การวิเคราะห์การรุกตัวของน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11

Salinity Intrusion Analysis in Bangpakong River by Mathematical Model MIKE 11

วิชญาณี อื้อรัตน์[1] จิระวัฒน์ กณะสุต[2]

Wichayanee Urat[1] Jirawat Kanasut[2]

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

E-mail: wichayanee.ura@ku.th[1] fengjwg@ku.ac.th[2]

บทคัดย่อ

แม่น้ำบางปะกงได้รับอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล ทำให้ในช่วงฤดูแล้งประสบปัญหาความเค็มรุกล้ำเข้ามาในแม่น้ำส่งผลกระทบต่อเกษตรกรและการนำน้ำไปผลิตน้ำประปาโดยจุดควบคุมความเค็มอยู่ที่ประตูระบายน้ำบางขนาก ซึ่งจะต้องควบคุมค่าความเค็มที่จุดดังกล่าวไม่ให้เกิน 1 กรัม/ลิตร ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11– HD จำลองการไหลในลำน้ำ และแบบจำลอง MIKE 11-AD จำลองการแพร่กระจายค่าความเค็ม ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ (Manning's n) ของแม่น้ำบางปะกงมีค่าอยู่ระหว่าง 0.025 – 0.050 และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 100 – 500 ตารางเมตรต่อวินาที ในการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้เพื่อหาเกณฑ์การระบายน้ำ โดยได้เลือกช่วงวันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2558 พบว่าควรให้มีปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 เพิ่มขึ้น 178.42 ล้านลูกบาศก์เมตร จึงจะทำให้ค่าความเค็มที่จุดควบคุมไม่เกิน 1 กรัม/ลิตร

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11–HD, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11–AD, ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ, ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็ม

Abstract

Bangpakong River is influenced by the sea level fluctuations. During the drought, the problem of salinity intrusion into the river affects farmers and producing the water supply. The salinity control point is at the Bang Kanak Floodgate. That must control the

salinity at the control point is not over than 1 gram per liter. In this study, using MIKE 11-HD mathematical model simulated flows in the river and using MIKE 11-AD simulated the dispersion of salinity in the river. In the calibration and verification of the model, it was found that The Manning's n of the Bangpakong River is between 0.025 - 0.050 and the dispersion coefficient is between 100 - 500 square meter per second.

The application of the model to find drainage criteria is chosen on January 1st to March 31st, 2015. It was found that the volume of water passing the runoff station at KGT.3 should be increased by 178.42 million cubic meters so the salinity at the control point should not be exceeded 1 gram per liter.

Keyword: MIKE 11-HD mathematical model, MIKE 11-AD mathematical model, Manning's n, Dispersion coefficient

บทนำ

ลุ่มน้ำบางปะกงตั้งอยู่ทางตะวันออกของประเทศไทยมี โดยเกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำนครนายกที่ไหลมาจากที่สูงตอนเหนือของจังหวัดนครนายก มาบรรจบกับแม่น้ำปราจีนบุรีที่ แล้วไหลออกสู่ทะเล ทำให้น้ำในแม่น้ำมีการขึ้นลงตามการขึ้นลงของน้ำทะเล พื้นที่ตลอดลำน้ำบางปะกงจึงได้รับผลกระทบจากความเค็ม เนื่องจากบริเวณริมฝั่งแม่น้ำบางปะกงเป็นที่ตั้งของชุมชนและเป็นแหล่งน้ำเพื่อการประกอบอาชีพต่าง ๆ ทั้งการเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรม พื้นที่ดังกล่าวจึงได้รับผลกระทบจากการรุกตัวของความเค็ม

