของน้ำทะเล พิจารณาได้จากค่าของความเค็มที่พบว่ามีค่าต่ำมากทั้งสองระดับชั้นน้ำ ส่วนเดือนตุลาคม พบว่าฟลักซ์ของน้ำ ฟลักซ์ของไนไตรท์และฟลักซ์ของฟอตเฟสที่ระดับผิวน้ำมีทิศทางไหลออกสู่ทะเล ส่วนระดับพื้นท้องน้ำมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ ต่างจากฟลักซ์ของแอมโมเนีย, ฟลักซ์ของไนเตรท และฟลักซ์ของซิลิเกต ที่มีทิศทางไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับชั้นน้ำ ส่วนเดือนธันวาคม พบว่าฟลักซ์สุทธิของน้ำ และฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำทั้งหมดทั้งสองระดับ เนื่องจากเดือนธันวาคมเป็นช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีฝนตกน้อย ปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำตราดมีอิทธิพลน้อยกว่าน้ำทะเล รวมถึงเป็นช่วงน้ำทะเลหนุน พิจารณาจากค่าความเค็มก็พบว่าเดือนธันวาคมมีค่าความเค็มสูงตั้งแต่สถานีจุดปากแม่น้ำจนถึงแม่น้ำตอนบน

ฟลักซ์ของแอมโมเนียมิทิศทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งสองระดับความลึก เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าฟลักซ์ในช่วงน้ำขึ้น – น้ำลงพบว่าฟลักซ์ของแอมโมเนียที่มีค่าสูงในช่วงที่มีทิศทางออกสู่ทะเลแสดงถึงอิทธิพลจากการชะล้างบนแผ่นดิน ส่วนฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอยพบว่ามีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำในเดือนกุมภาพันธ์, เมษายน และธันวาคม ส่วนเดือนมิถุนายน, สิงหาคม และตุลาคม มีทิศทางไหลออกสู่ทะเล โดยฟลักซ์ที่ระดับผิวน้ำและพื้นท้องน้ำมีทิศทางเช่นเดียวกับฟลักซ์สุทธิของน้ำ ยกเว้นเดือนเมษายน และธันวาคมที่ระดับผิวน้ำมีทิศทางไหลออกสู่ทะเลและระดับพื้นท้องน้ำมีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำที่เกิดจากการแบ่งชั้นน้ำตามความลึก จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่าตะกอนแขวนลอยมีแหล่งที่มาทั้งจากแม่น้ำและทะเล แต่จะมีค่าสูงเมื่อมีปริมาณน้ำท่ามากที่เป็นผลมาจากการฟุ้งกระจายและการกัดเซาะชายฝั่งตลอดลำน้ำ

ผลการศึกษาที่ได้ทำให้ทราบว่าสารอาหารที่ไหลลงสู่อ่าวตราดมีแหล่งที่มาทั้งจากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำมีการเจริญเติบโตและเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ ทำให้ระบบนิเวศมีความสมบูรณ์ จากสถิติการประมงแห่งประเทศไทย พบว่าในตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 - 2561 ปริมาณสัตว์น้ำเค็มขึ้นท่าของจังหวัดตราดมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดระยอง และจันทบุรี (Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2019) แต่ไม่ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำเนื่องจากปริมาณสารอาหารไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าไม่เกิน 4 mg/L บีโอดีมีค่าไม่เกิน 2 mg/L ปริมาณสารอาหารแอมโมเนียมีค่าไม่เกิน 0.5 mg N/L และปริมาณสารอาหารไนเตรทมีค่าไม่เกิน 5 mg N/L เป็นต้น ซึ่งจัดอยู่ในประเภทคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรม (PCD, 1992)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟลักซ์สุทธิของน้ำ สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยกับแม่น้ำอื่นๆ พบว่าฟลักซ์สุทธิบริเวณแม่น้ำตราดปี พ.ศ. 2561 กับแม่น้ำตราดปี พ.ศ.2556 มีแนวโน้มทิศทางการไหลของฟลักซ์แตกต่างกัน ในช่วงฤดูแล้งปี พ.ศ. 2556 ฟลักซ์สุทธิของฟอสเฟต, ซิลิเกต และตะกอนแขวนลอยมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำตาม ฟลักซ์ของน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเล ยกเว้นฟลักซ์สุทธิของแอมโมเนีย และไนโตรเจน ที่มีทิศทางการไหลออกสู่ทะเล อาจเกิดจากแหล่งกำเนิดสารที่ได้รับจากแผ่นดินมีปริมาณมาก ทำให้ผลการคำนวณฟลักซ์ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น – น้ำลง มีทิศทางที่สวนทางกัน (Kan-atireklarp *et al*., 2016) ส่วนปี พ.ศ. 2561 พบว่าฟลักซ์สุทธิของสารอาหารทุกชนิดในช่วงฤดูแล้งมีทิศ

