



**โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์**

ชื่อโครงการ	แบบจำลองการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี Salt intrusion modeling at Prانبური River Mouth		
ชื่อนิสิต	นางสาวธันสรณ์ โตข้า	เลขประจำตัว	6032812223
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล		
ปีการศึกษา	2563		

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบจำลองการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี

นางสาว ธนัสสรณ์ โตข้า

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563


Salt intrusion modeling at Pranburi River Mouth

Thanatsorn Thokum


A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science in Marine Science
Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2020


ชื่อโครงการ แบบจำลองการรูกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี
ชื่อนิสิต นางสาว ธนัสสรณ์ โตคำ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สุรียันท์ สาระมูล
ปีการศึกษา 2563
ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

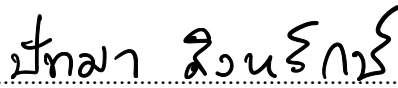
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรบัณฑิต ในรายวิชา 2309499 โครงการวิทยาศาสตร์

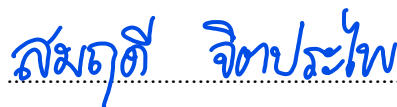

..... หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
(ศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิทยาญจน์)

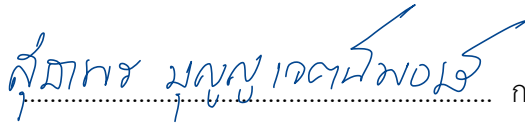
คณะกรรมการสอบโครงการ


..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรียันท์ สาระมูล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุขนา ชวนิชย์)



..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัทมา สิงห์ทรัพย์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมฤดี จิตประไพ)



..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุชาพร บุญญเจตน์พงษ์)

Project Title Salt intrusion modeling at Pranburi River Mouth
Name Thanatsorn Thokum
Advisor Assistant Professor Suriyan Saramul, Ph.D.
Academic Year 2020
Department Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Requirement Bachelor's Degree.


..... Head of Marine Science Department
(Prof. Voranop Viyakarn, Ph.D.)

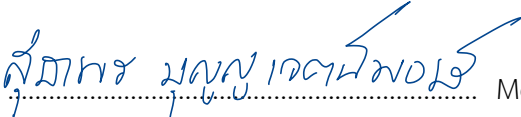
Project committee


..... Project Advisor
(Asst. Prof. Suriyan Saramul, Ph.D.)


..... Member
(Assoc. Prof. Suchana Chavanich, Ph.D.)


..... Member
(Asst. Prof. Patama Singhruck, Ph.D.)


..... Member
(Asst. Prof. Somrudee Jitpraphai, Ph.D.)


..... Member
(Sutaporn Bunyajetpong, Ph.D.)

ชื่อโครงการ	แบบจำลองการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี
ชื่อนิติ	นางสาว ธนัสสรณ์ โตขำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุริยวัฒน์ สารมุล
ปีการศึกษา	2563
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ความต้องการใช้น้ำจืดในการอุปโภคบริโภค เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำปราณบุรี ซึ่งเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กในปริมาณสูงบวกกับบริเวณต้นน้ำยังมีเขื่อนปราณบุรีที่มีการกักเก็บน้ำเพื่อใช้เป็นแหล่งน้ำต้นทุน อาจส่งผลให้เกิดปัญหาการรุกของน้ำเค็มในพื้นที่ลุ่มน้ำปราณบุรีได้โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง ที่การปล่อยน้ำจากเขื่อนมีปริมาณน้อยดังนั้นการศึกษาปัญหาการรุกของน้ำเค็มในบริเวณลุ่มน้ำปราณบุรีจึงมีความจำเป็นประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ ในการศึกษาจะใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ Delft3D-FLOW เพื่อพิจารณาการเคลื่อนตัวของความเค็มจากทะเลสู่แม่น้ำปราณบุรีโดยใช้ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง ความเค็มบริเวณขอบเขตเปิดด้านทะเล และปริมาณน้ำท่าจากเขื่อนปราณบุรีบริเวณขอบเขตเปิดของต้นน้ำ และลมที่ผิวเป็นแรงขับ ผลการศึกษาพบว่า การรุกของน้ำเค็ม (เปรียบเทียบตำแหน่งที่ไกลที่สุดในแม่น้ำที่พบความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt) สัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยน้ำของเขื่อนปราณบุรี กล่าวคือในช่วงที่มีการปล่อยน้ำจากเขื่อนน้อย (เดือนมกราคม กรกฎาคม และธันวาคม) ค่าความเค็มจะสามารถรุกเข้าไปในแม่น้ำ ได้มากกว่าช่วงที่มีการปล่อยน้ำจากเขื่อนมาก (ปลายเดือนสิงหาคมถึงกลางเดือนพฤศจิกายน) เนื่องจากปริมาณน้ำดังกล่าวจะดันน้ำเค็มไม่ให้รุกเข้าสู่แม่น้ำ และจะสามารถรุกเข้าไปในแม่น้ำได้ไกลมากขึ้นเมื่อกำหนดให้ระดับน้ำที่ขอบเขตเปิดด้านทะเลมีค่าสูงขึ้น (เพิ่มค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง) แต่อย่างไรก็ตามตำแหน่งการรุกของน้ำเค็มจากแบบจำลองยังมีค่าแตกต่างจากการสำรวจภาคสนาม ดังนั้นจึงพิจารณาดึงน้ำออกจากต้นน้ำ (แทนการสูบน้ำไปประใช้ประโยชน์ระหว่างทางของประชาชน) ในแบบจำลอง พบว่าค่าความเค็มสามารถรุกเข้าไปได้ไกลมากกว่าแบบจำลองที่เพิ่มค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง และไม่ได้มีการสูบน้ำออก และค่าการรุกมีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการสำรวจภาคสนามมากขึ้น ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปศึกษาต่อยอดและใช้ในการบริหารจัดการการปล่อยน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และป้องกันการรุกของน้ำเค็มบริเวณแม่น้ำปราณบุรีได้

คำสำคัญ: Delft3D-FLOW, การเปิด-ปิดเขื่อน

Project Title	Salt intrusion modeling at Pranburi River Mouth
Name	Thanatsorn Thokum
Advisor	Suriyan Saramul, Assistant Professor
Academic Year	2020
Department	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Abstract

High demand of freshwater for consumption, agriculture, and industry in the Pranburi River Basin, a small river basin, together with the Pranburi dam upstream may result in saltwater intrusion problems in the Pranburi River Basin, especially during the dry season, when small water discharge from the dam is released. Therefore, the study of saltwater intrusion problems in the Pranburi River Basin is necessary for the people living in the area. In the study, the Delft3D-FLOW hydrodynamic model was used to determine the penetration of salinity from the sea into Pranburi River by using tides and salinity in the sea, the amount of runoff from Pranburi Dam at the upstream river as forcings, and wind as the surface force. The results of this study showed that saltwater intrusion (compare to the closest position in the river where the salinity was approaching 0 ppt) was related to the water discharge from Pranburi Dam. During the low water release from the dam (January, July, and December), the saltwater can intrude to the river more than when more water release from the dam (late August to mid-November), because the amount of fresh water will prevent the salt water from entering the river. When raising the mean sea level at the open boundary of the model, saltwater can intrude farther to the river. However, the intrusion position of the model has differed from the field survey. Therefore, drawing water from the upstream in the model (to represent pumping water used along the way by people) was taken into consideration. It was found that the salinity could intrude farther than the model that increased the mean sea level and the model without drawing water out upstream. In addition, the intrusion position was closer to the field survey. The results of this study can be further studied and used in water resource management for use in agriculture, industry and to prevent saltwater intrusion in the Pranburi River.

Keywords: Delft3D-FLOW, Dam regulation

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้ไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากขาดการช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณคณาจารย์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุริยพันธ์ สารมุล เป็นอย่างสูงที่กรุณาช่วยให้คำแนะนำ คำปรึกษาอันเป็นแนวทางในการทำงาน เพื่อสร้างแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.สุจารี บุรีกุล, พี ศิริพัชร ยิงอริยกุล, นางสาว ชูตามาศ เจริษพร และ นางสาว ธนาภา เนียมสูงเนิน ที่ให้คำปรึกษา แนะนำในการเตรียมและวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงออกเก็บตัวอย่างภาคสนาม และให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณนางสาว จิราภา อังศุรพฤกษ์ สำหรับข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่เปิดเพื่อใช้เปรียบเทียบและสอบทวนข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่ปิดของแบบจำลอง รวมถึงการให้คำปรึกษา และเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. ขวลิต เจริญพงษ์ สำหรับข้อมูลความเค็มจากการสำรวจภาคสนามในเดือนมีนาคม 2564 เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบข้อมูลการรุกของน้ำเค็ม

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมฤดี จิตประไพ ที่สละเวลาอันมีค่าในการจัดการและประสานงานโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ในครั้งนี้ ซึ่งอยู่ในช่วงระยะเวลาการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-19 (COVID-19) ที่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานและการนำเสนอในครั้งนี้ รวมถึงกำลังใจและการสนับสนุนในด้านต่างๆตลอดมา

ขอขอบคุณเจ้าของบทความ งานวิจัย ผู้เขียนหนังสือต่างๆ ที่ได้ให้ความรู้ในการทำโครงการได้เป็นอย่างดี ตลอดจนทุนอุดหนุนโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับโครงการนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน เพื่อนๆ และบุคลากรทั้งในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล และรั้วจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกคน ที่สละเวลาให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกและให้ข้อเสนอแนะแก่มิติดในการปฏิบัติงานและการนำเสนอผลงานในครั้งนี้ จนกระทั่งโครงการสำเร็จ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยมอบความรัก ดูแลเอาใจใส่ ให้กำลังใจและคำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนสนับสนุนด้านการศึกษาจนประสบผลสำเร็จ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
Abstract.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การรูกของน้ำเค็ม.....	3
2.2 อิทธิพลของลมที่มีผลต่อการรูกของน้ำเค็ม.....	3
2.3 อิทธิพลของน้ำท่าที่มีผลต่อการรูกของน้ำเค็ม.....	5
2.4 Delft3D-FLOW.....	5
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	7
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	7
3.2 ข้อมูลระดับน้ำ.....	7
3.3 การสร้างแบบจำลองการรูกของน้ำเค็ม.....	8
3.3.1 เตรียมเส้นขอบฝั่งและความลึกน้ำสำหรับแบบจำลอง.....	8
3.3.2 ข้อมูลระดับน้ำที่ขอบเขตเปิด.....	9
3.3.3 ข้อมูลความเค็มที่ขอบเขตเปิด.....	10
3.3.4 การเปรียบเทียบและทวนสอบแบบจำลองปากแม่น้ำปราณบุรี.....	11

3.3.5 ข้อมูลลม	11
3.2.6 จำลองการรุกรกของน้ำเค็มในบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี.....	11
บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล.....	13
4.1 การเปรียบเทียบและสอบทวนแบบจำลอง.....	13
4.2 แบบจำลองการรุกรกของน้ำเค็ม	14
4.2.1 ผลการศึกษา กรณี Baseline Model.....	14
4.2.2 ผลการศึกษา กรณี A0 Model.....	23
4.2.3 ผลการศึกษา กรณี Withdraw Model.....	32
4.3 วิจารณ์ผลการศึกษา	40
บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	42
เอกสารอ้างอิง.....	43

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการเกิดการรุกของน้ำเค็มที่มีอิทธิพลมาจากการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ 3

รูปที่ 2.2 แสดงแบบจำลองการเปรียบเทียบการกระจายตัวของความเค็มเฉลี่ยที่ผิวน้ำเมื่อไม่มีอิทธิพลของลม และเมื่อมีอิทธิพลของลม จากการศึกษาของ Xue et al. (2009) 4

รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบความเค็มจากการใช้กริด 2019 (เส้นสีเขียว) และกริด 1995 (เส้นสีแดง) ในช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าน้อย (case a และ case c) และช่วงที่มีน้ำท่าปกติ (case b และ case d) จากการศึกษาของ Zhang et al. (2021) 5

รูปที่ 3.1 แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์..... 7

รูปที่ 3.2 แสดงจุดสำรวจความเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี (ชวลิต เจริญพงษ์, 2564)..... 8

รูปที่ 3.3 แสดงการ Digitize เส้นชายฝั่งและความลึกท้องน้ำบางส่วนของแม่น้ำปราณบุรี จากแผนที่การขุดลอกร่องน้ำผ่านโปรแกรม Surfer..... 8

รูปที่ 3.4 แสดง grid ที่สร้างตามแนวชายฝั่งตลอดลำน้ำจากโปรแกรม Delft3D ที่ใช้ในการทำแบบจำลอง..... 9

รูปที่ 3.5 แสดงการ interpolate จุดความลึกน้ำให้เป็นความลึกน้ำทั้งพื้นที่ศึกษา 9

รูปที่ 3.6 แสดงปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2546-2563 จากเขื่อนปราณบุรี (กรมชลประทาน, 2564) 10

รูปที่ 3.7 แสดงขนาดและทิศทางของลมตลอดหนึ่งปีที่ใช้ในแบบจำลอง 11

3.2.6.1 Baseline Model..... 11

3.2.6.2 A0 Model 12

3.2.6.3 Withdraw Model..... 12

รูปที่ 4.1 แสดงผลของระดับน้ำและองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลตรวจวัด (สีน้ำเงิน) และแบบจำลอง (สีแดง) จากการปรับเทียบแบบจำลอง 13

รูปที่ 4.2 แสดงผลของระดับน้ำและองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลตรวจวัด (สีน้ำเงิน) และแบบจำลอง (สีแดง) จากการทวนสอบแบบจำลอง 14

รูปที่ 4.3 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนมกราคม-มีนาคม ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง..... 15

รูปที่ 4.4 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนเมษายน-มิถุนายน ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง 16

รูปที่ 4.5 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนกรกฎาคม-กันยายน ปีที่ 2 ของการ
 รันแบบจำลอง 17

รูปที่ 4.6 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนตุลาคม-ธันวาคม ปีที่ 2 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 18

รูปที่ 4.7 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนมกราคม-มีนาคม ปีที่ 3 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 19

รูปที่ 4.8 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนเมษายน-มิถุนายน ปีที่ 3 ของการ
 รันแบบจำลอง 20

รูปที่ 4.9 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนกรกฎาคม-กันยายน ปีที่ 3 ของการ
 รันแบบจำลอง 21

รูปที่ 4.10 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนตุลาคม-ธันวาคม ปีที่ 3 ของการ
 รันแบบจำลอง 22

รูปที่ 4.11 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนมกราคม - มีนาคม ปีที่ 2 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 24

รูปที่ 4.12 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนเมษายน - มิถุนายน ปีที่ 2 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 25

รูปที่ 4.13 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนกรกฎาคม - กันยายน ปีที่ 2 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 26

รูปที่ 4.14 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนตุลาคม - ธันวาคม ปีที่ 2 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 27

รูปที่ 4.15 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนมกราคม - มีนาคม ปีที่ 3 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 28

รูปที่ 4.16 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนเมษายน - มิถุนายน ปีที่ 3 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 29

รูปที่ 4.17 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนกรกฎาคม - กันยายน ปีที่ 3 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 30

รูปที่ 4.18 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนตุลาคม - ธันวาคม ปีที่ 3 ของการรัน
 แบบจำลอง..... 31

รูปที่ 4.19 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนมกราคม - มีนาคม ปีที่ 2 ของ การรันแบบจำลอง	33
รูปที่ 4.20 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนเมษายน - มิถุนายน ปีที่ 2 ของ การรันแบบจำลอง	34
รูปที่ 4.21 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนกรกฎาคม - กันยายน ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง.....	35
รูปที่ 4.22 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนตุลาคม - ธันวาคม ปีที่ 2 ของ การรันแบบจำลอง	36
รูปที่ 4.23 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนมกราคม - มีนาคม ปีที่ 3 ของ การรันแบบจำลอง	37
รูปที่ 4.24 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนเมษายน - มิถุนายน ปีที่ 3 ของ การรันแบบจำลอง	38
รูปที่ 4.25 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง.....	39

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณการปล่อยน้ำท่าจากเขื่อนรายเดือนเปรียบเทียบกับการรูกของน้ำเค็มจากโมเดลทั้ง 3 กรณี.....	40
ตารางที่ 4.2 แสดงระยะทางการรูกของน้ำเค็มจากปากแม่น้ำของโมเดลและข้อมูลตรวจวัด เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564	41

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงเป็นหนึ่งในตัวแปรที่สำคัญต่อการรุกรานของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งหากมีความต่างของระดับน้ำต่อน้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุดมีมาก จะทำให้มีการรุกของน้ำเค็มเข้าไปในแม่น้ำมาก แต่หากมีความต่างน้อยจะทำให้การรุกของน้ำเค็มเข้าไปในแม่น้ำน้อยเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางธรรมชาติอื่นๆ เช่น ลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ ความลึกต้นของลำน้ำ ฤดูกาล และปัจจัยที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น การผันน้ำจืดจากต้นน้ำไปใช้ การสร้างเขื่อน ที่มีผลต่อการรุกของน้ำเค็ม (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ องค์การมหาชน, 2559)

แม่น้ำปราณบุรี เป็นแม่น้ำสายสำคัญของอำเภอปราณบุรี ที่มีแหล่งกำเนิดจากเทือกเขา ตะนาวศรีทางทิศตะวันตกก่อนจะไหลลงสู่อ่าวไทย ถือเป็นแหล่งน้ำจืดหลักสำหรับป้าบกและป้าชายเลนบริเวณป่าแม่น้ำปราณบุรี ที่นำพาธาตุและสารอาหารมาหล่อเลี้ยงสิ่งมีชีวิตบริเวณนี้ (ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี, 2560) ชาวบ้านบริเวณนี้ใช้น้ำประปาที่ผลิตจากแม่น้ำปราณบุรี ตัวอ่อนสิ่งมีชีวิตใช้ป้าชายเลนเป็นที่เจริญเติบโต ซึ่งการรุกของน้ำทะเลมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวต่อความเค็มได้น้อย เนื่องจากน้ำที่รุกเข้าไปในแม่น้ำมากขึ้น จะทำให้อัตราส่วนของน้ำจืดและน้ำเค็มใต้ดินเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้น้ำประปาที่ชาวบ้านใช้มีความกร่อยมากขึ้น รวมถึงจะทำให้มีผู้ล่าจากทะเลเข้ามาในแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำมากขึ้น ในระยะยาวจะทำให้ปริมาณตัวอ่อนมีจำนวนลดน้อยลง อีกทั้งต้นไม้ในป้าชายเลนต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการขับเกลือออก ทำให้พันธุ์ไม้หยุดการเจริญเติบโต (ศูนย์การศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี, 2562)

วิธีการศึกษาการรุกของน้ำเค็มสามารถทำได้ 2 วิธี คือ จากการสำรวจภาคสนาม และจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ โดยการศึกษาในครั้งนี้จะเลือกใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ เนื่องจากสามารถคำนวณปริมาณน้ำจืดที่ปล่อยจากเขื่อนปราณบุรี และลักษณะการรุกของน้ำเค็มตามแม่น้ำได้ ซึ่งการศึกษารุกของน้ำเค็มเป็นข้อมูลที่สำคัญและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องต่างๆ ต่อได้ อาทิเช่น ใช้ประกอบการศึกษาเกี่ยวกับการอนุบาลสัตว์น้ำ และการลงเกาะของตัวอ่อน เช่น ตัวอ่อนลูกปู เป็นต้น (Roberth and Blaber 1992; อธิฉนิกพรหมทอง, 2546) ซึ่งพบว่าบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรีมีธนาคารปูม้า และมีการปล่อยลูกปูมาลงสู่ทะเลอีกด้วย หากมีการปล่อยลูกปูม้าในช่วงความเค็มที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้อัตราการรอดชีวิตของลูกปูม้ามีค่าต่ำได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกเวลาในการปล่อยให้เหมาะสม การศึกษาในครั้งนี้นี้จึงจะช่วยเป็นข้อมูลที่สำคัญโดยใช้แบบจำลองประเมินการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษารุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรีด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

สร้างแบบจำลองการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี ครอบคลุมพื้นที่ละติจูดที่ 12.36°N ถึง 12.45°N และลองจิจูดที่ 99.85°E ถึง 100.02°E โดยใช้แบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ Delft3D-FLOW

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

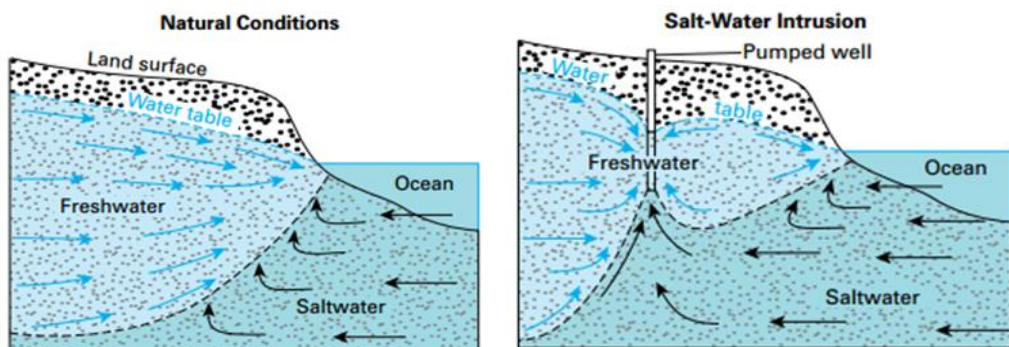
1. ทราบข้อมูลการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี ซึ่งอาจมีผลต่อประชาชนและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณปากแม่น้ำ
2. นำข้อมูลการรุกของน้ำเค็มไปต่อยอดและใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ต่อไป เช่น อาจนำไปใช้ในการจัดการกับการเปิดปิดประตูเขื่อน

บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 การรุกของน้ำเค็ม

การรุกของน้ำเค็มเป็นหนึ่งในปัญหาหลักของการจัดการชายฝั่งที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติโดยอาจมีการกระตุ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งกระบวนการรุกของน้ำเค็มเกิดจากการที่น้ำเค็มมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืดทำให้มวลน้ำเค็มจมตัวลงและเคลื่อนไปแทนที่น้ำจืดด้านล่าง ซึ่งปริมาณน้ำจืดใต้ดินที่มากพอที่ถูกปล่อยสู่ชายฝั่งจะสามารถช่วยป้องกันการรุกรานของน้ำเค็มได้ หากมีการสูบน้ำจืดออกจากระบบชั้นน้ำมากเกินไป น้ำเค็มจะสามารถเคลื่อนตัวจากชายฝั่งไปได้ไกลโดยกระบวนการที่เรียกว่า “การบุกรุกของน้ำเค็ม” หากบ่อสูบน้ำที่ใช้สำหรับการอุปโภคบริโภคอยู่ใกล้กับบริเวณที่น้ำเค็มเคลื่อนตัวมา น้ำเค็มก็อาจเข้าสู่แหล่งน้ำจืดและปนเปื้อนแหล่งจ่ายน้ำได้ (United States Geological Survey [USGS], [n.d.])