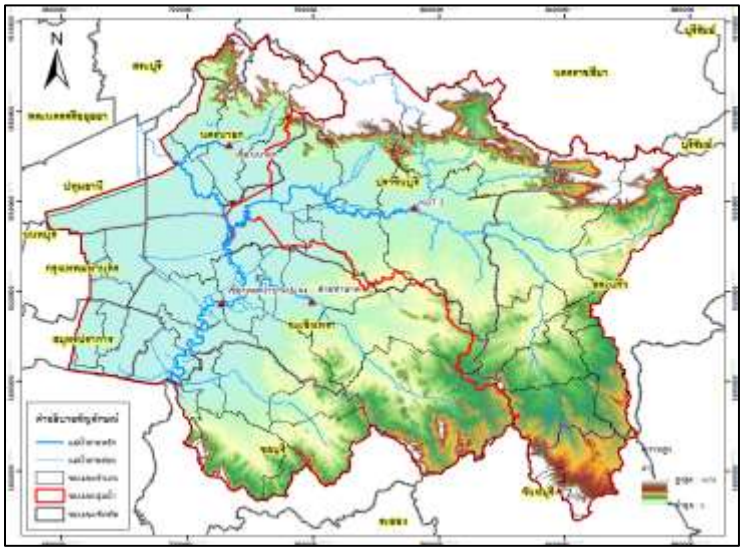
ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการรุกตัวของความเค็มโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาแนวทางในการบรรเทาการรุกตัวของความเค็ม โดยในการศึกษานี้ได้เลือกแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 จำลองสภาพการไหลและการนำพา-แพร่กระจายของความเค็มในแม่น้ำเพื่อหาแนวทางในการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำและประตูระบายน้ำต่าง ๆ ที่อยู่เหนือลำน้ำไปผลักดันน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกงให้ค่าความเค็มอยู่ในเกณฑ์ควบคุม

วัตถุประสงค์

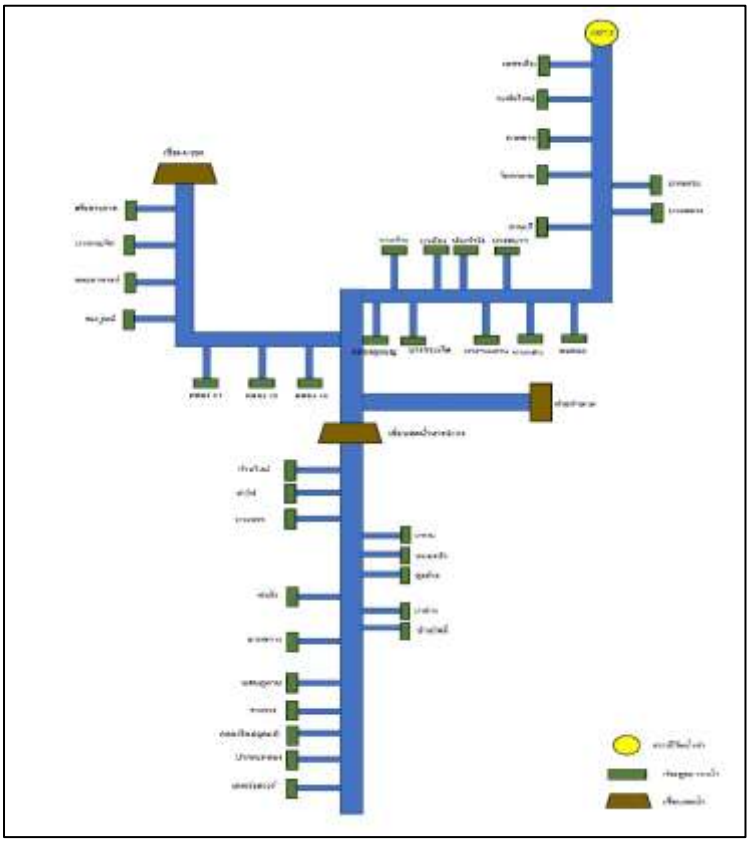
1. ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจำลองการไหลในแม่น้ำบางปะกง
2. ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์การรุกตัวของความเค็มเค็มในแม่น้ำบางปะกง
3. เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาการรุกล้ำน้ำเค็มในแม่น้ำบางปะกง