ทางการไหลออกสู่ทะเลทั้งหมดตามฟลักซ์ของน้ำ เนื่องจากอิทธิพลของฝนและน้ำท่าเหนือกว่าอิทธิพลของน้ำทะเล ยกเว้นฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยที่มีทิศทางไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ อาจจะเกิดจากบริเวณอ่าวตราดที่มีลักษณะเป็นดินโคลน เกิดการฟุ้งกระจายได้ง่าย เมื่อน้ำทะเลรุกเข้าปากแม่น้ำจึงพัดพาตะกอนแขวนลอยในปริมาณมากเข้ามาด้วย ทำให้ผลการคำนวณฟลักซ์ของตะกอนแขวนลอยมีทิศทางการไหลสวนทางกับฟลักซ์ของน้ำ ส่วนในช่วงฤดูน้ำมากของแม่น้ำตราดทั้งสองปีพบว่ามีทิศทางการไหลของสารทุกชนิดออกสู่ทะเล ตามอิทธิพลของปริมาณฝนและน้ำท่าที่มีมากในช่วงดังกล่าว แต่ปริมาณของฟลักซ์ในปี พ.ศ. 2561 จะมีค่ามากกว่าปี พ.ศ. 2556 เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ และปริมาณของเสียที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน

***ตารางที่ 4*** ฟลักซ์ของน้ำ สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในวัฏจักรน้ำขึ้น – น้ำลง (25 ชั่วโมง) บริเวณปากแม่น้ำตราด และแม่น้ำในภาคตะวันออกตามฤดูกาล

| River | Year | Season | Fluxes | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Water | Ammonia | Nitrite + Nitrate | Phosphate | Silicate | TSS |
| | | | $10^6$ $m^3$/day | Kg N/day | Kg N/day | Kg P/day | Kg Si/day | Ton/day |
| Prasae[1,2] | 2010 | Dry | +0.15 | +137.32 | +218.92 | +70.29 | +8,195.15 | +103.66 |
| | | Wet | +0.43 | +201.98 | +437.28 | +101.31 | +2,209.12 | +63.21 |
| Rayong[3] | 2013 | Dry | +0.15 | +137.32 | -39.03 | +70.29 | +1,719.11 | +27.73 |
| | | Wet | +1.57 | +321.12 | +969.02 | +107.91 | +17,362.61 | +60.68 |
| Pangrad[6] | 2015 | Dry | +0.37 | +317.69 | +55.05 | +86.05 | +514.89 | +19.15 |
| | | Wet | +0.59 | +74.28 | +185.16 | +38.43 | -66.47 | +59.00 |
| Chanthabur[5] | 2013 | Dry | +14.26 | +1,044.05 | +192.31 | +85.92 | +6,194.80 | +687.51 |
| | | Wet | +31.97 | +1,341.01 | +7,903.48 | +357.71 | +170,008.69 | +623.86 |
| Trat[4] | 2013 | Dry | -2.57 | +1.7 | +16.82 | -0.06 | -49.80 | -52.2 |
| | | Wet | +30.56 | +597.09 | +5,000.15 | +164.71 | +76,008.31 | +1,524.88 |
| Trat | 2018 | Dry | +1.53 | +269.86 | +56.36 | +59.33 | +2,151.89 | -15.59 |
| | | Wet | +16.14 | +1,540.09 | +3,190.52 | +453.32 | +87,889.90 | +299.28 |