ตามรายงานของ UN ประชากรโลกประมาณ 40% อาศัยอยู่ห่างจากชายฝั่งหรือในพื้นที่ปากแม่น้ำไม่เกิน 100 กม. แหล่งน้ำดื่มทั่วไปสำหรับชุมชนชายฝั่งเหล่านั้นคือการสูบน้ำใต้ดิน หากความต้องการใช้น้ำมากกว่าปริมาณน้ำใต้ดินที่มีอยู่ ซึ่งมักเกิดขึ้นในพื้นที่ชายฝั่งที่มีประชากรหนาแน่น น้ำที่สูบจะมีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น อันเป็นผลมาจากการสูบน้ำมากเกินไปทำให้แหล่งน้ำใต้ดินปนเปื้อนด้วยน้ำเค็มมากเกินไปซึ่งไม่เหมาะสมต่อการบริโภคของมนุษย์ (Artal, 2018)



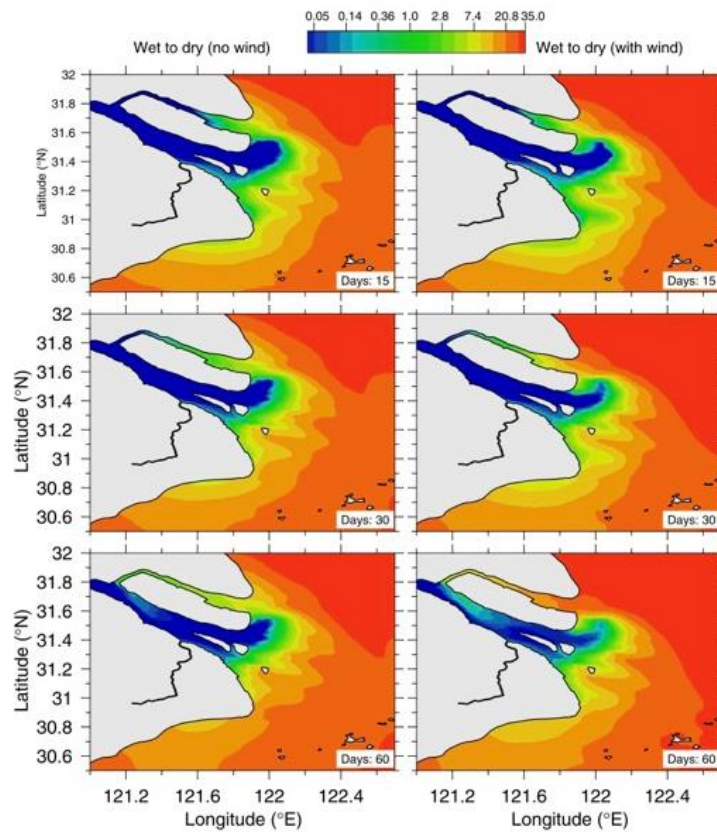
รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการเกิดการรุกของน้ำเค็มที่มีอิทธิพลมาจากการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้

2.2 อิทธิพลของลมที่มีผลต่อการรุกของน้ำเค็ม

ลม เกิดขึ้นจากการแทนที่ของอากาศในบริเวณที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดอากาศ โดยมีการเคลื่อนที่ขนานกับพื้นผิวโลก สาเหตุส่วนหนึ่งของระบบลมเกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดแรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศ ทำให้เกิดแรงที่ชื่อว่า “คอริโอลิส” ซึ่งเป็นแรงที่ทำมุมตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ โดยจะกระทำด้านขวาในซีกโลกเหนือและด้านซ้ายในซีกโลกใต้ จะมีค่าสูงบริเวณขั้วโลกและค่าเป็นศูนย์บริเวณเส้นศูนย์สูตร (การไฟฟ้าฝ่ายผลิต, 2559)

กระแสน้ำเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ เนื่องจากเกิดแรงเสียดทานระหว่างอากาศกับผิวน้ำ โดยพลังงานจากอากาศจะถูกถ่ายเทลงสู่ผิวน้ำ ทำให้กระแสน้ำจะพัดไปทางเดียวกันกับกระแสน้ำ ซึ่งในซีกโลกเหนือกระแสน้ำจะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา และจะเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2553)

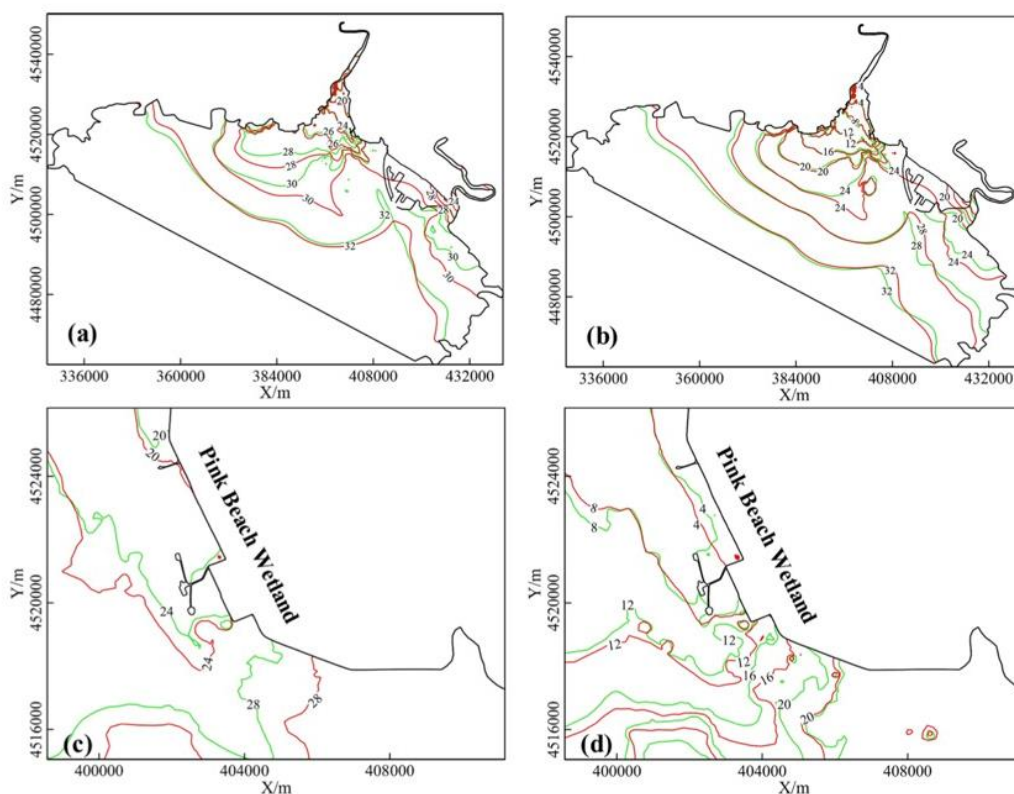
จากการศึกษาบริเวณปากแม่น้ำ Pearl ประเทศจีน ของ Gong et al. (2018) รายงานว่าเมื่อใส่อิทธิพลของลมเข้าไปในแบบจำลอง การบุงกรุกของน้ำเค็มก็จะเพิ่มมากขึ้น 6.7 กิโลเมตร เทียบกับก่อนที่จะใส่อิทธิพลของลมเข้าไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Xue et al. (2009) ที่ทำการศึกษาริมปากแม่น้ำ Changjiang ประเทศจีน ที่การรุกของน้ำเค็มเพิ่มมากขึ้น โดยยั้งเกิดจากค่าความเค็มที่เพิ่มขึ้นประมาณ 2.27 psu เมื่อเพิ่มอิทธิพลของลมเข้าไปในแบบจำลองแบบจำลอง



รูปที่ 2.2 แสดงแบบจำลองการเปรียบเทียบการกระจายตัวของความเค็มเฉลี่ยที่ผิวน้ำเมื่อไม่มีอิทธิพลของลม และเมื่อมีอิทธิพลของลม จากการศึกษาของ Xue et al. (2009)

2.3 อิทธิพลของน้ำท่าที่มีผลต่อการรุกของน้ำเค็ม

จาก ภัทรพร ทองน่ม และ ภควัต ลำจวน (2559) ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำพิจารณาจากปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นในแม่น้ำและลำน้ำต่างๆ ในธรรมชาติ ซึ่งก็คือปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำที่ถูกปล่อยมาจากเขื่อน โดยยังไม่ได้หักลบกับการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆออกไป และจาก Zhang et al. (2021) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของน้ำท่าและการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่มีผลต่อการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำ Liao กล่าวว่าปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำมีผลต่อการรุกของน้ำเค็ม ยิ่งน้ำท่ามีปริมาณลดลงจะยิ่งส่งผลให้การรุกของน้ำเค็มเพิ่มขึ้น และหากช่วงที่มีการปล่อยมาก ปริมาณน้ำท่าก็จะผลักดันน้ำเค็มไม่ให้รุกเข้ามาในแม่น้ำมากเกินไป



รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบความเค็มจากการใช้กริด 2019 (เส้นสีเขียว) และกริด 1995 (เส้นสีแดง) ในช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าน้อย (case a และ case c) และช่วงที่มีน้ำท่าปกติ (case b และ case d) จากการศึกษาของ Zhang et al. (2021)

2.4 Delft3D-FLOW

Delft3D-FLOW เป็นแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ ซึ่งสามารถจำลองการไหลการเคลื่อนย้ายตะกอน คลื่น คุณภาพน้ำ การพัฒนาทางสัณฐานวิทยา และนิเวศวิทยา แบบ 2 มิติ และ 3 มิติสำหรับพื้นที่ชายฝั่งแม่น้ำ และบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งคำนวณการไหลที่ไม่คงที่และปรากฏการณ์เคลื่อนที่ของของไหล เป็นผลมาจากกระแสน้ำและสภาพทางอุทุนิยมวิทยา (Delteres, 2014)

Delft3D ใช้พื้นฐานสมการของ Reynolds averaged Navier Stokes equations (RANS) โดย Putzu et al (2019) ได้แก้สมการ RANS ในรูปแบบดั้งเดิมของ hydrostatic ได้ว่า:

$$\nabla \cdot u = 0 \quad (1)$$

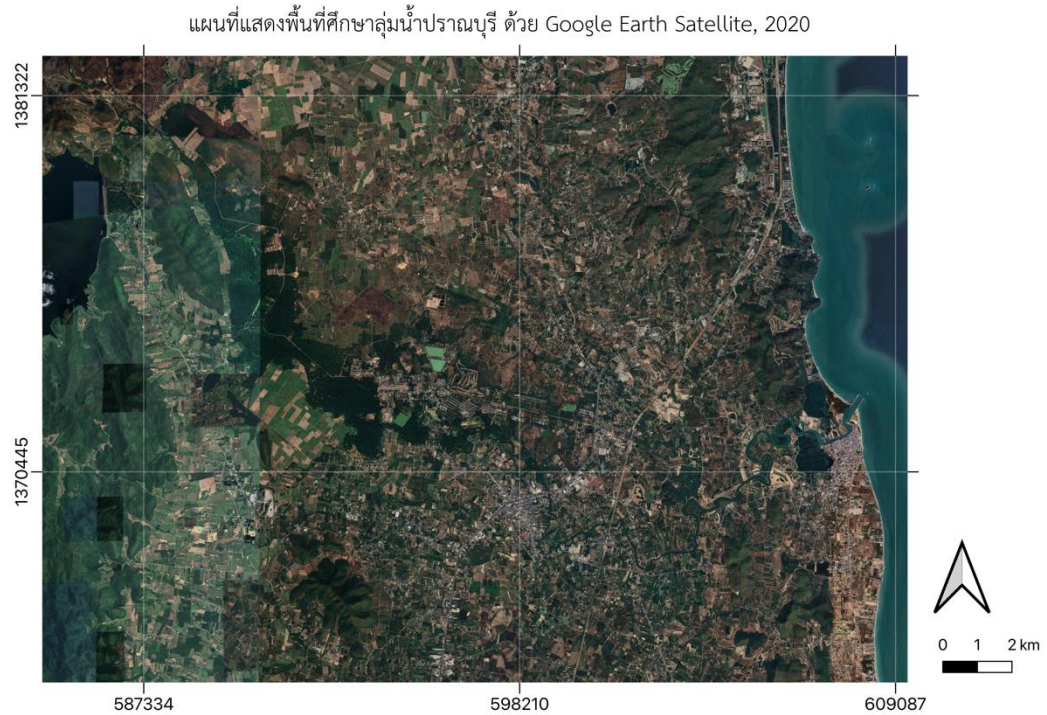
$$\frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla) u = -\frac{1}{\rho_0} \nabla p + g + \nu \nabla^2 U + \nabla \cdot T^R, \quad (2)$$

เมื่อ	μ	คือ เวกเตอร์ความเร็วเฉลี่ย
	p	คือ ความดัน
	ρ_0	คือ ความหนาแน่นคงที่
	g	คือ เวกเตอร์แรงโน้มถ่วง
	ν	คือ ความหนืดจลศาสตร์
	T^R	คือ Reynolds stress tensor

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น แผนที่ความลึก ระดับน้ำ กระแสน้ำ และความเค็ม เป็นต้น และการทำแบบจำลองการรุกของน้ำเค็มด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

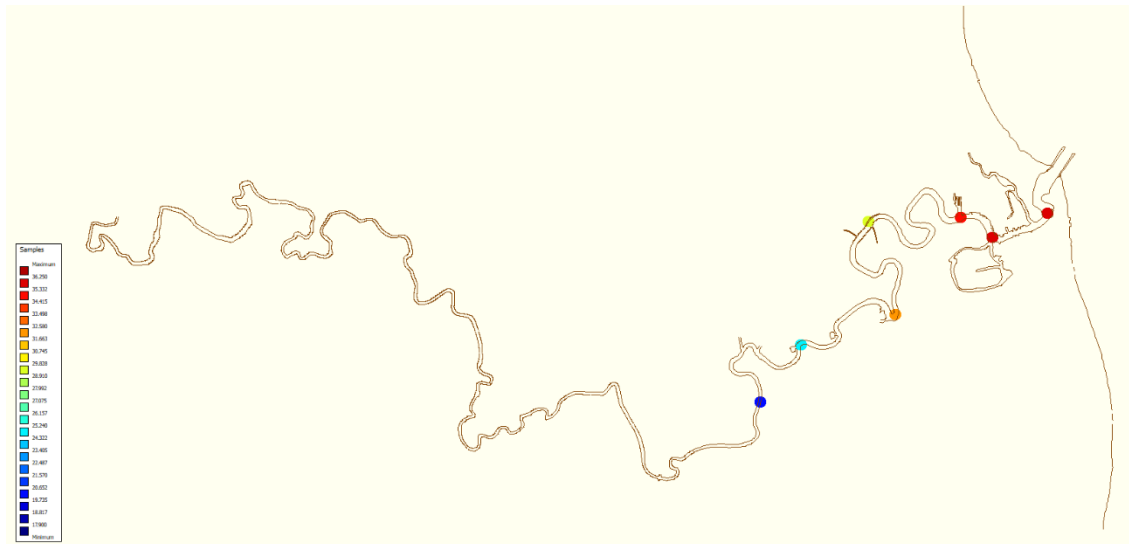
3.1 พื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3.1 แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

3.2 ข้อมูลระดับน้ำ

ใช้ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากสถานีปราณบุรี โดยใช้ข้อมูลเดือนมีนาคม พ.ศ. 2548 เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับเทียบ (Calibration) และ ใช้ข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 สำหรับการทวนสอบ (Validation) แบบจำลอง



รูปที่ 3.2 แสดงจุดสำรวจความเค็มบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี (ชวลิต เจริญพงษ์, 2564)

3.3 การสร้างแบบจำลองการรุกของน้ำเค็ม

3.3.1 เตรียมเส้นขอบฝั่งและความลึกน้ำสำหรับแบบจำลอง

ใช้โปรแกรม Surfer ในการเตรียมเส้นขอบเขตขอบแบบจำลอง (ชายฝั่งทะเลและแม่น้ำ) และความลึกน้ำของแบบจำลองปากแม่น้ำปราณบุรี ด้วยการ digitize แผนที่ความลึกน้ำบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรีของกรมเจ้าท่า

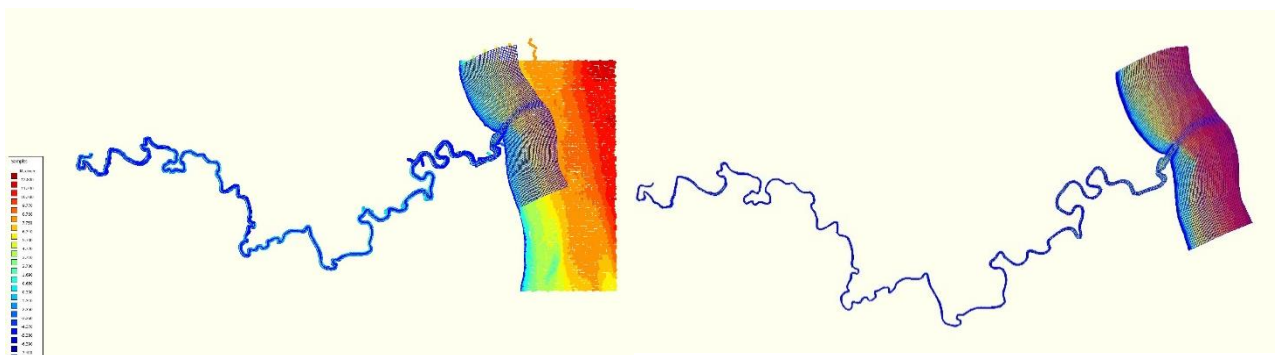


รูปที่ 3.3 แสดงการ Digitize เส้นชายฝั่งและความลึกท้องน้ำบางส่วนของแม่น้ำปราณบุรี จากแผนที่การขุดลอกร่องน้ำผ่านโปรแกรม Surfer

จากนั้นใช้โปรแกรม RGFGRID ในการสร้าง grid ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา และใช้ข้อมูลจุดความลึกพื้นที่
ท้องน้ำที่ได้จากการ digitize มาทำการ interpolate ลงในกริดของแบบจำลองด้วยโปรแกรม QUICKIN
เพื่อให้ได้ข้อมูลความลึกน้ำทั้งพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3.4 แสดง grid ที่สร้างตามแนวชายฝั่งตลอดลำน้ำจากโปรแกรม Delft3D ที่ใช้ในการทำแบบจำลอง



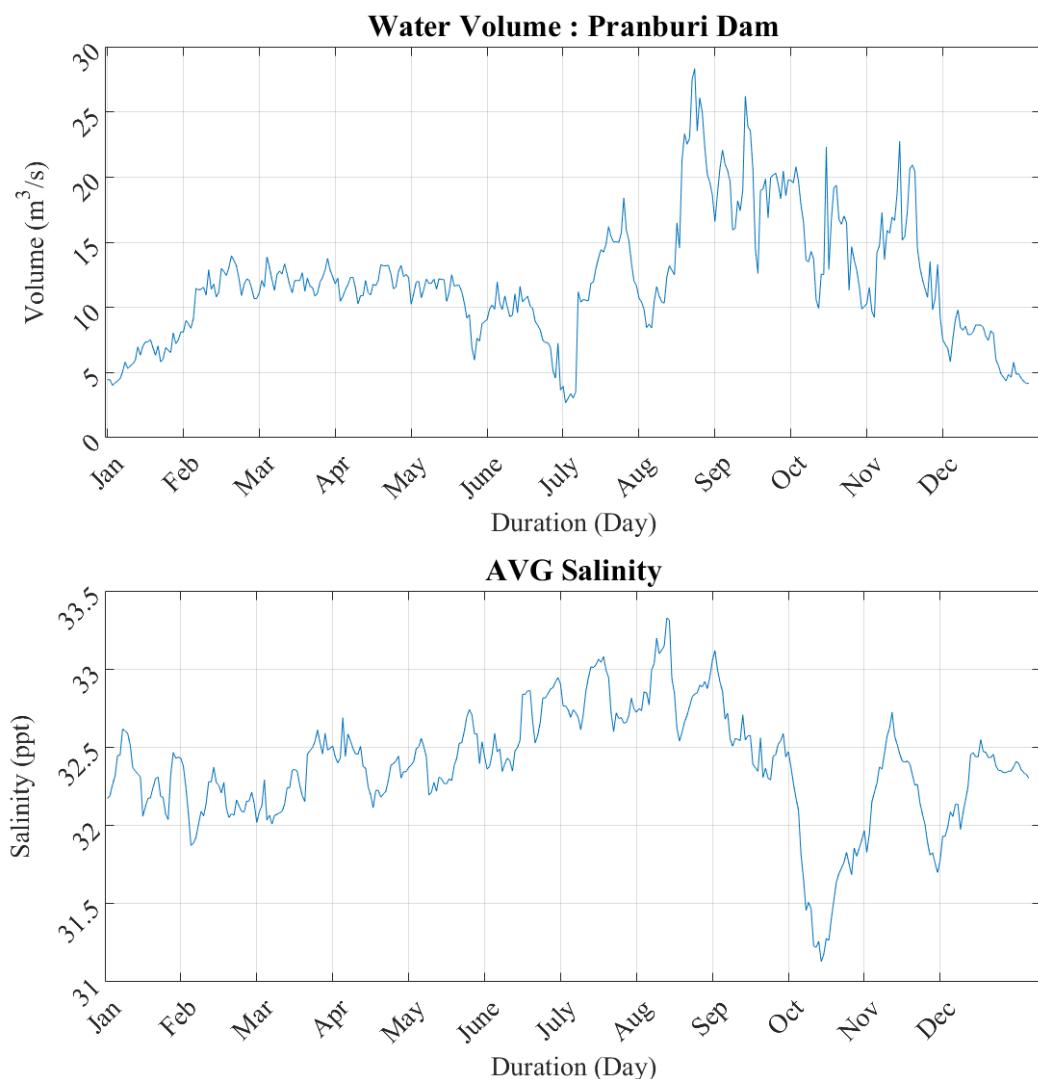
รูปที่ 3.5 แสดงการ interpolate จุดความลึกน้ำให้เป็นความลึกน้ำทั้งพื้นที่ศึกษา