พื้นที่ศึกษา

แม่น้ำบางปะกงเกิดจากการรวมตัวของแม่น้านครนายกที่ไหลมาจากที่สูงตอนเหนือของจังหวัดนครนายก มาบรรจบกับแม่น้ำปราจีนบุรีที่ไหลมาจากลุ่มน้ำปราจีนบุรี ที่บริเวณอำเภอบ้านสร้างจังหวัดปราจีนบุรี และอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา จากนั้นจะไหลผ่านที่ราบบริเวณจังหวัดฉะเชิงเทราและไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอบางปะกง รวมระยะทางจากปากแม่น้ำถึงจุดบรรจบประมาณ 120 กม. ในขอบเขตพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย เขื่อนทดน้ำนครนายก ตั้งอยู่บนแม่น้ำนครนายก สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 ตั้งอยู่บนแม่น้ำปราจีนบุรี และฝายท่าลาดตั้งอยู่บนคลองท่าลาดซึ่งเป็นลำน้ำสายย่อยของแม่น้ำบางปะกง ดังรูปที่ 1 และผังน้ำแม่น้ำบางปะกง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาการรุกล้ำน้ำเค็มของแม่น้ำบางปะกง



รูปที่ 2 ผังน้ำแม่น้ำบางปะกง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. แบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ (MIKE11-HD)

คำนวณการไหลใน 1 มิติ โดยใช้ทฤษฎีของกฎทรงมวลคือ มวลน้ำไม่สูญหายไปและหากมีแรงกระทำที่ไม่สมดุลจึงเกิดการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ ดังสมการต่อไปนี้ (DHI, 1995)

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2\partial}{\partial A}\frac{\partial Q}{\partial X} + \left(g\frac{A}{B} - \frac{Q^2}{A^2}\right)\frac{\partial A}{\partial X} + gA(S_f + S_0) = 0 \qquad (2)$$

Q = ปริมาณการไหล

A = พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ

t = เวลา

X = ระยะทาง

B = ความกว้างของลำน้ำ

g = ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลก

S_f = ความลาดชันของความเสียดทาน

S_0 = ความลาดชันท้องน้ำ

2. แบบจำลองลองการนำพา-การแพร่กระจายมวลสารในลำน้ำ (MIKE11-AD)

จำลองการแพร่กระจายมวลสารโดยมีอิทธิพลการไหลของน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ในการจำลองการเคลื่อนที่มวลสารในลำน้ำนั้นใช้หลักการของกฎทรงมวล โดยจำลองการไหลใน 1 มิติ สมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial X} + \frac{\partial}{\partial X}\left(AD_f \frac{\partial C}{\partial X}\right) = -AKC + C_S.q \qquad (3)$$

C = ความเข้มข้น (มวล/ปริมาตร)

Df = สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (ตารางเมตร/วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)

K = สัมประสิทธิ์การย่อยสลาย ($วินาที^{-1}$)

Cs = ความเข้มข้นต้นกำเนิดสาร (มวล/ปริมาตร)

q = อัตราการไหลด้านข้างต่อหน่วยความยาวลำน้ำ ($ม^2$/วินาที)

t = ช่วงเวลา (วินาที)

x = ระยะทาง (เมตร)

โดยค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Dispersion Coefficient) คำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$D_f = aV^b \qquad (4)$$

a= แฟกเตอร์ของการแพร่กระจาย

b = ค่าคงที่ยกกำลัง

วิธีการศึกษา

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

รวบรวมแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 ของบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำนครนายก เพื่อหาลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำของพื้นที่ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำและระดับน้ำที่วัดตามสถานีวัดน้ำ ระดับน้ำทะเล รูปตัดขวางลำน้ำ อาคารบังคับน้ำและจุดสูบน้ำประปา

2. การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

จำลองสภาพการไหลในแม่น้ำบางปะกงโดยใช้แบบจำลองย่อยทางอุทกพลศาสตร์ MIKE 11- HD และแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจาย MIKE 11-AD มีขั้นตอนดังนี้

2.1 จัดทำแบบจำลองสภาพการไหล (MIKE 11-HD)

1) จัดทำโครงข่ายของลำน้ำสายหลักประกอบด้วยแม่น้ำนครนยก แม่น้ำปราจีนบุรี และแม่น้ำบางปะกง จากข้อมูลพิกัดและรูปตัดลำน้ำ

2) กำหนดจุดขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary Condition) โดยของแม่น้ำนครนายกที่เขื่อนทดน้ำนครนายก แม่น้ำปราจีนบุรีที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 และคลองท่าลาดที่ฝายท่าลาดประกอบด้วยปริมาณการระบายน้ำผ่านอาคารชลศาสตร์และปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสถานี สำหรับเงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary Condition) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงเลือกใช้ข้อมูลของสถานีวัดระดับน้ำรายชั่วโมงของกรมเจ้าท่า

3) ทำการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ (Manning ‘s n) จากแบบจำลอง MIKE 11-HD ในช่วงวันที่ 1 มกราคม – 15 มีนาคม พ.ศ. 2558 โดยจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำในระบบลำน้ำหลัก โดยใช้อนุกรมเวลาของระดับน้ำที่ประตูระบายน้ำบนแม่น้ำบางปะกง ได้แก่ ปตร.ปากตะคลอง ปตร.คลองใหม่อุดมดี ปตร.แสนภูดาษ ปตร.ลาดขวาง ปตร.ท่าถั่ว ปตร.บางพระ ปตร.ท่าไข่ และปตร.บ้านใหม่ มาทำการปรับเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ตรวจวัดจริง โดยใช้ค่าทางสถิติ Correlation coefficient (r) ควรเข้าใกล้ 1 และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ควรเข้าใกล้ 0 เป็นเครื่องมือตรวจสอบค่าที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง

4) ทำการตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ (Manning’s n) จากแบบจำลอง MIKE 11-HD ในช่วงวันที่ 1 มกราคม – 15 มีนาคม พ.ศ. 2559 โดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน

ท้องน้ำ (Manning's n) ชุดเดิมที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง แต่เปลี่ยนข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล เป็นช่วงที่ทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

2.2 จัดทำแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจาย (MIKE 11-AD)

1) นำข้อมูลที่ได้คือระดับน้ำและความเร็วการไหลของน้ำในแม่น้ำบางปะกงจากแบบจำลอง MIKE11-HD มาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง MIKE11-AD เพื่อประกอบการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองโดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง MIKE11-AD คือค่าความเค็มของน้ำเพื่อประกอบการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การการแพร่กระจายค่าความเค็ม (Dispersion Factor)

2) แบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจายจะใช้ข้อมูลนำเข้าเช่นเดียวกับแบบจำลองสภาพการไหลข้างต้น แต่จะเพิ่มเติมในส่วนของ อนุกรมเวลาของค่าความเค็มที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งหมด 7 จุด ได้แก่ ปตร.บางขนาก ปตร.บางโรง ปตร.บางกระเจ็ด สถานีบางตลาด ปตร.ทาถั่ว ปตร.ท่าไข่ และปตร.ปากตะคลอง จากขอบเขตด้านเหนือน้ำมายังด้านท้ายน้ำ ตามลำดับ

3) ทำการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายค่าความเค็ม จากแบบจำลอง MIKE 11-AD ในช่วงวันที่ 1 มกราคม – 15 มีนาคม พ.ศ. 2558 โดยจำลองการนำพา-การแพร่กระจายของค่าความเค็มในระบบลำน้ำหลัก โดยใช้อนุกรมเวลาของค่าความเค็มที่จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้งหมด 7 จุด มาทำการปรับเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ตรวจวัดจริง โดยใช้ค่าทางสถิติ Correlation coefficient (r) ควรเข้าใกล้ 1 และค่า Root Mean Square Error (RMSE) ควรเข้าใกล้ 0 เป็นเครื่องมือตรวจสอบค่าที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง

4) ทำการตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายค่าความเค็ม จากแบบจำลอง MIKE 11-AD ในช่วงวันที่ 1 มกราคม – 15 มีนาคม พ.ศ. 2559 โดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์แพร่กระจายค่าความเค็มชุดเดิมที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง แต่เปลี่ยนข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล เป็นช่วงที่ทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

2.3 การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้

เลือกช่วงเวลาที่ใช้สอบเทียบแบบจำลองคือวันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 เนื่องจากผลการสอบเทียบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจายให้ผลการคำนวณได้ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดมากกว่าผลจากการตรวจสอบแบบจำลอง ในการศึกษาครั้งนี้ได้จำลองการระบายใน 2 กรณี คือ