*หมายเหตุ* : หมายถึงมีทิศทางการไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำ, + หมายถึงมีทิศไหลออกสู่ทะเล

*ที่มา* : [1,2] Buranapratheprat *et al.* (2013)

[3,5] Kan-atireklarp *et al.* (2015)

[4] Kan-atireklarp *et al.* (2016)

[6] Kan-atireklarp *et al.* (2017)

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลของแม่น้ำตราดปี พ.ศ. 2561 กับแม่น้ำประแสร์, แม่น้ำระยอง, แม่น้ำพังราดและแม่น้ำจันทบุรี (ตารางที่ 4) พบว่าในช่วงฤดูแล้งฟลักซ์สุทธิของสารอาหารส่วนใหญ่บริเวณแม่น้ำตราดมีค่าน้อยกว่าแม่น้ำประแสร์, แม่น้ำระยอง, แม่น้ำพังราดและแม่น้ำจันทบุรี และมีทิศทางไหลออกสู่ทะเล (ยกเว้นฟลักซ์สุทธิไนโตรเจนของแม่น้ำระยอง และฟลักซ์สุทธิตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำตราด) ส่วนในช่วงฤดูน้ำมากพบว่าทุกแม่น้ำมีทิศทางของฟลักซ์สุทธิของสารทุกชนิดไหลออกสู่ทะเลตามอิทธิพลของปริมาณน้ำท่า ยกเว้นฟลักซ์ซิลิเกตของแม่น้ำพังราด โดยแม่น้ำตราดปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณฟลักซ์สุทธิของสารส่วนใหญ่มากกว่าแม่น้ำประแสร์, แม่น้ำระยอง และแม่น้ำพังราด แต่น้อยกว่าแม่น้ำจันทบุรี เนื่องจากแม่น้ำจันทบุรีมีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าแม่น้ำอื่น (Kan-atireklarp *et al.*, 2015) แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปริมาณฝนและน้ำท่าที่ทำให้แต่ละแม่น้ำมีความแปรฝันตามช่วงฤดูกาลคือมีค่าสูงในช่วงฤดูน้ำมาก และมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้ง (ยกเว้นฟลักซ์สุทธิซิลิเกตของแม่น้ำพังราด และฟลักซ์สุทธิตะกอนแขวนลอยของแม่น้ำจันทบุรี)

## สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำตราดในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 6 ครั้ง (กุมภาพันธ์, เมษายน, มิถุนายน, สิงหาคม, ตุลาคม และธันวาคม) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าปริมาณน้ำท่ามีผลต่อฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและตะกอนแขวนลอย โดยจะมีค่าสูงช่วงเดือนของฤดูน้ำมากและมีค่าต่ำในช่วงเดือนของฤดูแล้ง แหล่งที่มาของสารอาหารส่วนใหญ่มาจากทางตอนบนของแม่น้ำที่มีการใช้ประโยชน์พื้นที่ และจากการประเมินคุณภาพน้ำส่วนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนเตรท เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 คือ คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรม

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 1 (ตราด) สำนักงานทรัพยากรทางทะเล และชายฝั่งที่ 1กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง คุณมานพ ศิลาอาสน์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่สนับสนุนเครื่องมือและงบประมาณบางส่วนและกลุ่มสมุทรศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ช่วยในการทำวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

American Public Health Association - APHA. (1992). Standard methods for the Examination of water and Wastewater including Sediment and Sludges (18th Ed.). *American Public Health Association: American Water Works Association and the Water Environment Federation*, Washington DC., USA.

American Public Health Association – APHA (1998). Standard methods for the Examination of water and Wastewater (20th Ed.). *American Water Works Association and the Water Environment Federation*, Washington DC., USA.