3.3.2 ข้อมูลระดับน้ำที่ขอบเขตเปิด

สำหรับข้อมูลระดับน้ำที่ขอบเขตเปิดของแบบจำลองปากแม่น้ำปราณบุรี ได้จากการ nesting
แบบจำลองอุทกพลศาสตร์จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (จิราภา อังศุรพฤกษ์, 2564) โดยข้อมูลที่ได้จะนำมา
วิเคราะห์เพื่อหาค่าประกอบน้ำขึ้นน้ำลงด้วยโปรแกรม TIDE

3.3.3 ข้อมูลความเค็มที่ขอบเขตเปิด

ข้อมูลความเค็มเฉลี่ยที่ขอบเขตเปิดในทะเลได้จากแบบจำลองผ่านเว็บไซต์ <https://www.copernicus.eu/en> ตั้งแต่ปี 2536 - 2561 รวม 26 ปี ซึ่งข้อมูลความเค็มจะอยู่ในช่วง 31.1 – 33.3 ppt โดยช่วงเดือน สิงหาคม จะมีค่าความเค็มสูงที่สุด และช่วงเดือน ตุลาคม มีความเค็มต่ำที่สุด และข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยของเขื่อนปราณบุรีจากกรมชลประทาน จากเว็บไซต์ <http://app.rid.go.th:88/reservoir/> ตั้งแต่ปี 2546-2563 รวม 17 ปี ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยมาจากเขื่อนมีตั้งแต่ 2.7 – 28.3 ลบ. ม โดยช่วงเดือน สิงหาคม – พฤศจิกายน จะมีการปล่อยน้ำสูงสุด และช่วงเดือน ธันวาคม - มกราคม และ กรกฎาคม มีการปล่อยน้ำต่ำสุด ซึ่งข้อมูลทั้งสองชุดนี้จะใช้ที่ขอบเขตเปิดด้านบนที่เป็นแม่น้ำ



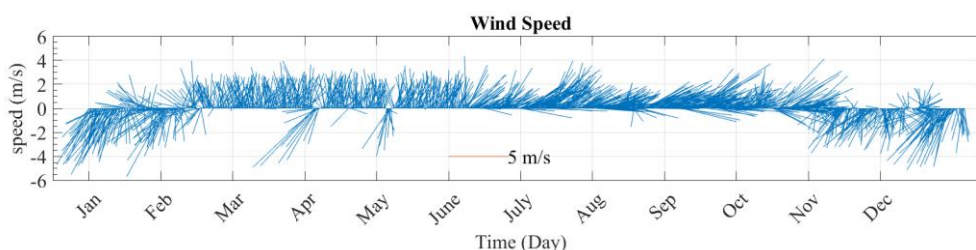
รูปที่ 3.6 แสดงปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2546-2563 จากเขื่อนปราณบุรี (กรมชลประทาน, 2564)

3.3.4 การเปรียบเทียบและทวนสอบแบบจำลองปากแม่น้ำปราณบุรี

ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองปากแม่น้ำปราณบุรีแบบ 2 มิติ โดยเปรียบเทียบกับระดับน้ำตรวจวัดที่สถานีปราณบุรี ของกรมเจ้าท่า ในช่วงเวลา 1 เดือน (เดือน มีนาคม พ.ศ. 2548) และเปรียบเทียบองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงของ 8 องค์ประกอบหลัก (K1, O1, P1, Q1, M2, S2, K2, และ N2) ที่ได้จากการสำรวจและแบบจำลอง นำตัวแปรทางสถิติมาใช้ในการประเมินความสามารถของแบบจำลองในการจำลองระดับน้ำ เช่น Mean absolute error (MAE), Root mean squared error (RMSE) และ R-squared (R^2) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองจนได้ผลเป็นที่พอใจแล้ว นำแบบจำลองดังกล่าวมาทำการทวนสอบ โดยการเปลี่ยนช่วงเดือนที่รันแบบจำลองเป็นช่วงเวลาอื่นหลังจากรันเสร็จให้คำนวณค่าทางสถิติเพื่อประเมินความสามารถของแบบจำลอง เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบแบบจำลอง

3.3.5 ข้อมูลลม

ข้อมูลลมที่ใช้ในแบบจำลองหรือ ERA-Interim ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ 0.25×0.25 องศา และความละเอียดเชิงเวลาที่ 6 ชั่วโมง สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5> โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 2549 - 2551 รวม 3 ปี ข้อมูลลมนำมาใช้เพื่อดูอิทธิพลของลมต่อการรุกของน้ำเค็มในพื้นที่ปากน้ำปราณบุรี ตัวอย่างของลมในรอบ 1 ปี แสดงดังในรูปที่ 3.3.5



รูปที่ 3.7 แสดงขนาดและทิศทางของลมตลอดหนึ่งปีที่ใช้ในแบบจำลอง

3.2.6 จำลองการรุกของน้ำเค็มในบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี

เพิ่มความเค็มและปริมาณน้ำท่าจากข้อ 3.2.3 ในแบบจำลอง 2 มิติ ที่ได้จากข้อ 3.2.4 รวมถึงเพิ่มค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลางและค่าคงที่การสูบน้ำออกจากแม่น้ำ จากนั้นจำลองเป็นเวลา 3 ปี เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเค็มในแม่น้ำปราณบุรี ซึ่งได้รับอิทธิพลจากทั้งปริมาณน้ำท่า ลมมรสุม ความเค็มในทะเล ค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง และปริมาณการสูบน้ำไปใช้ โดยแบ่งการสร้างแบบจำลองเป็น 3 กรณีคือ

3.2.6.1 Baseline Model

เป็นแบบจำลองการรุกของน้ำเค็มที่ใช้ค่าความเค็ม ลม และปริมาณน้ำท่า เป็นปัจจัยพื้นฐานในการรันแบบจำลอง โดยจะทำการรันแบบจำลองทั้งหมด 3 ปี และเริ่มต้นที่ความเค็ม 32 ppt ตลอดพื้นที่การศึกษา

เนื่องจากจะใช้ยืนยันว่าน้ำท่าที่ถูกปล่อยมาสามารถดันน้ำเค็มออกจากลำน้ำได้ กล่าวคือปีแรกของการรันแบบจำลองจะไม่นำมาวิเคราะห์ผลเนื่องจากให้น้ำท่าดันน้ำเค็มออกมาจากลำน้ำก่อน และจะเริ่มวิเคราะห์ผลตั้งแต่ปีที่สองเป็นต้นไป

3.2.6.2 A0 Model

เป็นแบบจำลองการรุกของน้ำเค็มที่เพิ่มค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง (A0) มาพิจารณาร่วมกับปัจจัยพื้นฐานในข้อ 3.2.6.1 โดยทำการทดลองเพิ่มค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลางตั้งแต่ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, และ 2.5 เมตร ซึ่งจะเริ่มต้นการรันแบบจำลองที่ความเค็ม 32 ppt ตลอดพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 3 ปี และเริ่มวิเคราะห์ผลตั้งแต่ปีที่สองเป็นต้นไปเช่นเดียวกันกับ Baseline Model ข้อ 3.2.6.1

3.2.6.3 Withdraw Model

เป็นแบบจำลองการรุกของน้ำเค็มที่เพิ่มจุดที่มีการจำลองดึงน้ำออกจากลำน้ำ 1 จุด ด้วยค่าคงที่เท่ากับ 5 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ตลอดทั้งปี มาพิจารณาร่วมกับปัจจัยพื้นฐานในข้อ 3.2.6.1 และค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง ในข้อ 3.2.6.2 ซึ่งจะเริ่มต้นการรันแบบจำลองที่ความเค็ม 32 ppt ตลอดพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 3 ปี และเริ่มวิเคราะห์ผลตั้งแต่ปีที่สองเป็นต้นไปเช่นเดียวกันกับ 2 กรณีข้างต้น

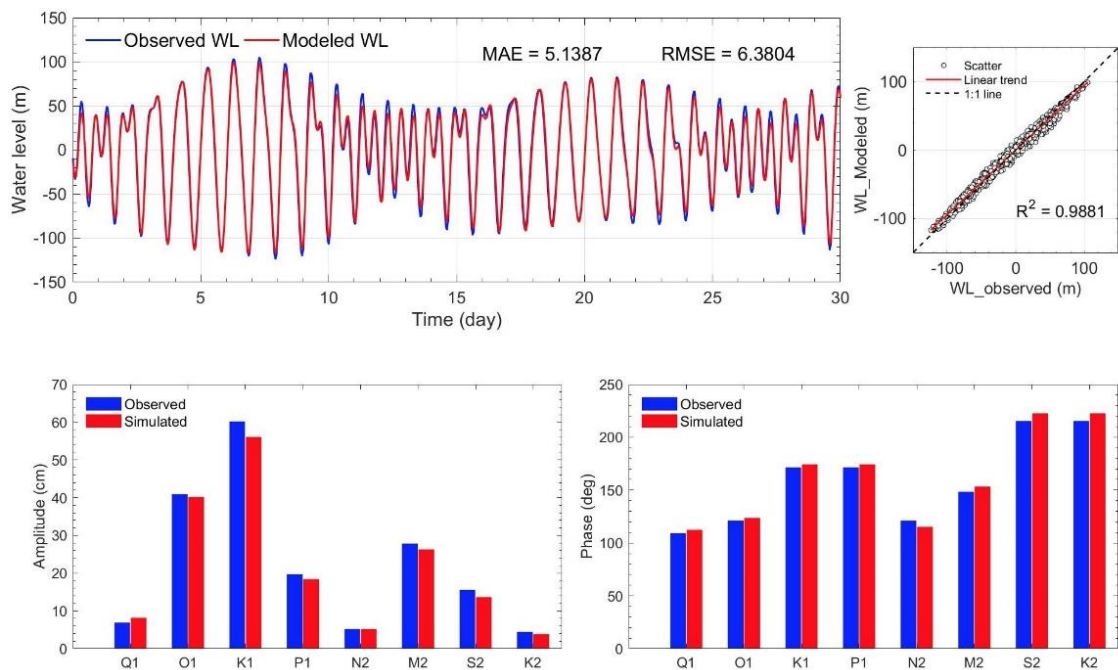
บทที่ 4 ผลการศึกษา และวิจารณ์ผล

แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ การปรับเทียบและทวนสอบแบบจำลอง และแบบจำลองการรุกของน้ำเค็มบริเวณปากน้ำปราณบุรี ในส่วนที่ 2 สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 กรณี คือ Baseline Model, A0 Model, และ Withdraw model ผลการศึกษาแสดงได้ดังนี้

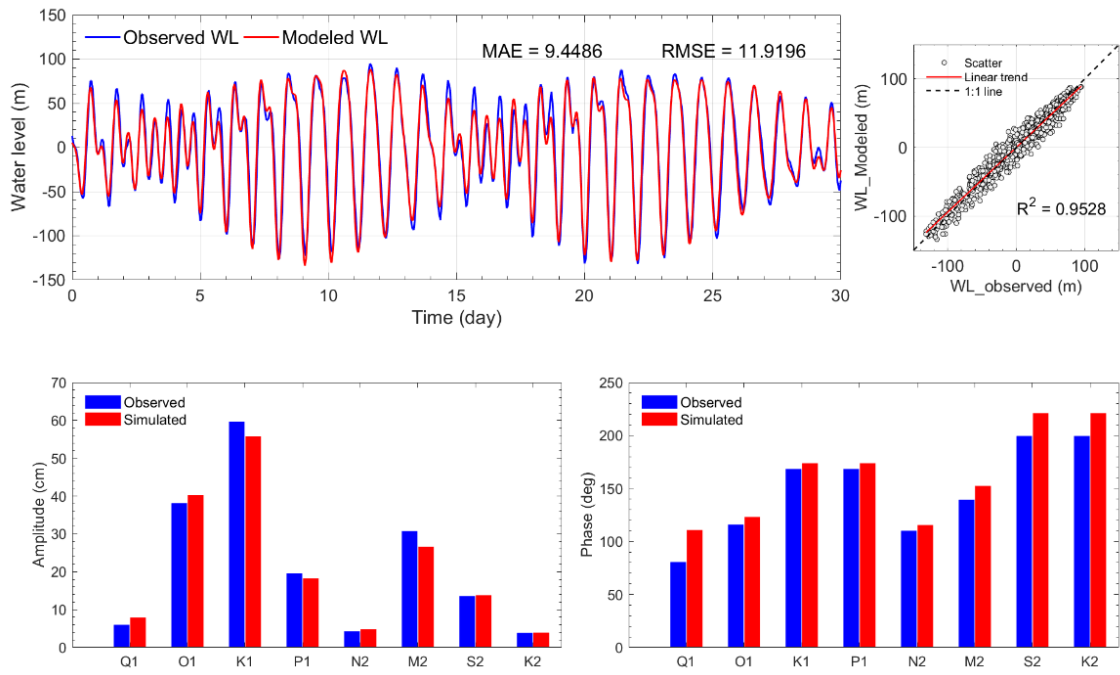
4.1 การปรับเทียบและสอบทวนแบบจำลอง

ทำการปรับเทียบแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลเดือน มีนาคม พ.ศ. 2548 เป็นตัวแทนระดับน้ำช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าค่าระดับน้ำที่ได้จากสถานีสำรวจระดับน้ำปราณบุรี และค่าที่ได้จากการทำแบบจำลอง มีค่า Mean Absolute Error (MAE) เท่ากับ 5.1387 และค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 6.3804 และมีองค์ประกอบน้ำใกล้เคียงกันทั้ง 8 องค์ประกอบ คือ Q1 O1 K1 P1 N2 M2 S2 และ K2 เมื่อดูค่า R^2 พบว่า มีค่า 0.9881 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงหนึ่ง

และเมื่อทำการทวนสอบ โดยใช้ข้อมูลเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2548 เป็นตัวแทนระดับน้ำช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่ามีค่า Mean Absolute Error (MAE) และค่า Root Mean Square Error (RMSE) สูงกว่าการทำการปรับเทียบเล็กน้อย คือ 9.4486 และ 11.9196 ตามลำดับ โดย R^2 มีค่าเท่ากับ 0.9528 และองค์ประกอบน้ำทั้ง 8 มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจากที่กล่าวมานี้แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือของข้อมูลสูง ทำให้มั่นใจว่าแบบจำลองที่เตรียมได้ในครั้งนี้จะสามารถนำไปใช้ในการศึกษาการรุกของน้ำเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำปราณบุรีได้



รูปที่ 4.1 แสดงผลของระดับน้ำและองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลตรวจวัด (สีน้ำเงิน) และแบบจำลอง (สีแดง) จากการปรับเทียบแบบจำลอง



รูปที่ 4.2 แสดงผลของระดับน้ำและองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลตรวจวัด (สีน้ำเงิน) และแบบจำลอง (สีแดง) จากการทวนสอบแบบจำลอง

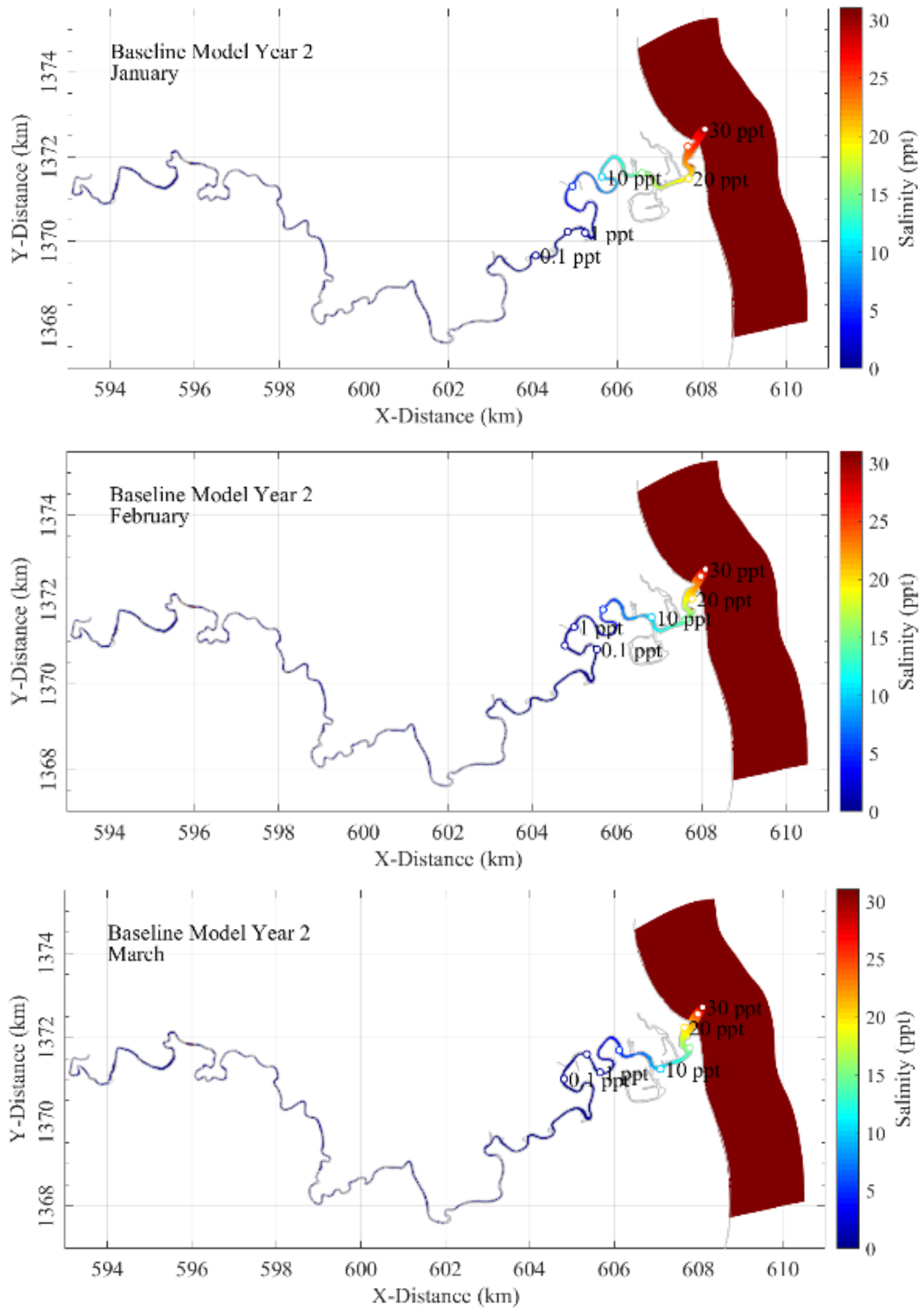
4.2 แบบจำลองการรุกของน้ำเค็ม

4.2.1 ผลการศึกษา กรณี Baseline Model

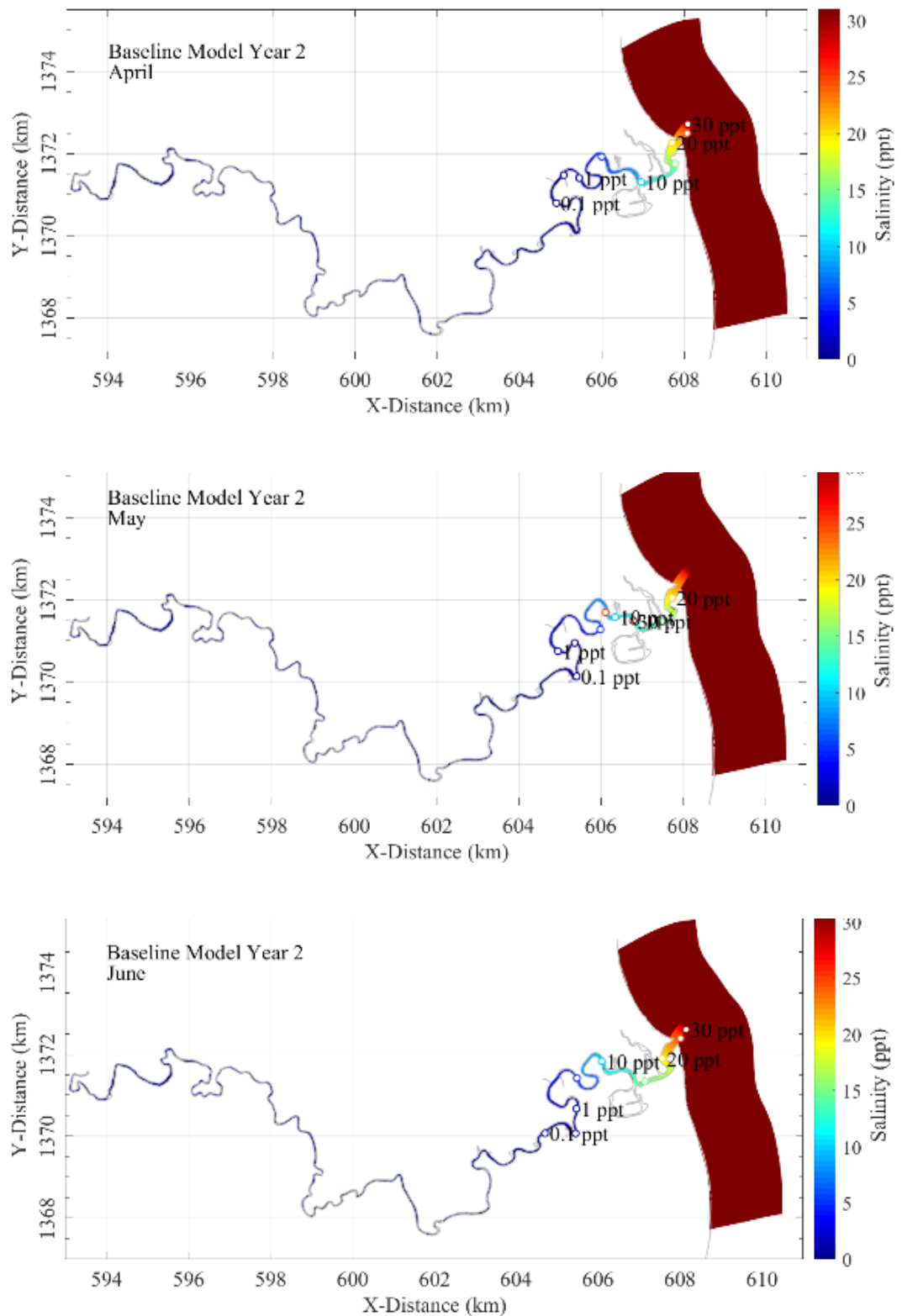
จากการทำ Baseline Model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้เฉพาะปัจจัยพื้นฐาน (ความเค็ม, น้ำท่า, และลม) พบว่าการรุกของน้ำเค็มมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำท่าที่ถูกปล่อยมาจากเขื่อนปราณบุรีทั้งการทำแบบจำลอง ปีที่ 2 และ 3 คือช่วงที่มีการปล่อยน้ำท่าปริมาณน้อย (เดือนมกราคม กรกฎาคม และธันวาคม เป็นต้น) ประกอบกับอิทธิพลของลมมรสุมทำให้ความสามารถในการรุกของน้ำเค็มสูงขึ้น ซึ่งการรันปีที่ 2 มีระยะห่างจากปากแม่น้ำถึงจุดที่ความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt มีค่าประมาณ 10.2, 8.2, และ 9.8 กิโลเมตร ตามลำดับ และการรันปีที่ 3 มีระยะห่างประมาณ 9.9, 9.8, และ 9.8 กิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งรุกเข้าไปได้ไกลมากกว่าช่วงที่มีการปล่อยน้ำท่าปริมาณปานกลาง-มาก (เดือนเมษายน และกันยายน เป็นต้น) ที่มีการรุกของน้ำเค็มน้อย โดยการรันปีที่ 2 มี ระยะห่างจากปากแม่น้ำจนถึงจุดที่ความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt มีค่าประมาณ 6.5 และ 5.3 กิโลเมตร ตามลำดับ และการรันปีที่ 3 มีระยะห่างประมาณ 6.7 และ 5.2 กิโลเมตร ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่าการรุกของน้ำเค็มแปรผกผันกับปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยจากเขื่อนปราณบุรี