1. วิเคราะห์ปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 เพื่อให้ค่าความเค็มที่จุดควบคุม ปตร.บางขนาก มีค่าไม่เกิน 1 กรัม/ลิตร

2. วิเคราะห์ปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 และระบายน้ำจากฝายท่าลาด เพื่อให้ค่าความเค็มที่จุดควบคุมที่ ปตร.บางขนาก มีค่าไม่เกิน 1 กรัม/ลิตร

ผลการศึกษาและวิจารณ์

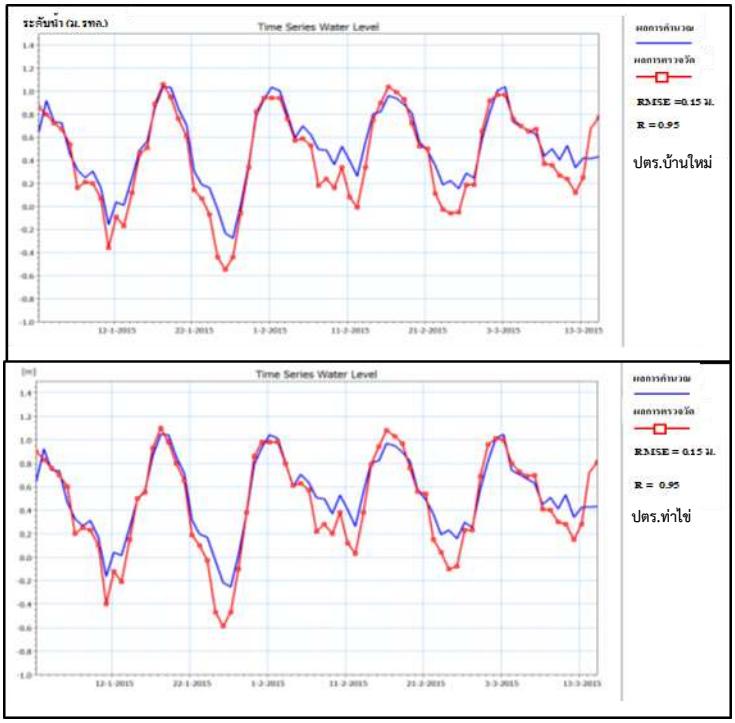
1. ผลการสอบเทียบแบบจำลองสภาพการไหล

การสอบเทียบแบบจำลองสภาพการไหลได้ทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความต้านท้านท้องน้ำ (Manning's n) เพื่อให้ค่าระดับน้ำที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดที่จุดพิจารณา ได้แก่ ปตร.บ้านใหม่ ปตร.ท่าไข่ ปตร.บางพระ ปตร.ท่าถั่ว ปตร.ลาดขวาง ปตร.แสนภูดาษ ปตร.คลองใหม่อุดมดี และปตร.ปากตะคลอง จากด้านเหนือน้ำมายังท้ายน้ำ ตามลำดับ

จากการสอบเทียบแบบจำลองการไหลพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านท้านท้องน้ำ (Manning's n) ที่เหมาะสมของแม่น้ำบางปะกง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.025-0.050 โดยตารางที่ 1 แสดงผลการสอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ (Manning's n) ในแต่ละช่วง Chainage ที่มีการเปลี่ยนแปลง และรูปที่ 3 แสดงผลการสอบเทียบระดับน้ำของแบบจำลองสภาพการไหลที่จุดพิจารณาต่าง ๆ

ตารางที่ 1 แสดงผลการสอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ ตามช่วงความยาวลำน้ำ

ลำดับที่	ชื่อแม่น้ำ	ช่วงความยาวลำน้ำ (ม.)	สัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ (Manning' n)
1	ปราจีนบุรี	0-74,147	0.045-0.030
2	ปราจีนบุรี	74,147-104,360	0.030-0.035
3	ปราจีนบุรี	104,360-107,581	0.035-0.025
4	ปราจีนบุรี	107,581-127,906	0.025-0.035
5	ปราจีนบุรี	127,906-165,431	0.035-0.025
6	บางปะกง	0-22,489	0.045-0.040
7	บางปะกง	224,89-33,510	0.040-0.045
8	บางปะกง	33,510-47,155	0.045-0.040
9	บางปะกง	47,155-73,572	0.040-0.050
10	บางปะกง	73,572-80,000	0.050-0.035