Buranaprathepprat, A., Choetchoojun, Y., Kongmaung, N., Intacharoen, P., Kan-atireklarp, S. &Kunboa, V. (2013). Dissolved Inorganic Nutrient Fluxes at the Prasae River Mouth, Rayong Province in Wet and Dry Season in 2010. *Burapha Science Journal, 18*(2), 222-231. (in Thai)

Buranaprathepprat, A., Gunboa, V., Jintasaeranee, P., Thaipichitburupha, P. & Suriyaphan, J. (2017). *An assessment of dissolved inorganic nutrient fluxes delivered to the sea and relate water qualities from inside the river to the Bangpakong River mouth.* Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University. (in Thai)

Chuaybumrung, K. (2018). *Characteristic of Phosphorus Leaching from Mangrove Leaves Avicenniaalba* and *Rhizophoramucronata*. Retrieved August 11, 2019, from http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_5709030588_9295_11358.pdf. (in Thai)

Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2019). *FISHERIES STATISTICS OF THAILAND2017.* Retrieved March 11, 2020, from https://www.fisheries.go.th/strategy-stat/document-public. (in Thai)

Department of Marine and Coastal Resources – DMCR (2017). *Marine and Coastal Resources data in Trat province*. Retrieved July 11, 2019, from https://www.dmcr.go.th/detailLib/3768. (in Thai)

Department of Marine and Coastal Resources – DMCR (2018). *Mangrove resource situation in Trat province*. Retrieved July 10, 2019, from https://km.dmcr.go.th/th/c_1/s_409/d_19090. (in Thai)

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

Department Water Resources – DWR (2012). *Data collection and Analysis: Development project of 25 main watershed database and Drought and floods model, East Coast watershed*. Retrieved August 10, 2019, from http://mekhala.dwr.go.th/download/basin/18-eastsea.pdf. (in Thai)

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

Kan-atireklarp, S., Buranapratheprat, A., Yuenyong, S. & Komsai, T. (2015). 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., Buranapratheprat, A., Yuenyong, S., Komsai, T. & Tainaokong, N. (2015). Fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Chanthaburi River, Chanthaburi Province in dry and wet seasons in 2013.In *Proceedings of the 7thNational Science Research Conference*. (pp. 1-7).

Kan-atireklarp, S., Yuenyong, S., Meesub, B., Buranapratheprat, A., Meesup, A. & Kan-atireklap, S. (2016). Fluxes of dissolved inorganic nutrients and suspended sediment at the Trat River Mouth, Trat Province in dry and wet seasons in 2014. In *Proceedings of the 5th Marine Science Conference*.(pp. 221-228)

Kan-atireklarp, S., Yuenyong, S., Phothong, K., Chotchuang, P., Buranapratheprat, A. & Kan-atireklap, S. (2017). Fluxes of Dissolved Inorganic Nutrients and Total Suspended Solid at the Phangrad River Mouth, Rayong Province during Dry and Wet seasons in 2015.*Burapha Science Journal*. *22*(3), 500-509. (in Thai)

Meksumpun, C. (2015). From Upstream to Estuary: Hydro-ecological Functions and Conservative Management. (1). Thailand: The Faculty of Fisheries, Kasetsart University.

Meteorological Department of Thailand – TMD (2019). *Monthly rainfall data; Trat station*. Bangkok, Thailand.

Pollution Control Department - PCD (1992). *Standards water quality*. Retrieved August 20, 2019, from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html.(in Thai)

Pollution Control Department - PCD (1998). *Nitrate, Nitrite and N-nitroso compounds*. Retrieved December 2, 2019, from http://infofile.pcd.go.th/haz/55-Nitrate.pdf. (in Thai)

Poonapa-amporn, C. & Thaipichitburupha, P. (2018). Assessment of water and sediment quality in Trat Bay, Trat Province. *KhonKaen Agriculture Journal.46*(1). 273-278. (in Thai)

Pransilpa, M., Arsiranant, I. & Chuenniyom, W. (2014). Species diversity and abundance of phytoplankton in the Estuaries of Trat, Chantaburi and Rayong River. In *Proceedings of the 4th Marine Science Conference*. (pp. 38-47). (in Thai)

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

Trat Provincial Governor's Office. (2017). *Resource production data of Tratprovince.* Retrieved July 22, 2019, from http://www.trat.go.th/newweb2018/pages/manufacturing.html.(in Thai)