เมื่อพิจารณาถึงตำแหน่งของน้ำเค็มจากแบบจำลองเทียบกับค่าความเค็มที่ได้จากการสำรวจของชวลิต เจริญพงษ์ (2564) พบว่าตำแหน่งการรุกน้ำเค็มในแบบจำลองยังเข้าไปในแม่น้ำได้น้อยกว่าความเป็นจริงค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงคิดว่าเพียงแค่น้ำขึ้นน้ำลง, ลม และปริมาณน้ำท่า ยังไม่พอที่จะทำให้ได้ตำแหน่งการรุก

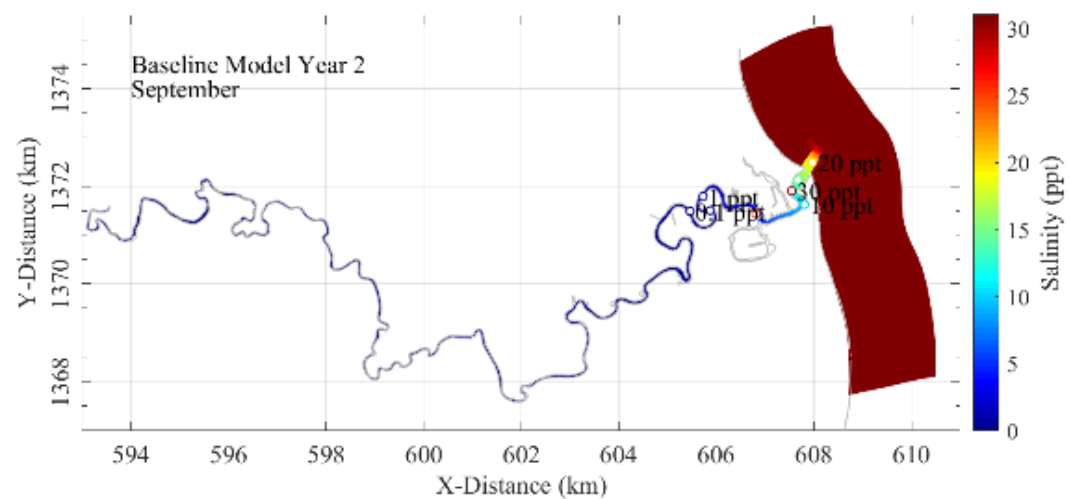
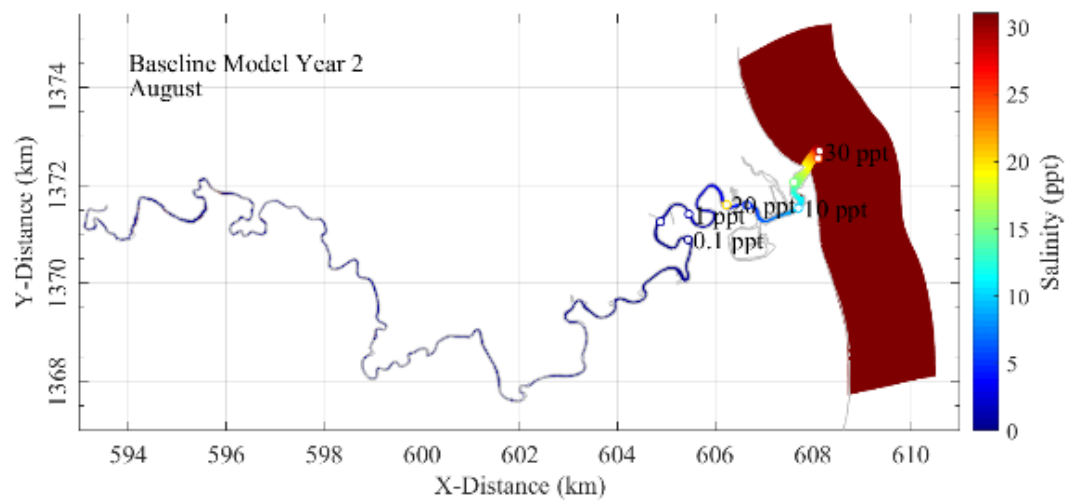
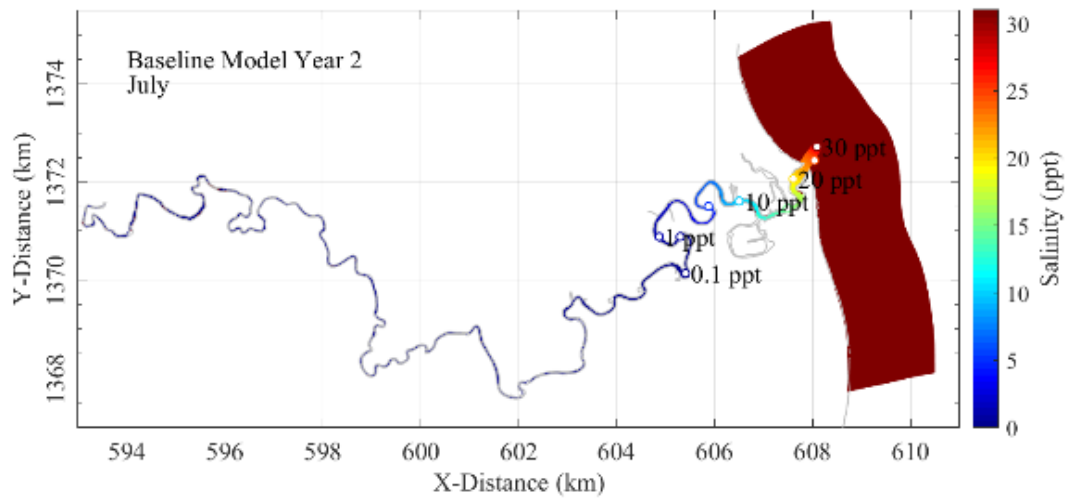
ของน้ำเค็มเข้าใกล้ความเป็นจริง จึงพิจารณาเพิ่มค่าระดับน้ำเฉลี่ยที่ขอบเขตเปิดขึ้นมาจึงทำให้เกิดกรณีศึกษาที่ 2 คือ A0 Model ขึ้น



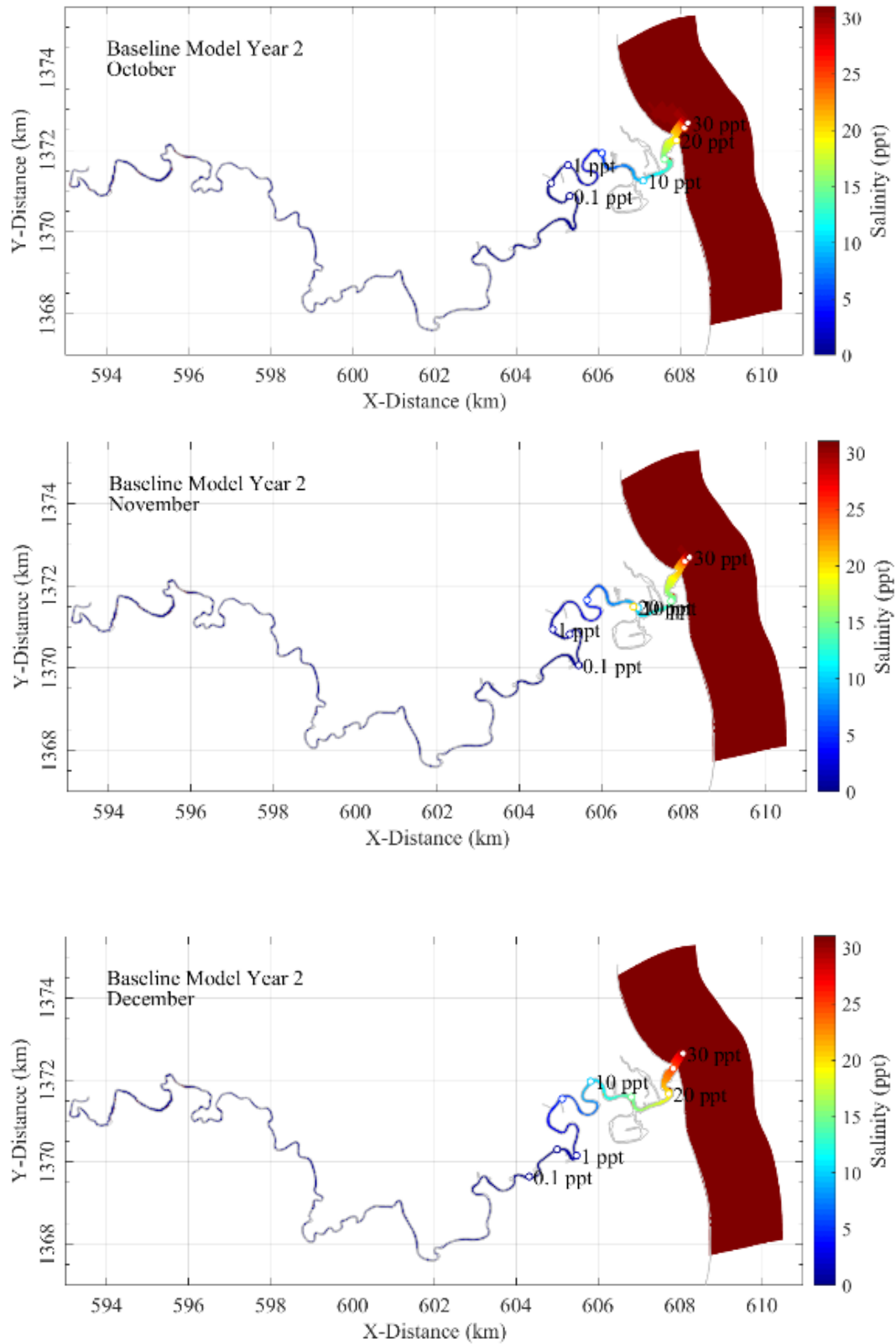
รูปที่ 4.3 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนมกราคม-มีนาคม ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



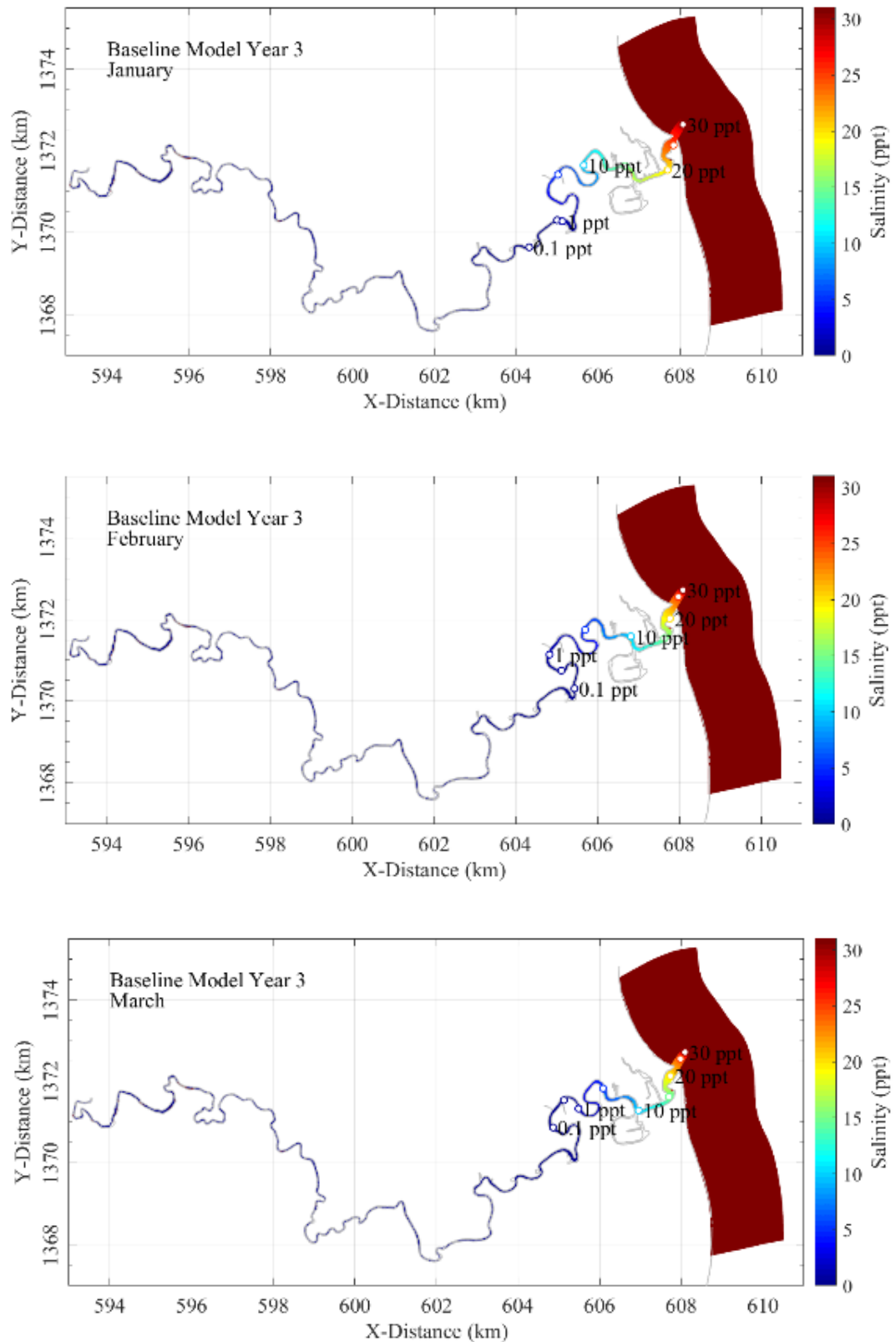
รูปที่ 4.4 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนเมษายน-มิถุนายน ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



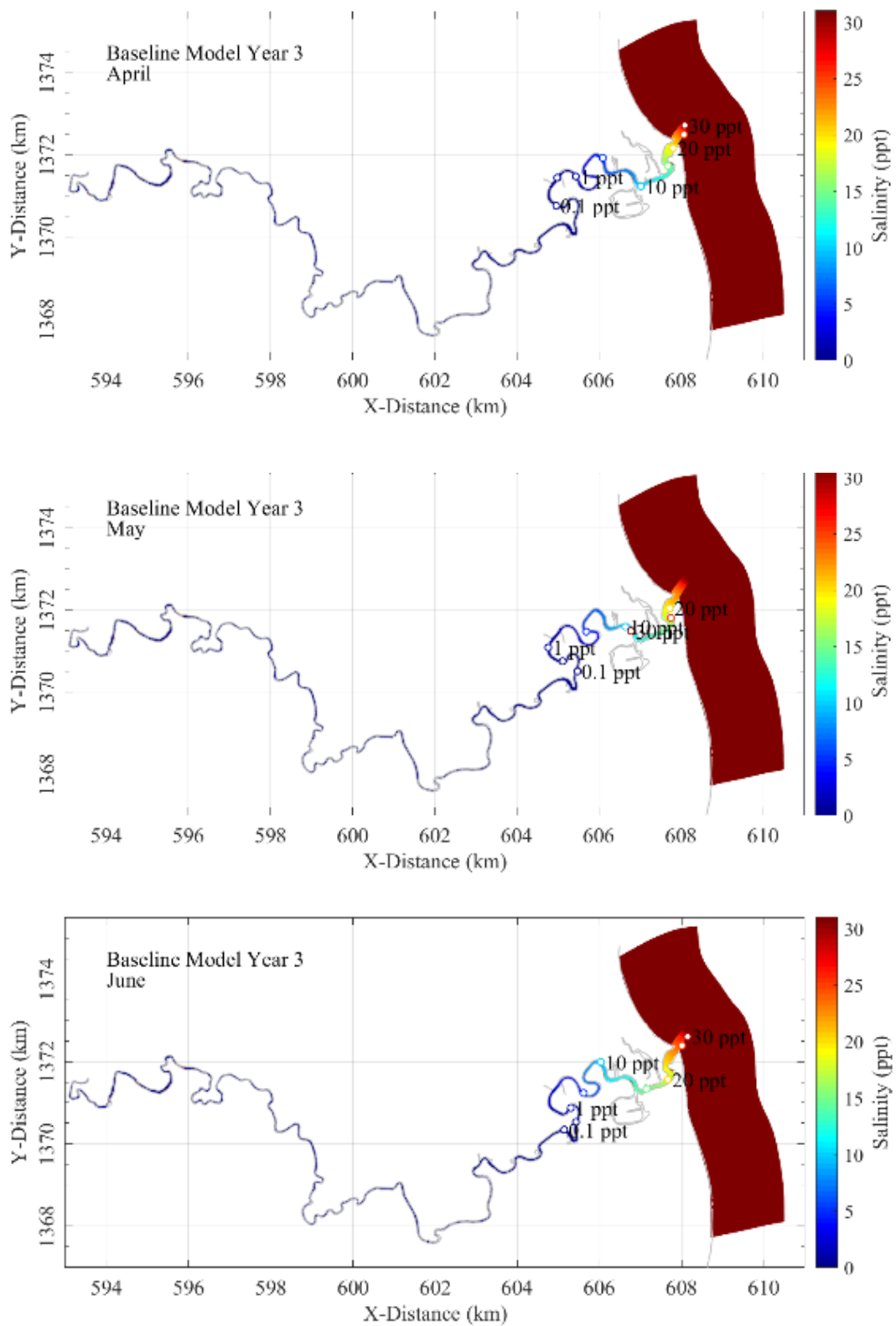
รูปที่ 4.5 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนกรกฎาคม-กันยายน ปีที่ 2 ของ การรันแบบจำลอง



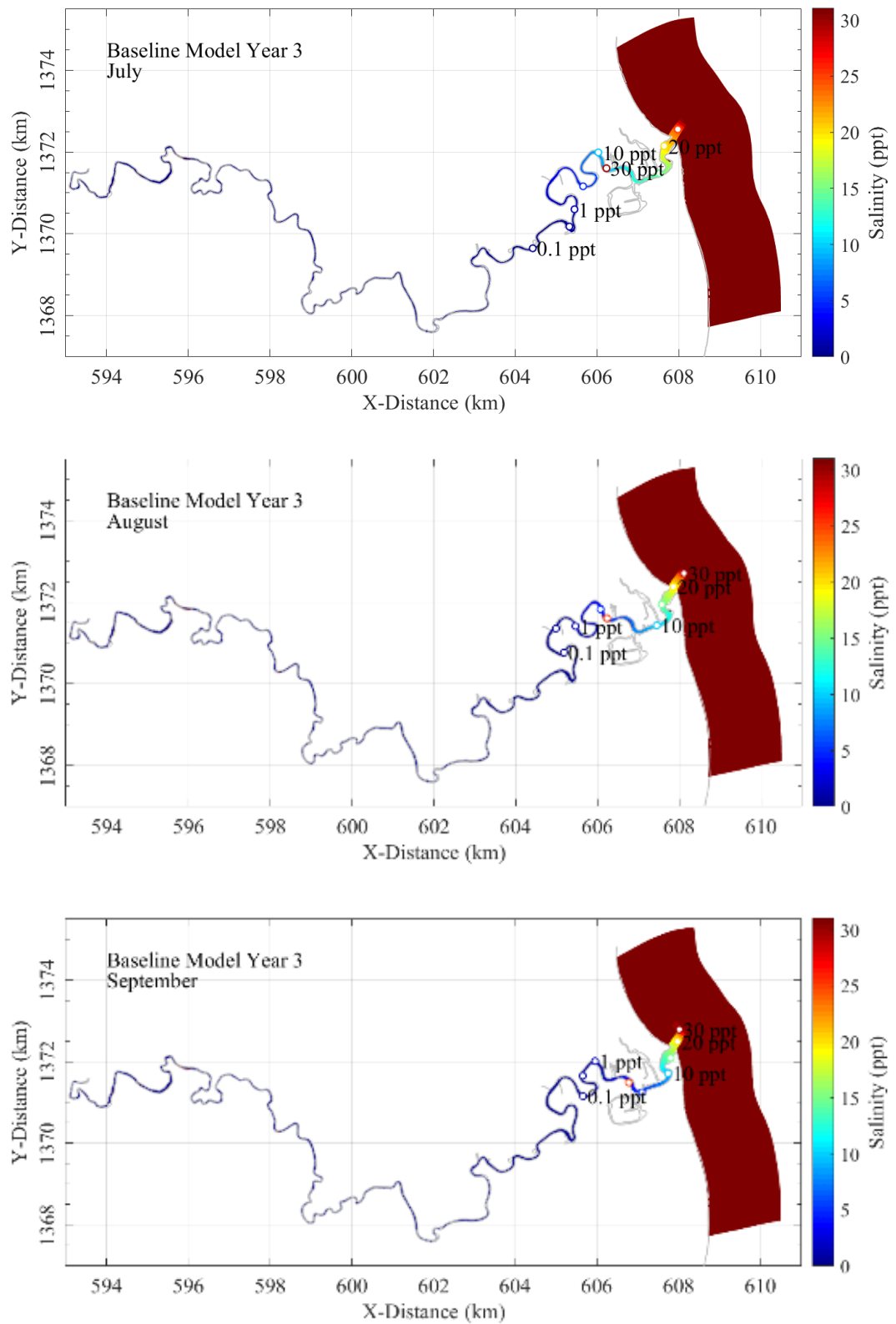
รูปที่ 4.6 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนตุลาคม-ธันวาคม ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