รูปที่ 3 ผลการสอบเทียบแบบจำลองสภาพการไหลที่ ปตร.บ้านใหม่ และปตร.ท่าไข่

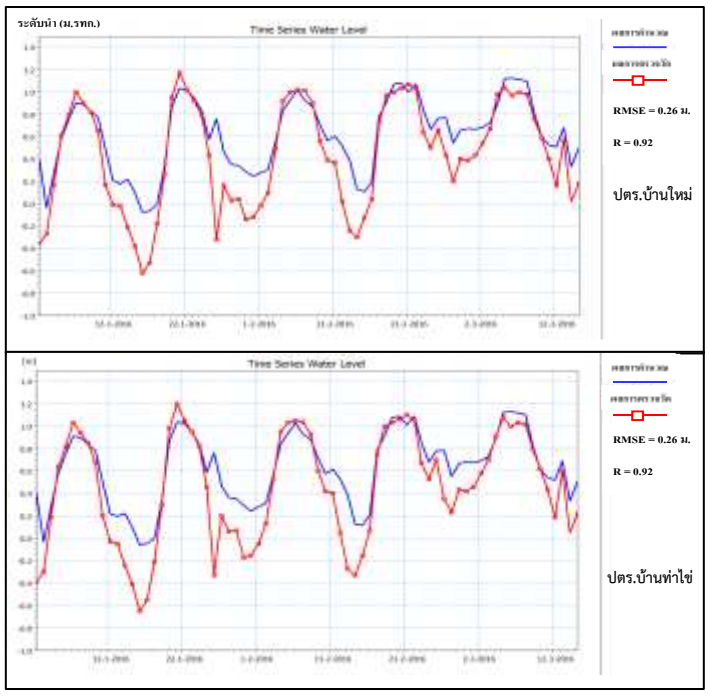
2. ผลการตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหล

สำหรับการตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหลว่ามีความถูกต้อง และเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ (Manning's n) ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองสภาพการไหลตามช่วงระยะทางของแม่น้ำมาใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง โดยใช้ค่าทางสถิติคือค่า RMSE (Root Mean Square Error) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มาเป็นค่าทางสถิติในการตัดสินใจประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ในการศึกษานี้ได้ทำการสอบเทียบแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2558 และตรวจสอบแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2559 ดังแสดงในตารางที่ 2 และผลการตรวจสอบแบบจำลองที่จุดพิจารณาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 2 แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลองสภาพการไหล ตามช่วงความยาวลำน้ำ

ลำดับที่	จุดที่พิจารณา	การสอบเทียบแบบจำลอง		การตรวจสอบแบบจำลอง	
		RMSE (เมตร)	R	RMSE (เมตร)	R
1	ปตร.บ้านใหม่	0.15	0.95	0.26	0.92
2	ปตร.ท่าไข่	0.15	0.95	0.26	0.92
3	ปตร.บางพระ	0.18	0.95	0.28	0.92
4	ปตร.ท่าถั่ว	0.11	0.97	0.15	0.98
5	ปตร.ลาดขวาง	0.16	0.98	0.15	0.97
6	ปตร.แสนภูดาษ	0.21	0.96	0.17	0.97
7	ปตร.คลองใหม่อุดมดี	0.16	0.90	0.21	0.86
8	ปตร.ปากตะคลอง	0.16	0.91	0.20	0.86