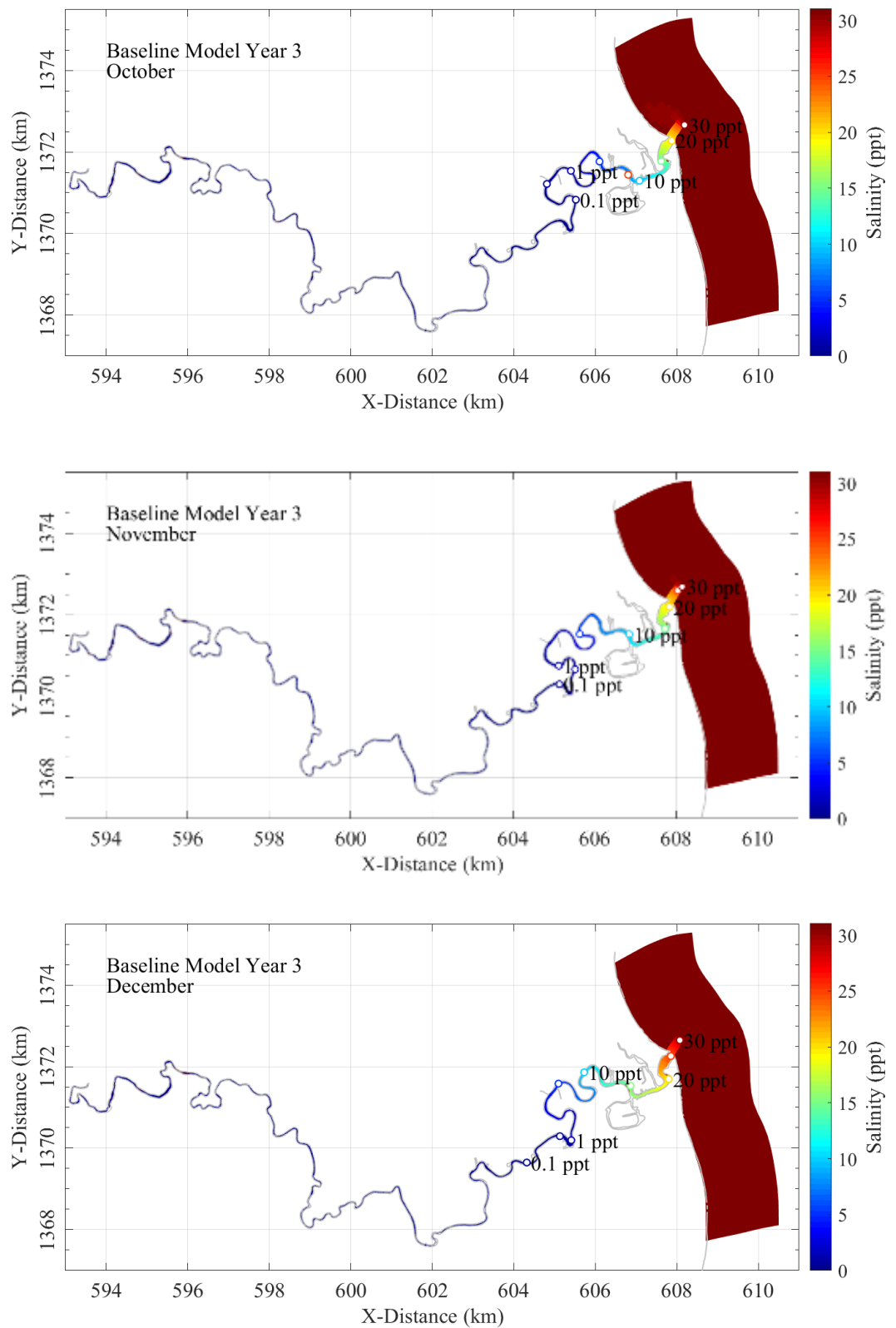
รูปที่ 4.7 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนมกราคม-มีนาคม ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง



รูปที่ 4.8 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนเมษายน-มิถุนายน ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง



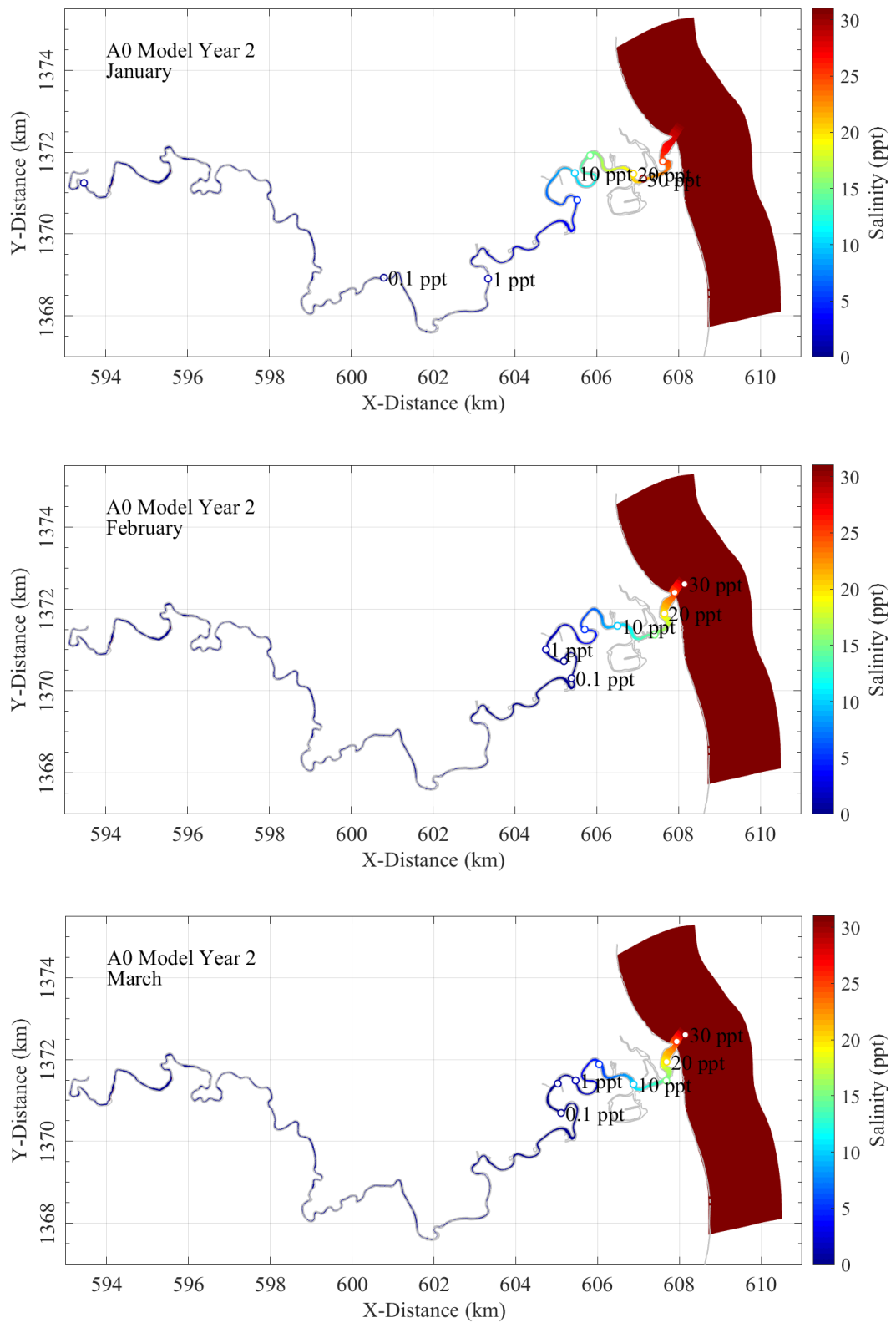
รูปที่ 4.9 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนกรกฎาคม-กันยายน ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง



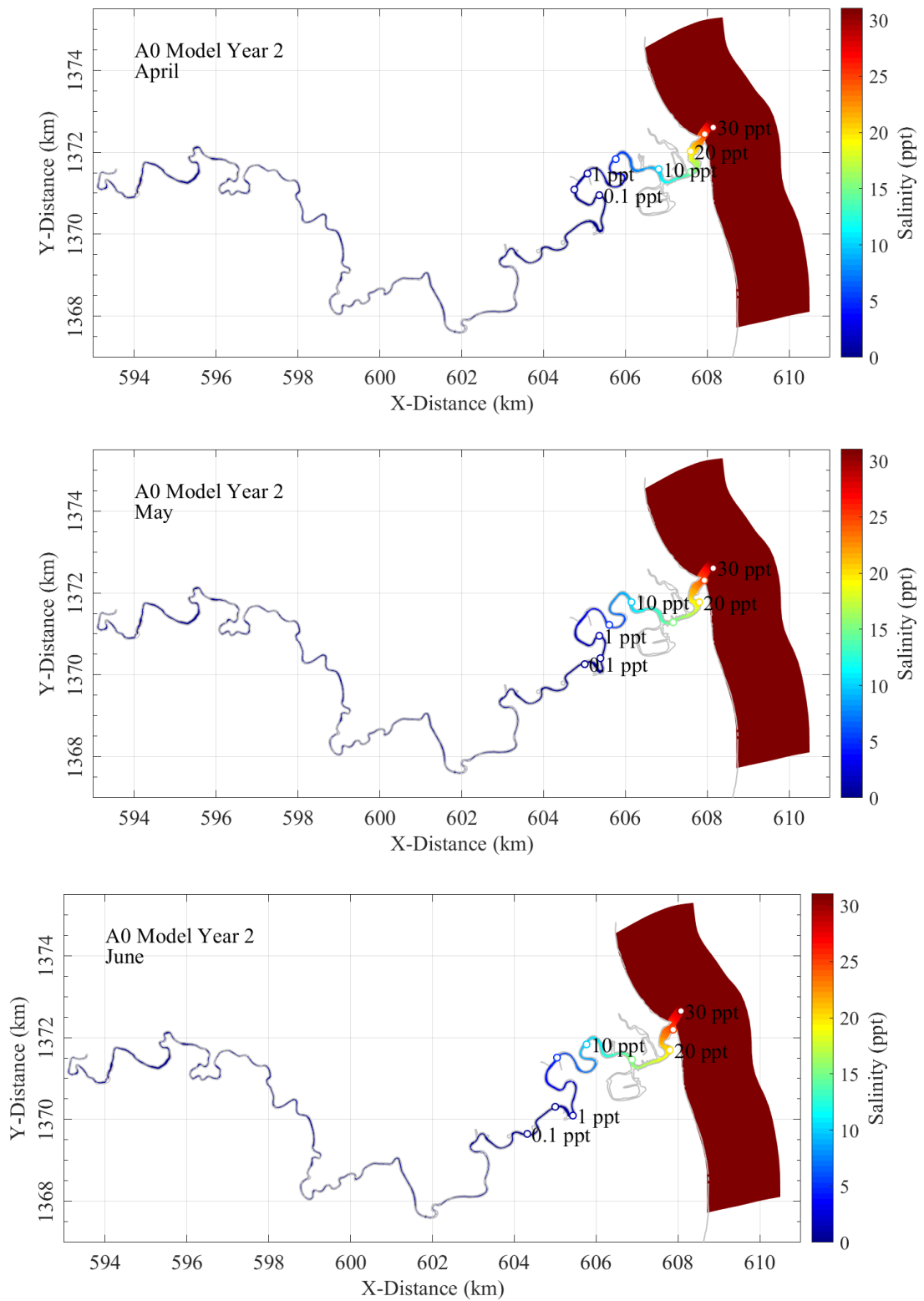
รูปที่ 4.10 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Baseline Model ในเดือนตุลาคม-ธันวาคม ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง

4.2.2 ผลการศึกษา กรณี A0 Model

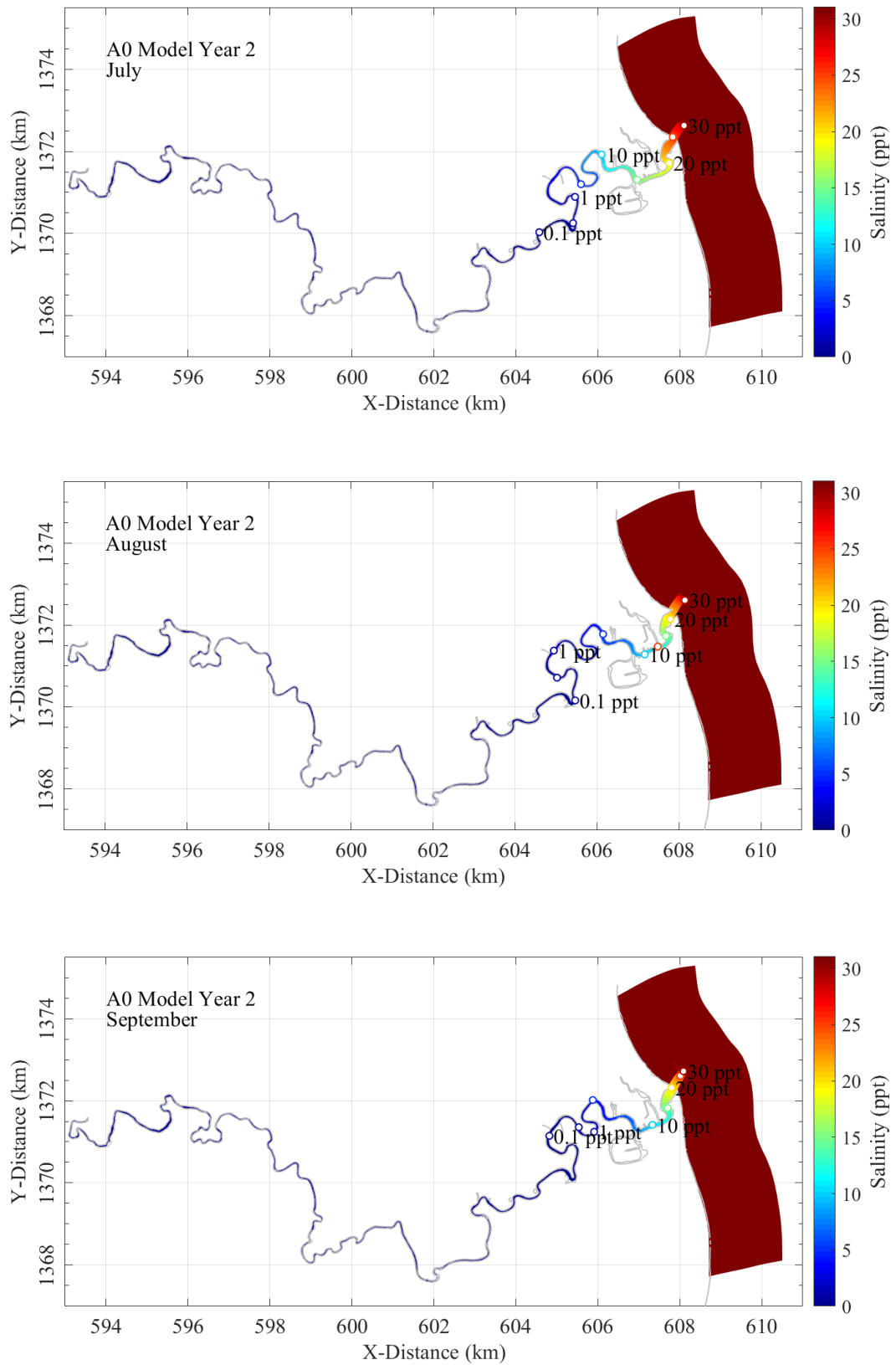
จากการทำ A0 Model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีการใส่ค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง (A0) เพิ่มขึ้นมาจากปัจจัยพื้นฐาน พบว่าแบบจำลองที่ใช้ค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง (A0) เท่ากับ 2.0 มีประสิทธิภาพในการรุกของน้ำเค็มเข้ามาในแม่น้ำมากที่สุดทั้งการทำแบบจำลองปีที่ 2 และ 3 ถึงแม้จะเพิ่มค่า A0 มากกว่า 2.0 เมตร ก็ยังไม่ทำให้ได้ตำแหน่งการรุกของน้ำเค็มเข้าไปในแม่น้ำได้ไกลเท่ากับกรณีค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลางมีค่าเท่ากับ 2.0 และเมื่อนำผลการรันมาพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยมาจากเขื่อนปราณบุรี พบว่าช่วงที่มีการปล่อยน้ำท่าปริมาณน้อย (เดือนมกราคม กรกฎาคม และธันวาคม เป็นตัวแทน) ประกอบกับอิทธิพลของลมมรสุมจะทำให้ความสามารถในการรุกของน้ำเค็มสูงขึ้น ซึ่งการรันปีที่ 2 มีระยะห่างจากปากแม่น้ำถึงจุดที่ความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt มีค่าประมาณ 17.2, 9.3, และ 10.5 กิโลเมตร ตามลำดับ และการรันปีที่ 3 มีระยะห่างประมาณ 17.3, 9.4, และ 10.5 กิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งรุกเข้าไปได้ไกลมากกว่าช่วงที่มีการปล่อยน้ำท่าปริมาณปานกลาง-มาก (เดือนเมษายน และกันยายน เป็นตัวแทน) ที่มีการรุกของน้ำเค็มน้อย โดยการรันปีที่ 2 มีระยะห่างจากปากแม่น้ำจนถึงจุดที่ความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt มีค่าประมาณ 7.1 และ 6.3 กิโลเมตร ตามลำดับ และการรันปีที่ 3 มีระยะห่างประมาณ 7.3 และ 6.0 กิโลเมตร ตามลำดับ จึงจะเห็นได้ว่าการรุกของน้ำเค็มแปรผกผันกับปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยจากเขื่อนปราณบุรีเช่นเดียวกับกรณี Baseline Model แต่มีการเคลื่อนตัวของน้ำเค็มเข้าไปในแม่น้ำมากกว่า เมื่อเทียบกับค่าความเค็มที่ได้จากการสำรวจของ ชวลิต เจริญพงษ์ (2564) พบว่าการรุกของน้ำเค็มจากโมเดลยังน้อยกว่าจากการสำรวจ จึงทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มการดึงน้ำออกจากแบบจำลองด้วยปริมาณ 5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นกรณี Withdraw Model



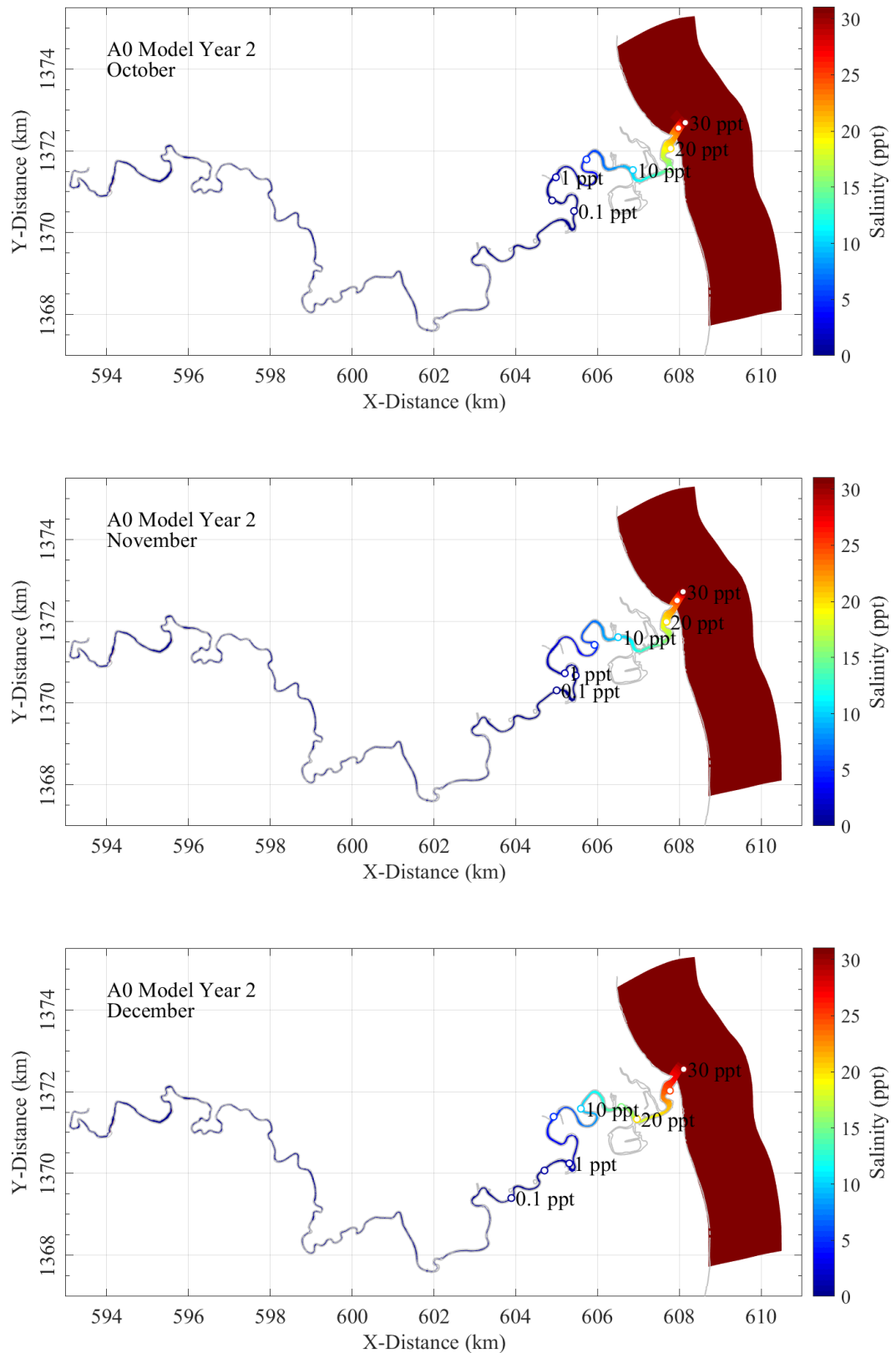
รูปที่ 4.11 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนมกราคม - มีนาคม ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



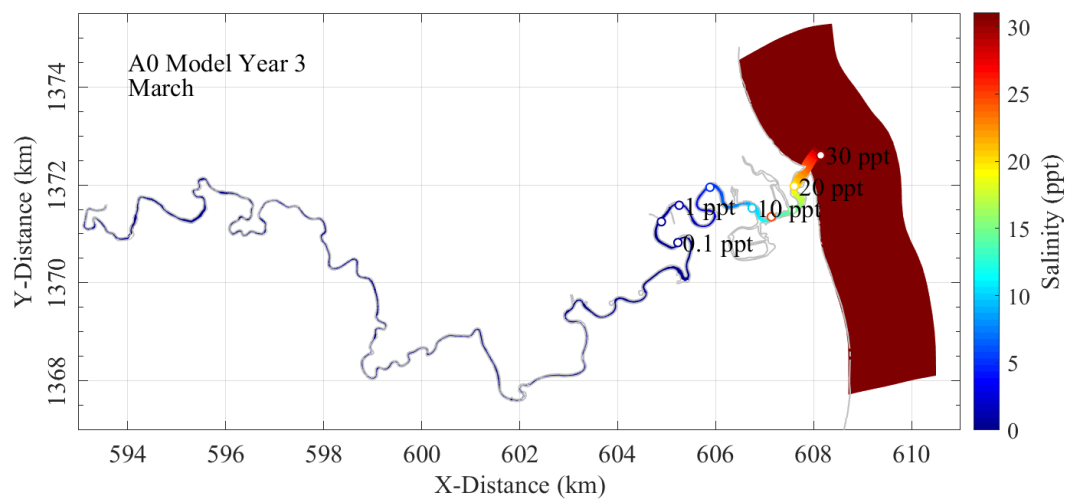
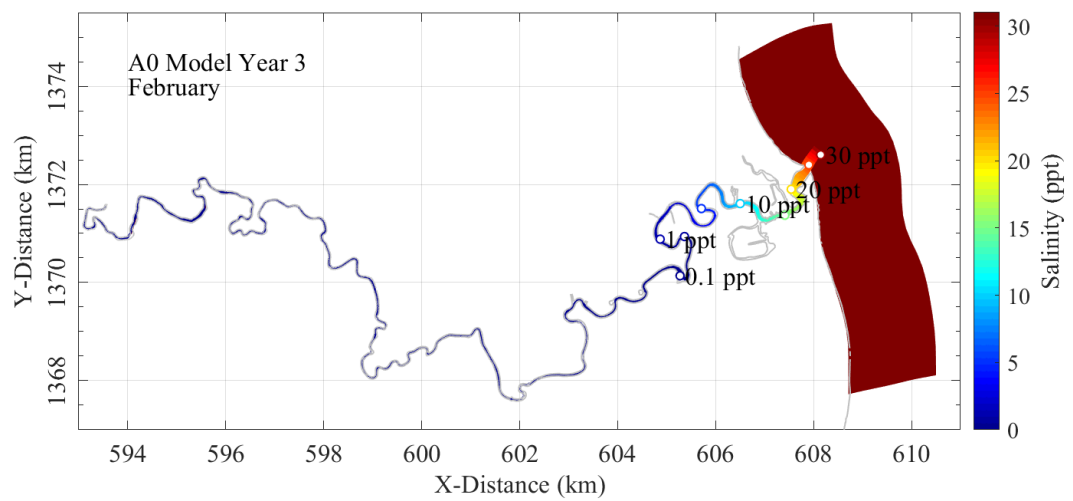
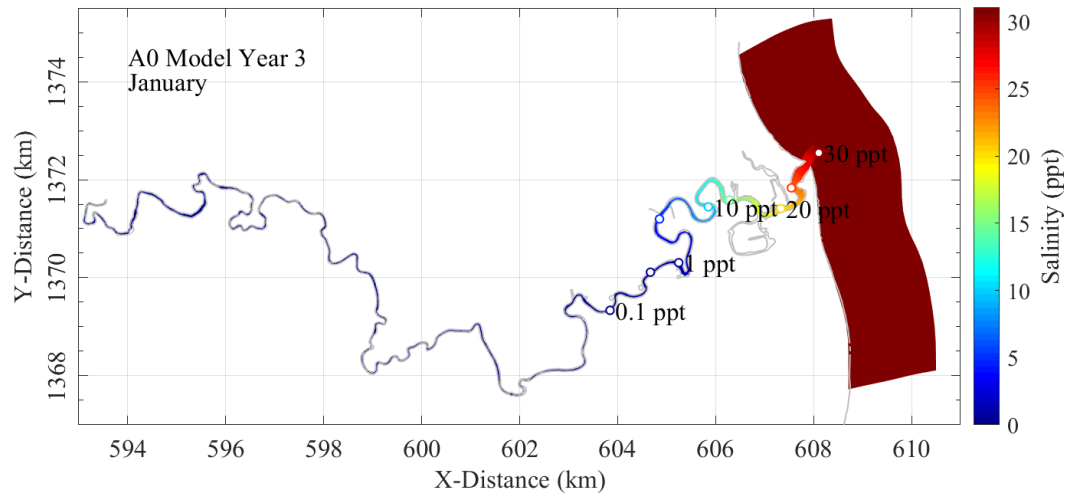
รูปที่ 4.12 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนเมษายน - มิถุนายน ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



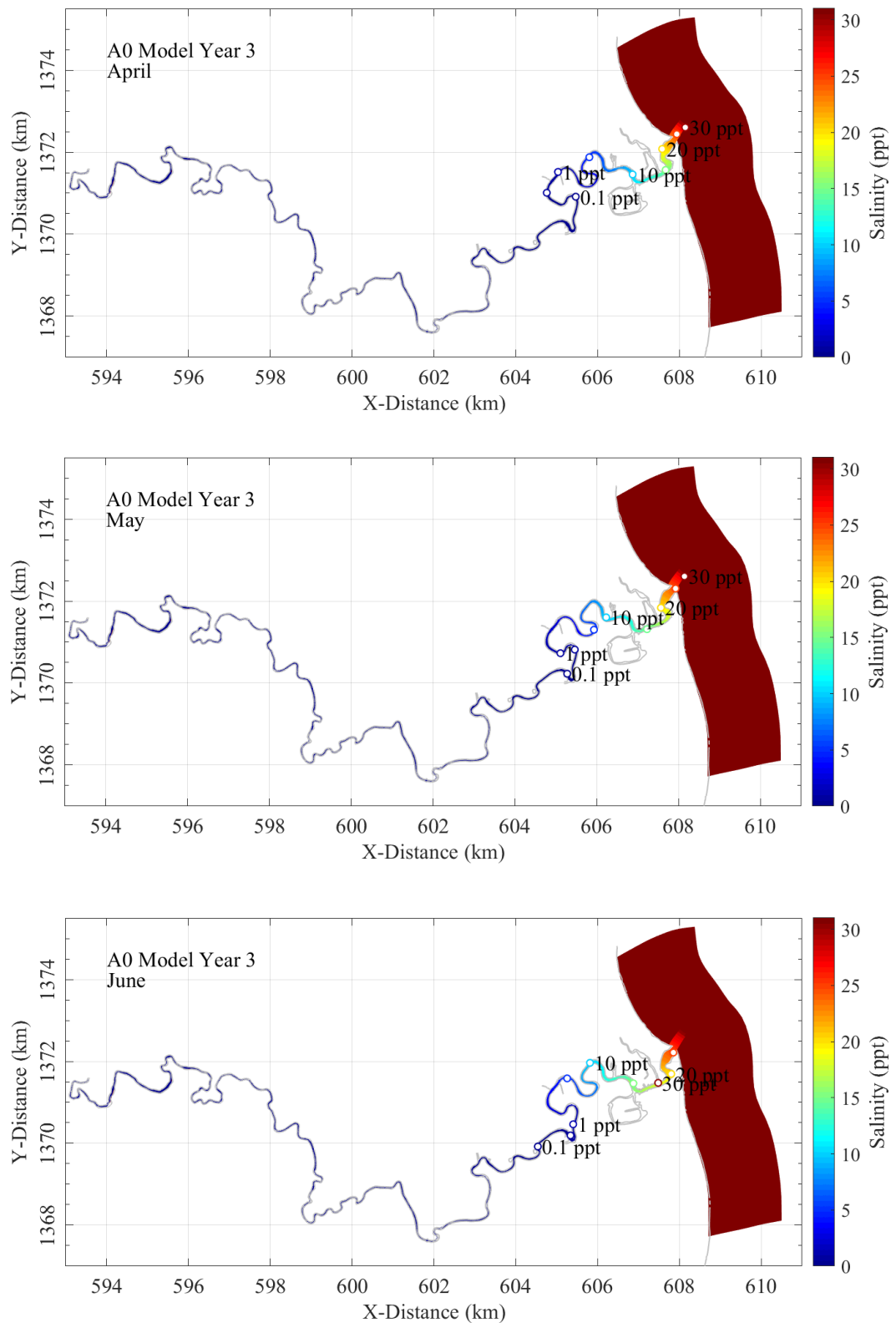
รูปที่ 4.13 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนกรกฎาคม - กันยายน ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



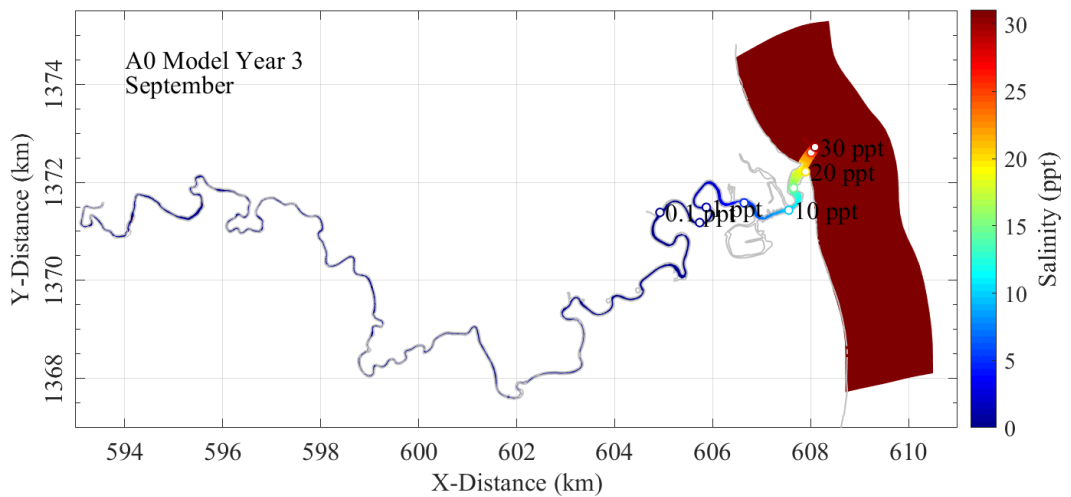
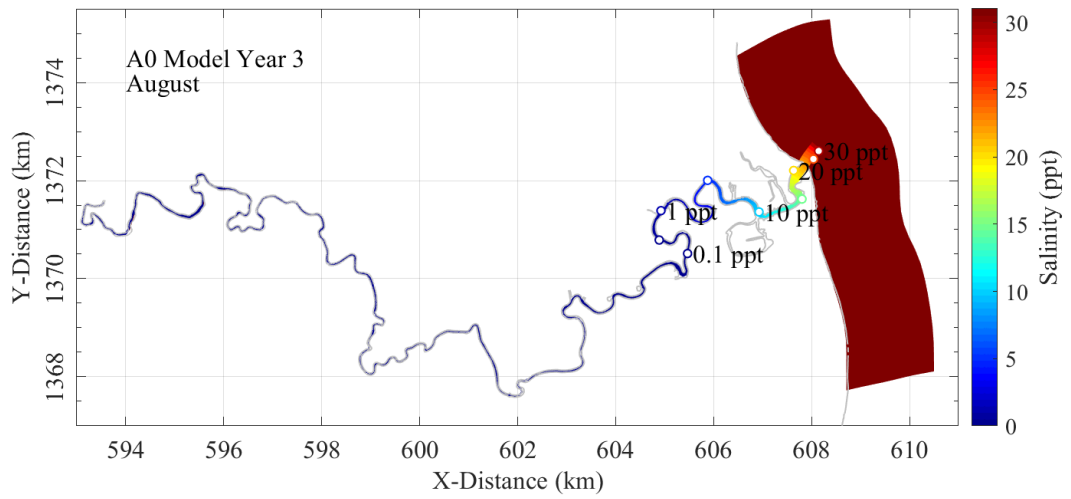
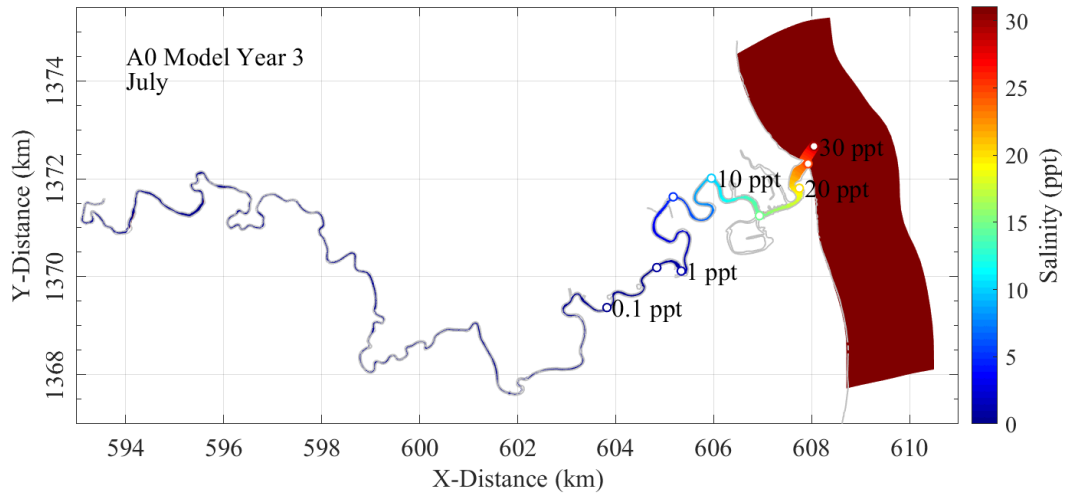
รูปที่ 4.14 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนตุลาคม - ธันวาคม ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



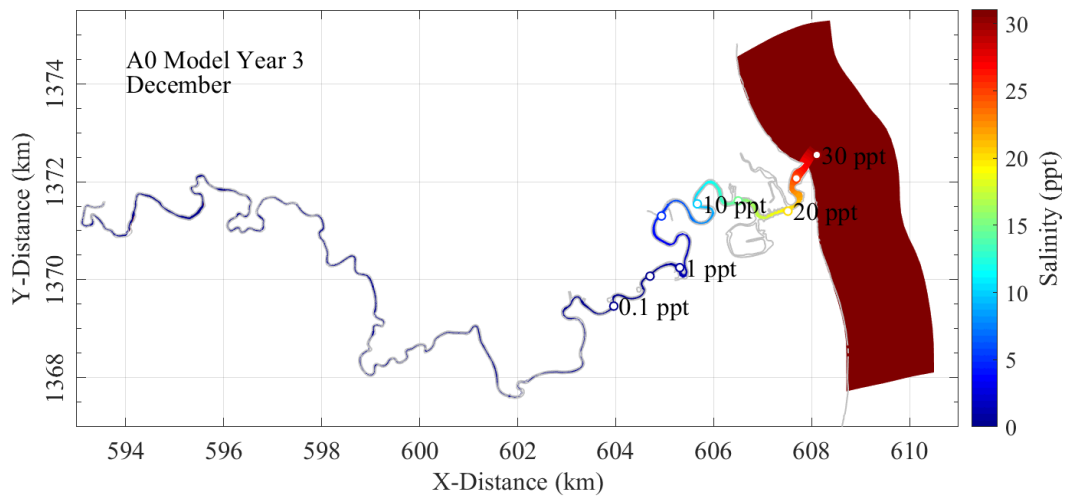
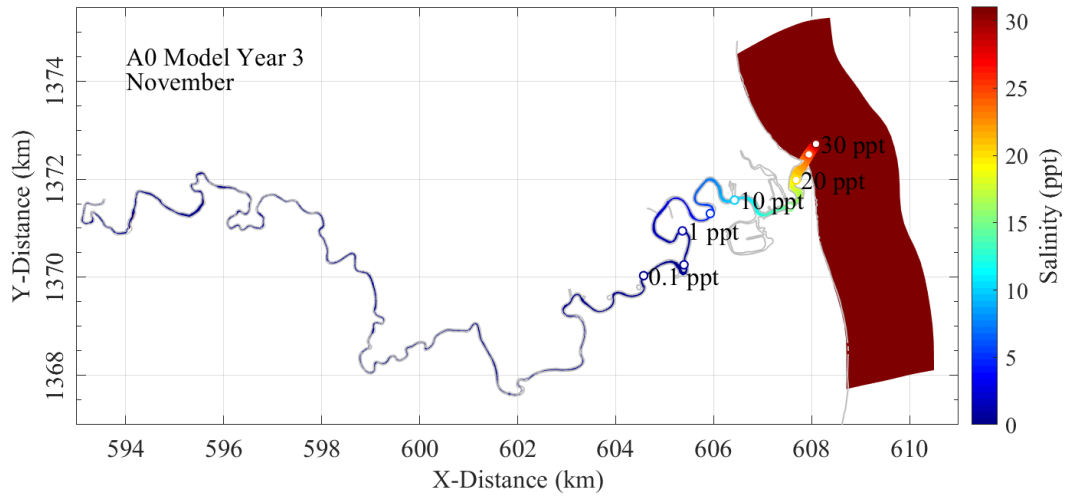
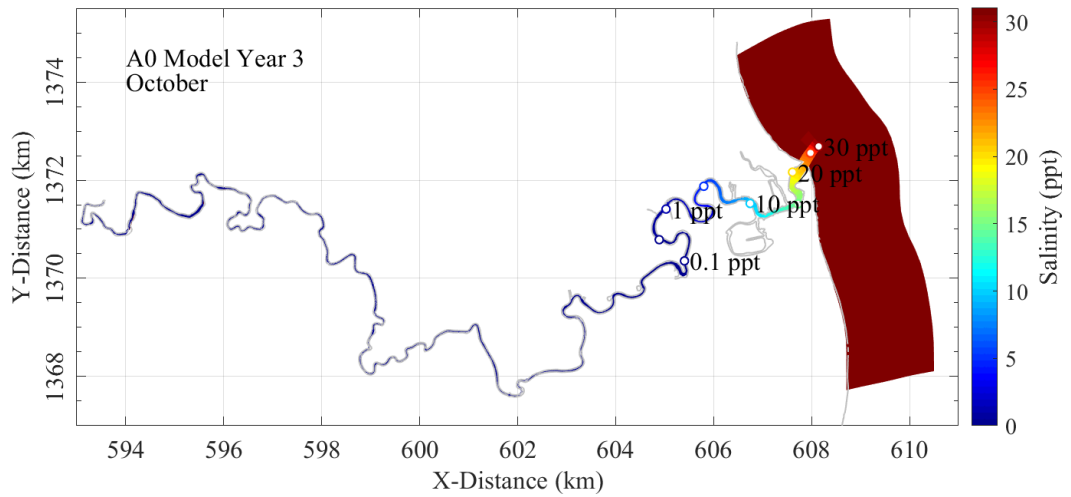
รูปที่ 4.15 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนมกราคม - มีนาคม ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง



รูปที่ 4.16 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนเมษายน - มิถุนายน ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง



รูปที่ 4.17 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนกรกฎาคม - กันยายน ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง

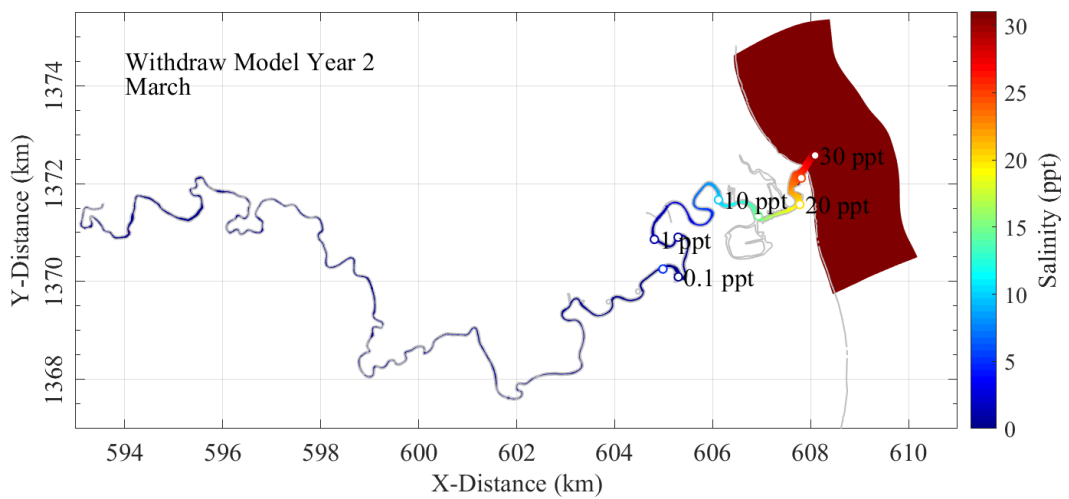
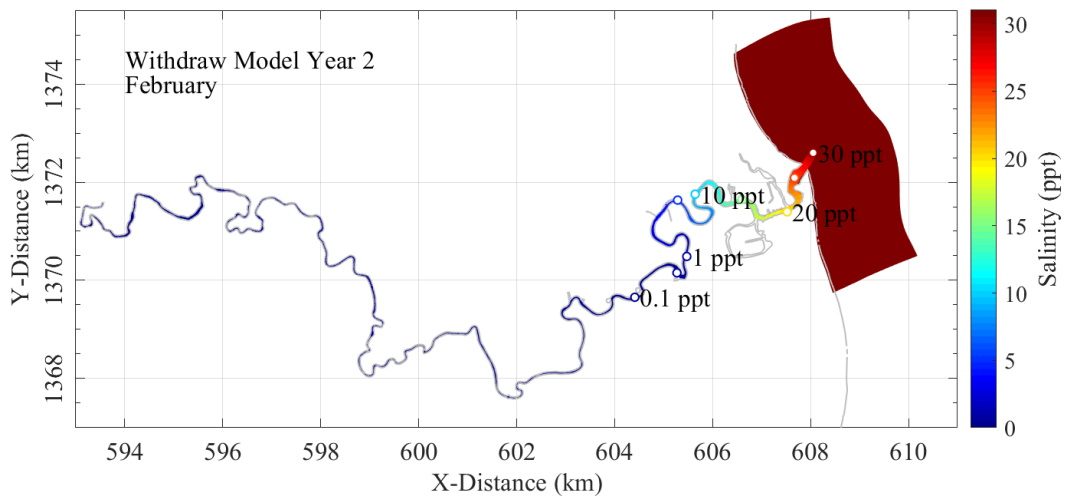
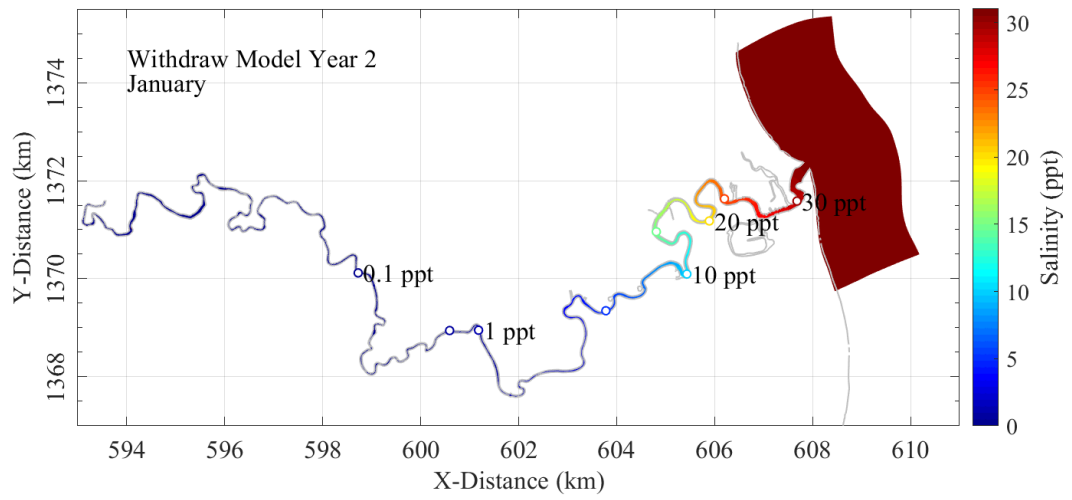


รูปที่ 4.18 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี A0 Model ในเดือนตุลาคม - ธันวาคม ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง

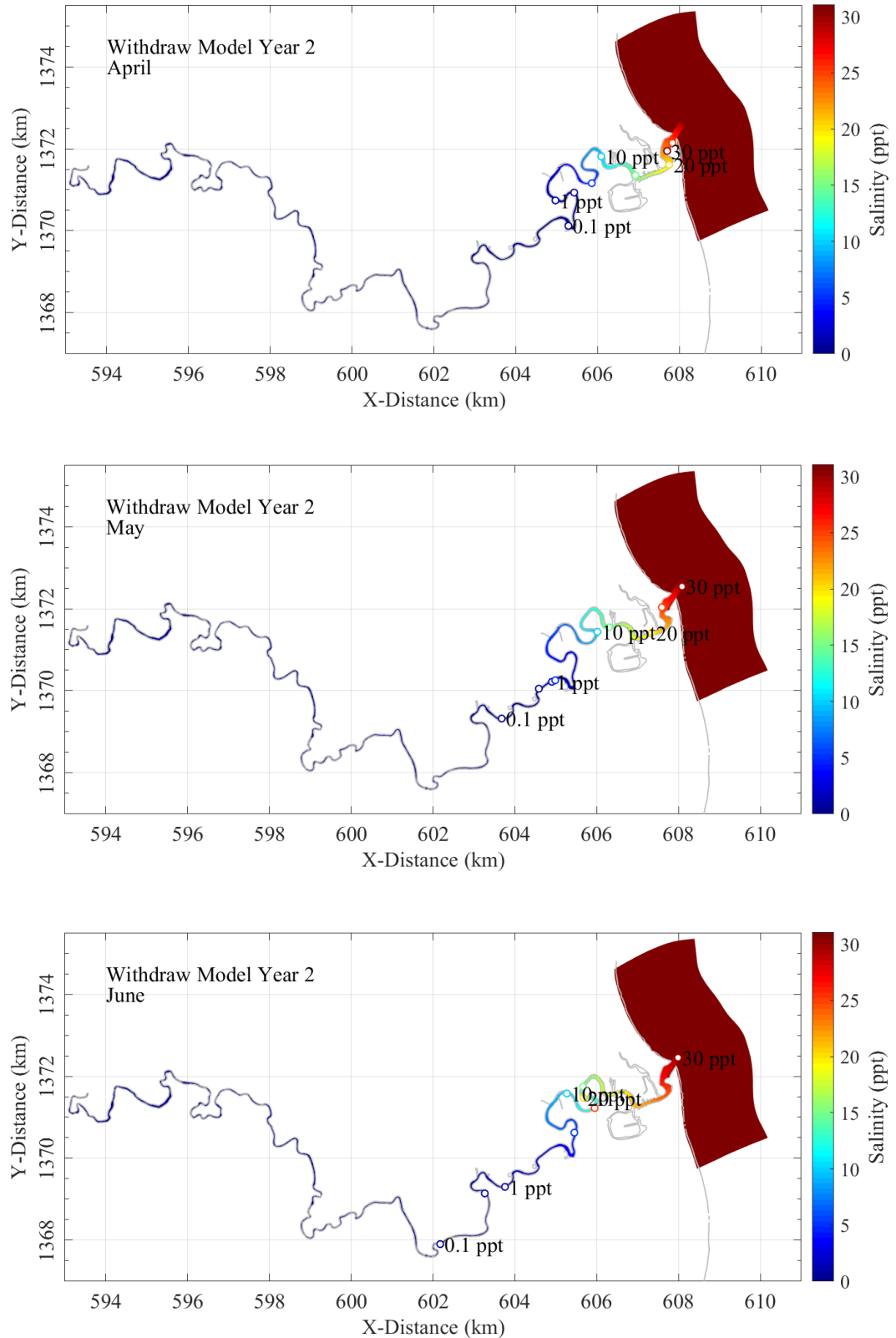
4.2.3 ผลการศึกษา กรณี Withdraw Model

จากการทำ Withdraw Model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีการใส่จุดที่ทดลองทำการดึงน้ำออกจากลำน้ำจำนวน 1 จุด เพิ่มเติมจากปัจจัยพื้นฐาน และค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง เท่ากับ 2.0 เมื่อนำผลการรันมาพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยมาจากเขื่อนปราณบุรี พบว่าช่วงที่มีการปล่อยน้ำท่าปริมาณน้อย (เดือนมกราคม กรกฎาคม และธันวาคม เป็นต้น) ประกอบกับอิทธิพลของลมมรสุมจะทำให้ความสามารถในการรุกของน้ำเค็มสูงขึ้น ซึ่งการรันปีที่ 2 มีระยะห่างจากปากแม่น้ำถึงจุดที่ความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt มีค่าประมาณ 22.7, 19.3, และ 18.0 กิโลเมตร ตามลำดับ และการรันปีที่ 3 มีระยะห่างประมาณ 23.2 และ 19.2 กิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งรุกเข้าไปได้ไกลมากกว่าช่วงที่มีการปล่อยน้ำท่าปริมาณปานกลาง-มาก (เดือนเมษายน และกันยายน เป็นต้น) ที่มีการรุกของน้ำเค็มน้อย โดยการรันปีที่ 2 มีระยะห่างจากปากแม่น้ำจนถึงจุดที่ความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt มีค่าประมาณ 8.4 และ 6.9 กิโลเมตร ตามลำดับ และการรันปีที่ 3 เดือนเมษายน มีระยะห่างประมาณ 8.5 กิโลเมตร จึงจะเห็นได้ว่าการรุกของน้ำเค็มแปรผกผันกับปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยจากเขื่อนปราณบุรีเช่นเดียวกับกรณี Baseline Model และ A0 Model แต่มีประสิทธิภาพของการรุกมากกว่า

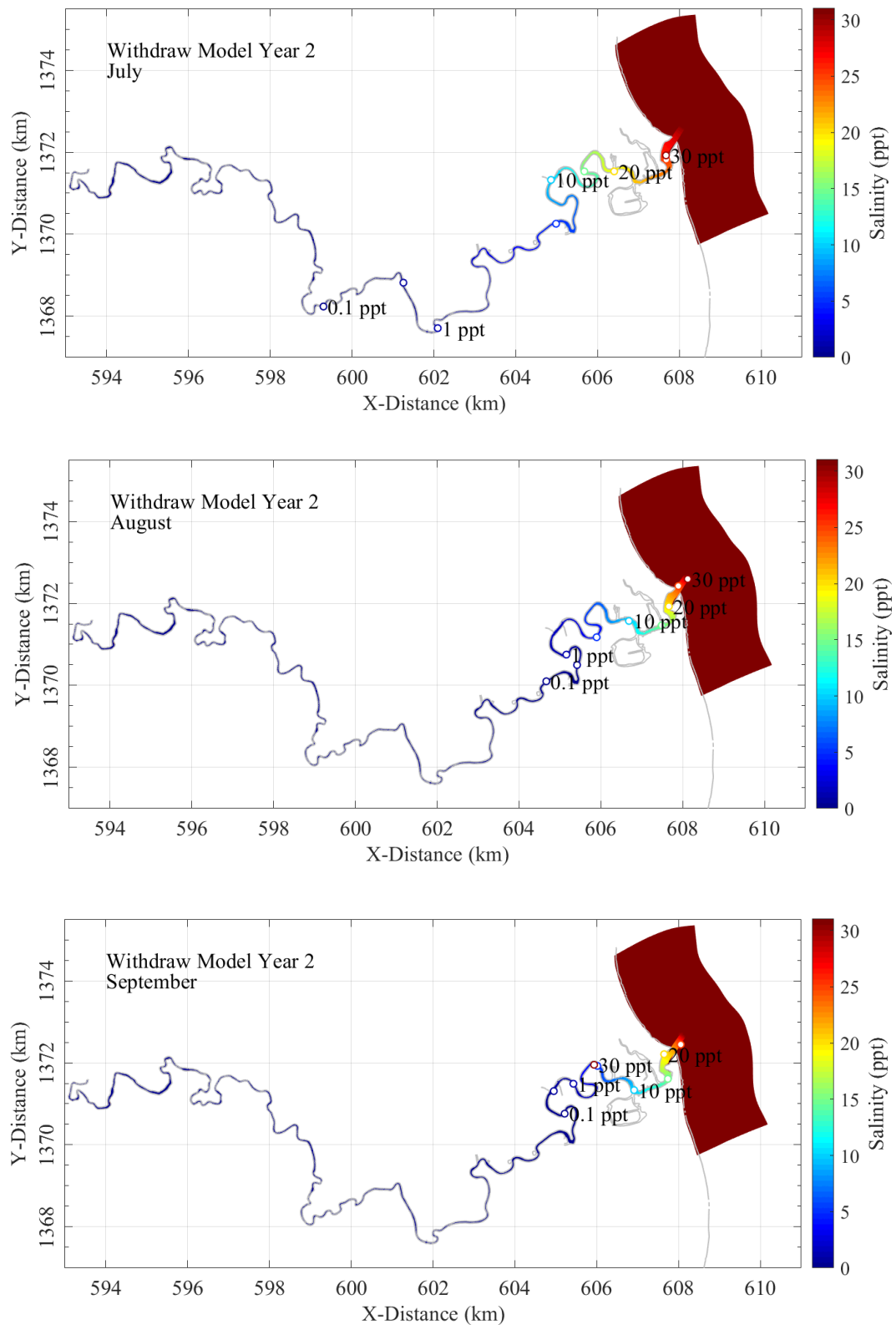
นั่นคือเมื่อนำผลการเคลื่อนตัวของน้ำเค็มมาเทียบกับค่าความเค็มที่ได้จากการสำรวจเดือนมีนาคม ของชวลิต เจริญพงษ์ (2564) พบว่ามีความใกล้เคียงกันมากกว่าแบบจำลอง 2 กรณีก่อนหน้า โดยจุดที่ความเค็มเข้าใกล้ 18, 20, และ 30 ppt มีระยะห่างจากปากแม่น้ำ 12.6, 10.3, และ 2.7 กิโลเมตร ตามลำดับ เทียบกับผลจากแบบจำลองปีที่ 2 มีระยะห่างจากปากแม่น้ำเป็น 1.5, 1.3, และ 0 กิโลเมตร ตามลำดับ และผลจากแบบจำลองปีที่ 3 มีระยะห่างจากปากแม่น้ำเป็น 1.6, 1.4, และ 0 กิโลเมตร ตามลำดับ



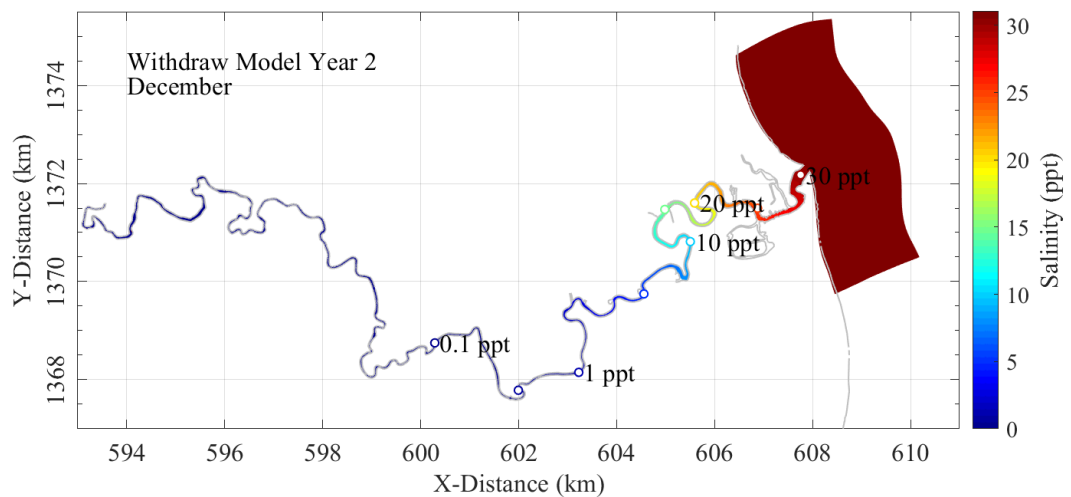
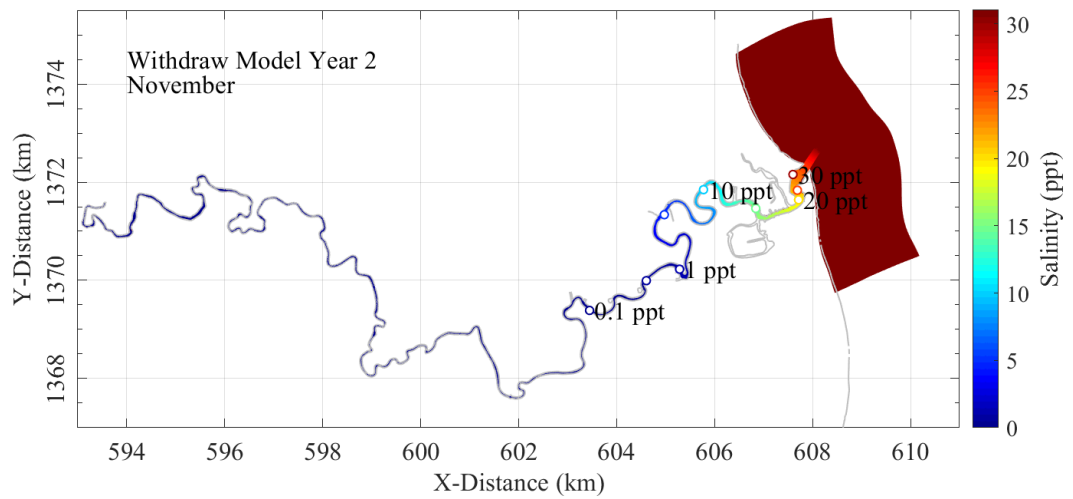
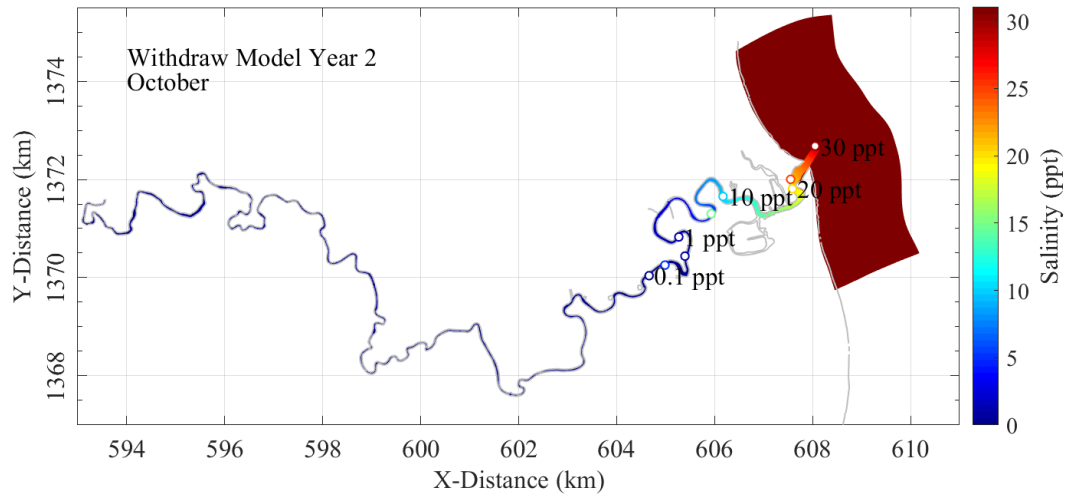
รูปที่ 4.19 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนมกราคม - มีนาคม ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



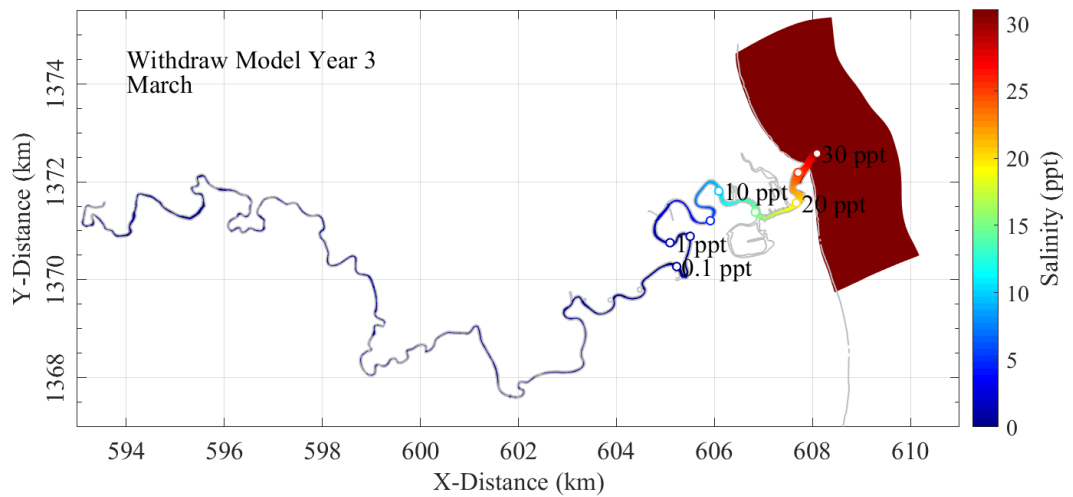
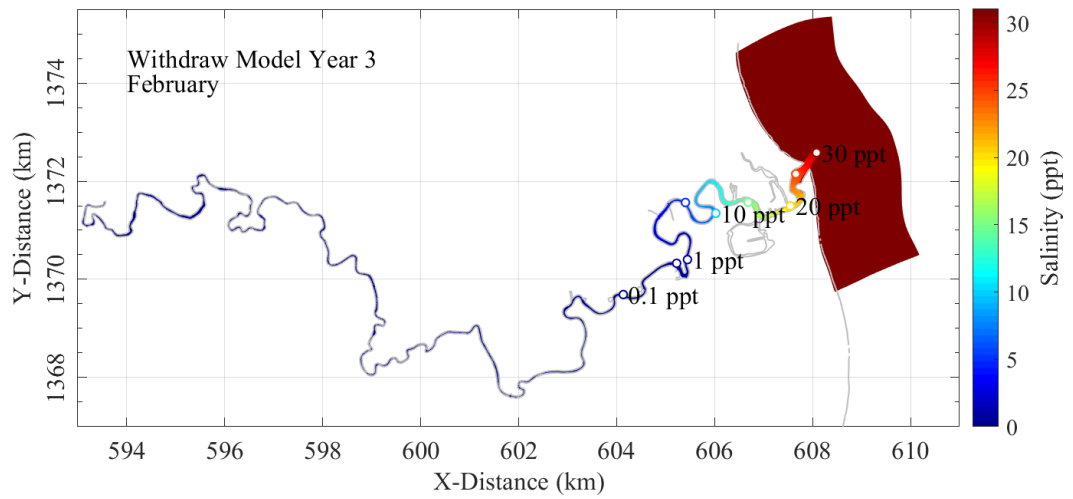
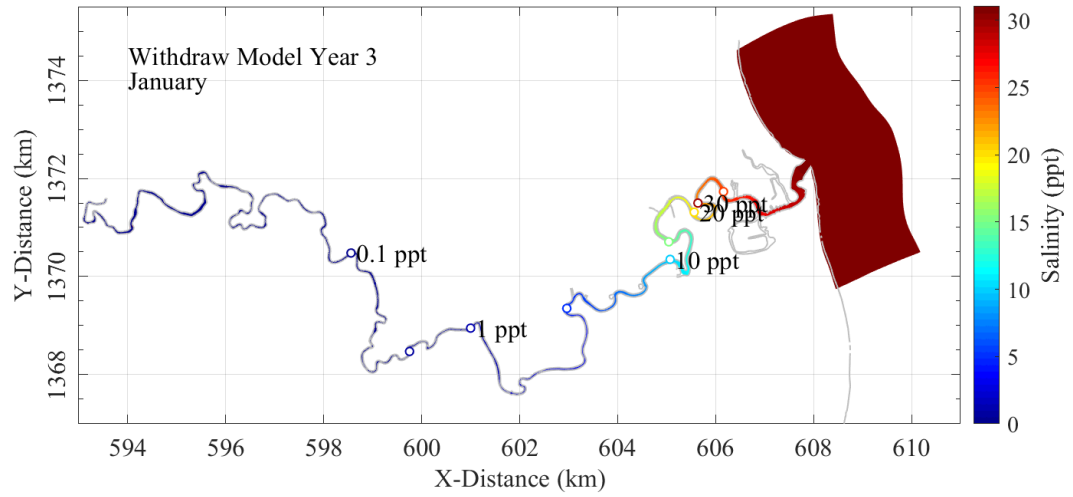
รูปที่ 4.20 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนเมษายน - มิถุนายน ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



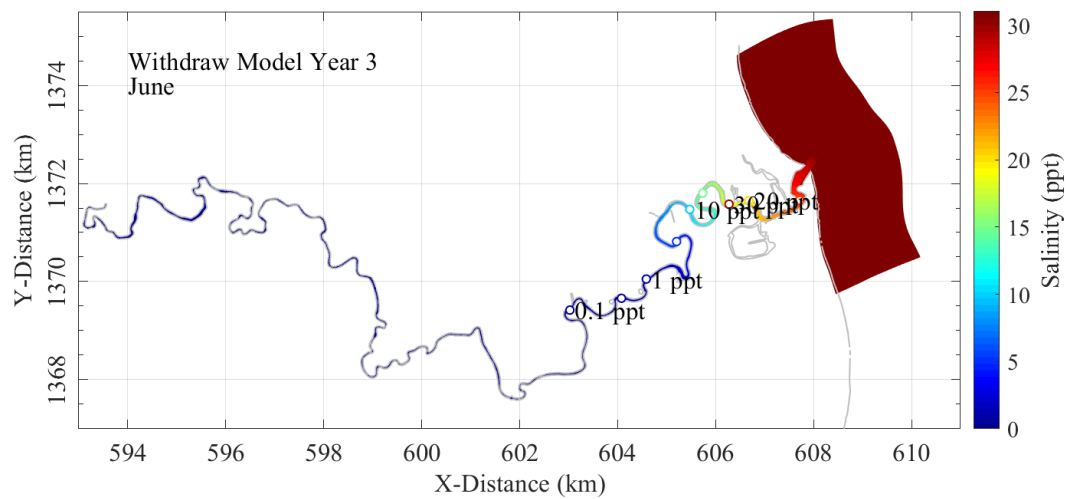
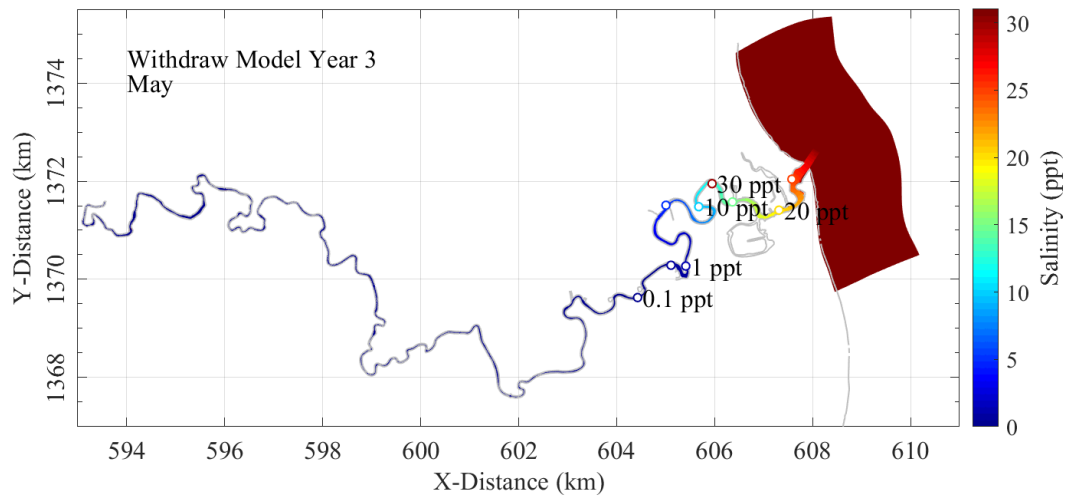
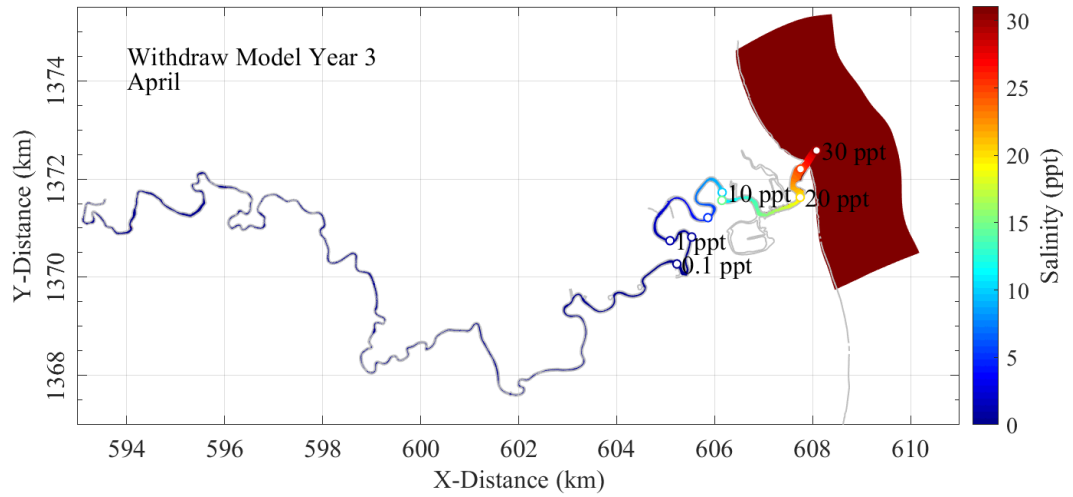
รูปที่ 4.21 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนกรกฎาคม - กันยายน ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



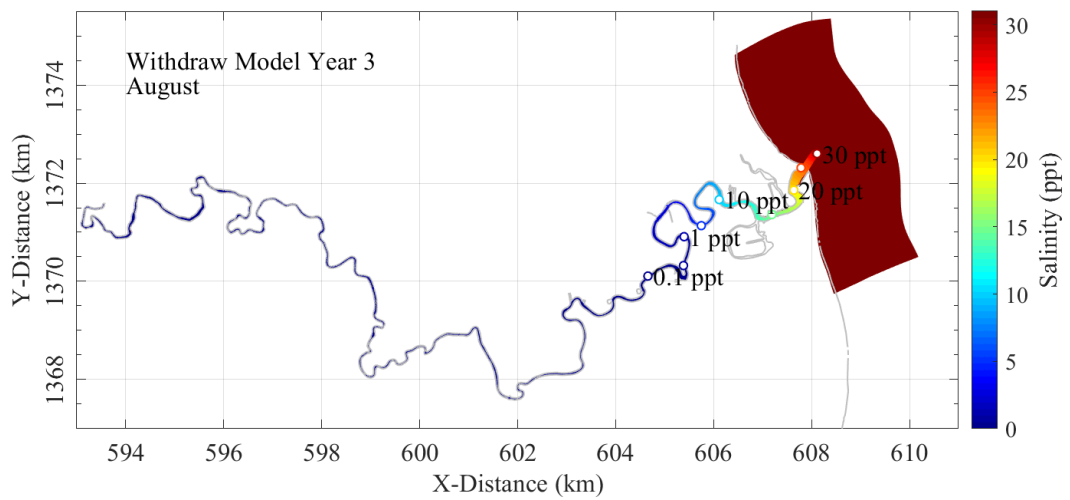
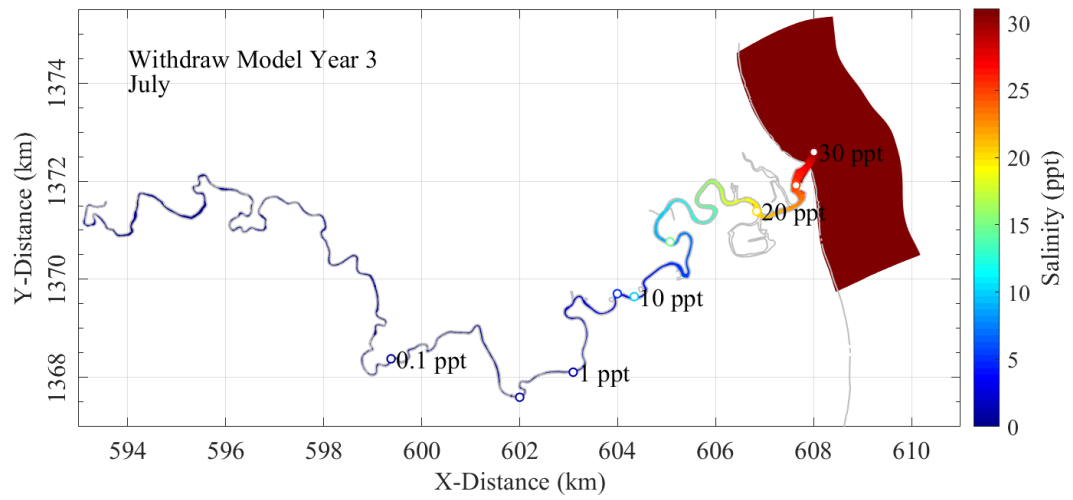
รูปที่ 4.22 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนตุลาคม - ธันวาคม ปีที่ 2 ของการรันแบบจำลอง



รูปที่ 4.23 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนมกราคม - มีนาคม ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง



รูปที่ 4.24 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนเมษายน - มิถุนายน ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง



รูปที่ 4.25 แสดงภาพการรุกของน้ำเค็มจากกรณี Withdraw Model ในเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม ปีที่ 3 ของการรันแบบจำลอง

4.3 วิจารณ์ผลการศึกษา

จากผลการสร้างแบบจำลองทั้งสามกรณีคือ Baseline Model, A0 Model, และ Withdraw Model พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระยะห่างจากปากแม่น้ำถึงจุดที่ความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt ค่าระยะห่างของ Withdraw Model มากกว่า A0 Model และ Baseline Model ทั้งช่วงที่มีการปล่อยน้ำท่าปริมาณมาก ปานกลาง และน้อยจากเขื่อนปราณบุรี แต่เมื่อนำข้อมูลตรวจวัดมาเปรียบเทียบกับแล้ว จะเห็นว่า แม้ค่าความเค็มจาก Withdraw Model จะใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัดมากที่สุดจากทั้งสามกรณี แต่ค่าความเค็มยังห่างจากความเป็นจริงไปมาก โดยค่าความเค็มจากการตรวจวัดมีการกระจายตัวกันตลอดลำน้ำ แต่ความเค็มจากแบบจำลองแม้จะสามารถรุกเข้าไปได้ไกลจากปากแม่น้ำ แต่มีการกระจายตัวน้อยในช่วงความเค็ม 10 – 30ppt ซึ่งทำให้ค่าความเค็มบริเวณปากแม่น้ำของแบบจำลองมีค่าแตกต่างอย่างมากกับข้อมูลตรวจวัด ความแตกต่างนี้อาจเป็นผลมาจากตำแหน่งที่ตั้งน้ำออกจากแบบจำลองอยู่บริเวณต้นน้ำและมีเพียงแค่จุดเดียว ซึ่งความเป็นจริงประชาชนที่อาศัยตามแนวของแม่น้ำปราณบุรี สามารถดึงน้ำออกมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด ดังนั้นจุดที่มีการดึงน้ำออกไปใช้ประโยชน์จึงไม่ได้มีเพียงจุดเดียวเหมือนในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้ค่าความเค็มที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเข้าใกล้มากที่สุดอาจจำเป็นต้องหาข้อมูลตำแหน่งและปริมาณการดึงน้ำออกไปใช้ประโยชน์ของประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้กับแม่น้ำปราณบุรีเพื่อมาประกอบการจำลองการรุกของน้ำเค็มด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ต่อไป

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณการปล่อยน้ำท่าจากเขื่อนรายเดือนเปรียบเทียบกับการรุกของน้ำเค็มจากโมเดลทั้ง 3 กรณี

เดือน	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่ปล่อยจากเขื่อน (ลบ. ม/วินาที)	ระยะห่างโดยประมาณจากปากแม่น้ำถึงจุดที่ใกล้เคียงกับความเค็ม 0 ppt					
		baseline Model		A0 Model		Withdraw Model	
		ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 2	ปีที่ 3
มกราคม*	6	10.2	9.9	17.2	17.3	22.7	23.2
กุมภาพันธ์	13	7.4	8.0	8.0	8.5	9.8	10.0
มีนาคม	13	6.4	6.5	6.9	6.9	8.4	8.5
เมษายน**	13	6.5	6.7	7.1	7.3	8.4	8.5
พฤษภาคม	10	8.2	7.7	8.6	8.4	10.8	9.8
มิถุนายน	8	9.0	8.5	9.9	9.3	14.5	11.7
กรกฎาคม*	10	8.2	9.8	9.3	9.4	19.3	19.2
สิงหาคม	17	7.2	6.8	8.1	7.3	9.2	9.2
กันยายน**	20	5.3	5.2	6.3	6.0	6.9	-
ตุลาคม	15	7.0	7.3	7.3	7.9	9.3	-
พฤศจิกายน	16	7.3	8.5	8.6	9.3	11.0	-

ธันวาคม*	7	9.8	9.8	10.5	10.5	18.0	-
*แสดงเดือนที่เป็นตัวแทนช่วงที่มีการปล่อยน้ำน้อย, ** แสดงเดือนที่เป็นตัวแทนของช่วงที่มีการปล่อยน้ำปานกลาง-มาก							

ตารางที่ 4.2 แสดงระยะทางการรุกของน้ำเค็มจากปากแม่น้ำของโมเดลและข้อมูลตรวจวัด เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564

กรณี	ปีที่รันโมเดล	ระยะห่างโดยประมาณจากปากแม่น้ำถึงจุดที่ใกล้เคียงกับความเค็ม			
		0 ppt	18 ppt	20 ppt	30 ppt
ข้อมูลตรวจวัด	-	-	12.6	10.3	2.7
Baseline Model	ปีที่ 2	6.4	0.8	0.6	0
	ปีที่ 3	6.5	0.9	0.7	0
A0 Model	ปีที่ 2	6.9	1.1	0.8	0
	ปีที่ 3	6.9	1.2	0.8	0
Withdraw Model	ปีที่ 2	8.4	1.5	1.3	0
	ปีที่ 3	8.5	1.6	1.4	0

บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการสร้างแบบจำลองการรุกของน้ำเค็ม บริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี ทั้งหมด 3 กรณี คือ Baseline Model, A0 Model และ Withdraw Model โดยแต่ละกรณีจะทำการรันข้อมูลกรณีละ 3 ปี และจะเริ่มวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ปีที่ 2 เป็นต้นไป สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

การรุกของน้ำเค็มประกอบด้วยหลายปัจจัยทั้ง ลม ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง และการสูบน้ำไปใช้ แต่ปัจจัยหลักคืออิทธิพลของน้ำท่า ซึ่งการรุกของน้ำเค็มจากแบบจำลอง เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งที่ไกลที่สุดใแม่น้ำที่พบความเค็มเข้าใกล้ 0 ppt มีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยน้ำของเขื่อนปราณบุรี กล่าวคือในช่วงที่มีการปล่อยน้ำจากเขื่อนน้อย (เดือนมกราคม กรกฎาคม และธันวาคม) ค่าความเค็มจะสามารถรุกเข้าไปในแม่น้ำ ได้มากกว่าช่วงที่มีการปล่อยน้ำจากเขื่อนมาก (ปลายเดือนสิงหาคมถึงกลางเดือนพฤศจิกายน) เนื่องจากปริมาณน้ำดังกล่าวจะดันน้ำเค็มไม่ให้รุกเข้าสู่แม่น้ำ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของลมร่วมด้วยจะเห็นว่า แม้ช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ที่มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเดือน พฤศจิกายน – มกราคม ที่มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ การรุกของน้ำเค็มก็ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด ต่างแต่จากเมื่อได้รับอิทธิพลของน้ำท่า

จากทั้งหมดที่กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่าแบบจำลองการรุกของน้ำเค็มกรณี Withdraw Model มีการเคลื่อนตัวของน้ำเค็มได้ไกลกว่ากรณี A0 model และ Baseline Model ตามลำดับ เนื่องจากมีการใส่ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรุกของน้ำเค็มเพิ่มขึ้นมา และเมื่อพิจารณาแบบจำลองปีที่ 2 และปีที่ 3 ของทั้ง 3 กรณีจะพบว่าการรุกของน้ำเค็มใกล้เคียงกันในแต่ละกรณี กล่าวคือแบบจำลองการรุกของน้ำเค็มสามารถเข้าสู่สมดุได้ตั้งแต่ปีแรกของการรันข้อมูล ซึ่งในอนาคตหากมีการศึกษาต่อควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆที่อาจมีอิทธิพลต่อการรุกของน้ำเค็ม โดยการเพิ่มอิทธิพลของการระเหยของแม่น้ำและปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ รวมถึงควรมีข้อมูลการใช้ น้ำที่ เกิดขึ้นจริงในลุ่มน้ำจากทุกภาคส่วน เพื่อช่วยให้แบบจำลองสมจริงยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิต. (2559). การเกิดลม. สืบค้นจาก http://tairgle.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=17:wind&catid=8&Itemid=159&lang=en
- กรมชลประทาน. (2564). เขื่อนปราณบุรี ภาคใต้. สืบค้นจาก <http://app.rid.go.th:88/reservoir/>
- จิราภา อังศุวรพฤกษ์. (2564). แบบจำลองอุทกพลศาสตร์จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ [ไฟล์ข้อมูล]. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ชวลิต เจริญพงษ์. (2564). ข้อมูลตรวจวัดความเค็ม บริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี เดือนมีนาคม 2564 [ไฟล์ข้อมูล]. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ภัทรพร ทองนิ่ม และ ภควัต ลำจวน. (2559). การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่ารายวันที่ส่งผลต่อน้ำท่วมฉับพลันในลุ่มแม่น้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก. สืบค้นจาก <http://dspace.lib.buu.ac.th/handle/1234567890/1926>
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (2553). กระแสน้ำในมหาสมุทร. สืบค้นจาก <http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/ocean-circulation>
- ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี. (2560). รู้จักกับแม่น้ำปราณบุรี. สืบค้นจาก <https://www.facebook.com/SirinartCenter/posts/1511243058957519/>
- ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี. (2562). น้ำจืดสำคัญกับป่าชายเลนอย่างไร...???. สืบค้นจาก <https://www.facebook.com/SirinartCenter/posts/1712530342162122/>
- อิชฌิกา พรหมทอง. (2546). วิธีการศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์. ใน คู่มือวิธีการประเมินแบบรวดเร็วเพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพื้นที่ชายฝั่งทะเล : ระบบนิเวศป่าชายเลน. ภูมิภาครัตน ปภาวสิทธิ์ และคณะ, บรรณาธิการ, กรุงเทพมหานคร: ประสพสุขชัยการพิมพ์. หน้า 167 – 217.

ภาษาอังกฤษ

- Gong, W., Lin, Z., Chen, Y., Chen, Z., & Zhang, H. (2018). Effect of winds and waves on salt intrusion in the Pearl River estuary. *Ocean Science*, 14(1), 139-159.
- Putzu, S., Enrile, F., Besio, G., Cucco, A., Cutroneo, L., Capello, M., & Stocchino, A. (2019). A reasoned comparison between two hydrodynamic models: Delft3D-flow and ROMS (regional oceanic modelling system). *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(12), 464.
- Robertson, A. I. and Blaber, S. J. M. (1992). Plankton, Epibenthos and Fish Communities. In

Tropical Mangrove Ecosystems – (Coastal and Estuarine Series). Robertson, A. I. and Alongi, D. M., eds. The American Geophysical Union: Washington, D.C., United States. pp. 173 –224

Xue, P., Chen, C., Ding, P., Beardsley, R. C., Lin, H., Ge, J., & Kong, Y. (2009). Saltwater intrusion into the Changjiang River: A model-guided mechanism study. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114(C2); citing using google scholar. Retrieved from <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2008JC004831>