รูปที่ 4 ผลการตรวจสอบแบบจำลองสภาพการไหลที่ ปตร.บ้านใหม่ และปตร.ท่าไข่

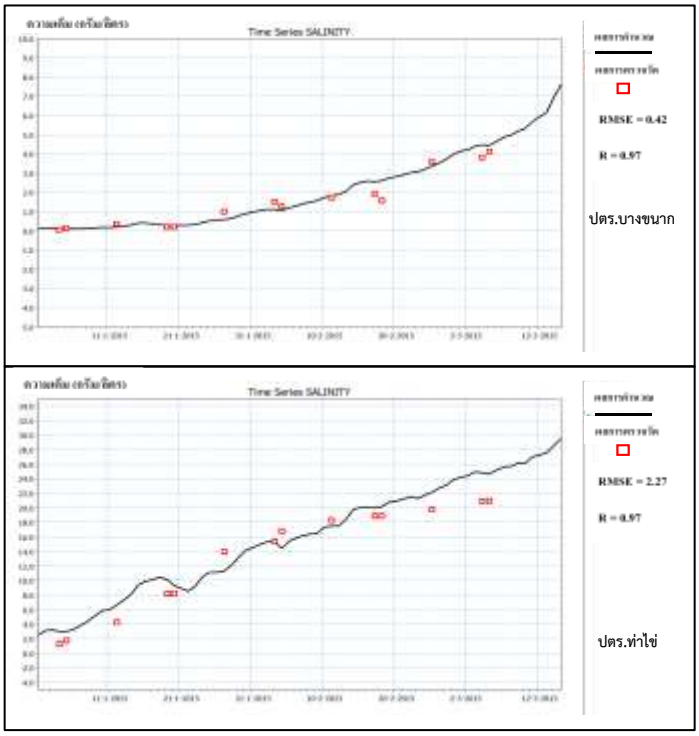
3. ผลการสอบเทียบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจาย

การสอบเทียบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจายได้ทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของความเค็ม (Dispersion Factor) เพื่อให้ค่าความเค็มที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดที่จุดตรวจวัดความเค็ม 7 จุด ได้แก่ ปตร.บางขนาก ปตร.บางโรง ปตร.บางกระเจ็ด สถานีบางตลาด ปตร.ท่าไข่ ปตร.ท่าถั่ว ปตร.ปากตะคลอง จากด้านเหนือน้ำมายังท้ายน้ำ ตามลำดับ

จากการสอบเทียบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจาย พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของความเค็ม (Dispersion Factor) ของลำน้ำที่เหมาะสมของแม่น้ำบางปะกง มีค่าอยู่ระหว่าง 100-500 ตารางเมตรต่อวินาที โดยตารางที่ 3 แสดงผลการสอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของความเค็มในแต่ละช่วงความยาวของลำน้ำ และรูปที่ 5 แสดงผลการสอบเทียบค่าความเค็มที่จุดพิจารณาต่าง ๆ

ตารางที่ 3 แสดงผลการสอบเทียบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจาย ตามช่วงความยาวลำน้ำ

ลำดับที่	ชื่อแม่น้ำ (ในแบบจำลอง)	ช่วงความยาวลำน้ำ (ม.)	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (ตารางเมตร/วินาที)
1	ปราจีนบุรี	0-139,280	100-200
2	ปราจีนบุรี	139,280-165,431	200-300
3	บางปะกง	0-73,572	300-500



รูปที่ 5 ผลการสอบเทียบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจายที่ ปตร.บางขนาก และปตร.ท่าไข่

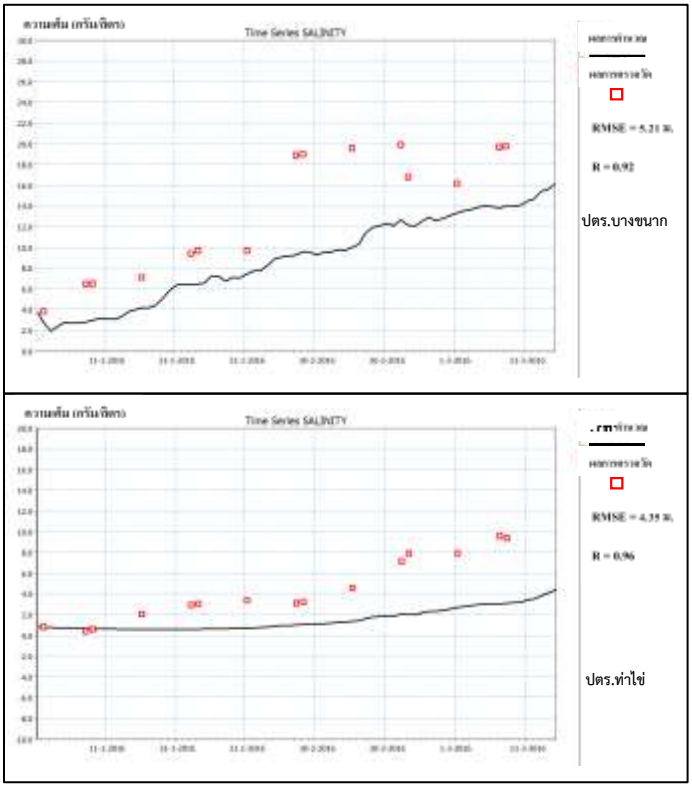
4. ผลการตรวจสอบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจาย

สำหรับการตรวจสอบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจายว่ามีความถูกต้อง และเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การนำพา-การแพร่กระจายที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจาย ตามช่วงระยะทางของแม่น้ำมาใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง โดยใช้ค่าทางสถิติคือค่า RMSE (Root Mean Square Error) และสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ในการศึกษานี้ได้ทำการสอบเทียบแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2558 และตรวจสอบแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2559 ดังแสดงในตารางที่ 4 และผลการตรวจสอบแบบจำลองที่จุดพิจารณาต่าง ๆ ดังรูปที่ 6

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิ์ผลของการสอบเทียบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจาย

ลำดับที่	จุดที่พิจารณา	การสอบเทียบแบบจำลอง		การตรวจสอบแบบจำลอง	
		RMSE (กรัม/ลิตร)	R	RMSE (กรัม/ลิตร)	R
1	ปตร.บางขนาก	0.42	0.97	4.35	0.96
2	ปตร.บางโรง	0.75	0.95	5.15	0.95
3	ปตร.บางกระเจ็ด	1.38	0.94	5.49	0.94
4	สถานีบางตลาด	2.48	0.93	6.64	0.92
5	ปตร.ท่าไข่	2.27	0.97	5.21	0.92
6	ปตร.ท่าถั่ว	5.99	0.97	3.70	0.98
7	ปตร.ปากตะคลอง	2.06	0.98	3.10	0.81



รูปที่ 6 ผลการตรวจสอบแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจายที่ ปตร.บางขนาก และปตร.ท่าไข่

5. ผลการนำแบบจำลองไปใช้ประโยชน์

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเพิ่มของสถานีวัดน้ำท่า KGT.3 เพื่อให้ค่าความเค็มที่จุดควบคุม ปตร.บางขนาก มีค่าไม่เกิน 1 กรัม/ลิตร โดยผลจากการจำลองแบบจำลองการนำพา-การแพร่กระจายความเค็ม จากผลปริมาณน้ำผ่านจริงที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 และฝายท่าลาดตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 พบว่าค่าความเค็มที่ ปตร.บางขนาก มีค่าเกิน 1 กรัม/ลิตร ในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 ดังแสดงในรูปที่ 7 และได้หาแนวทางการระบายน้ำ ดังต่อไปนี้

1. เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 เพิ่มขึ้น 35 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตั้งแต่วันที่ 31 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 เป็นปริมาณน้ำที่เพิ่มทั้งสิ้น 178.42 ล้านลูกบาศก์เมตร พบว่าค่าความเค็มที่ ปตร.บางขนาก มีค่าไม่เกิน 1 กรัม/ลิตร ไปจนถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 ดังแสดงในรูปที่ 8

2. เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 เพิ่มขึ้น 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตั้งแต่วันที่ 31 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 เป็นปริมาณน้ำที่ระบายเพิ่มทั้งสิ้น 152.53 ล้านลูกบาศก์เมตร และระบายน้ำจากฝายท่าลาดเพิ่ม 40 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตั้งแต่วันที่ 10 มีนาคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 เป็นปริมาณน้ำที่ระบายเพิ่มทั้งสิ้น 72.58 ล้านลูกบาศก์เมตร พบว่าค่าความเค็มที่ ปตร.บางขนาก มีค่าไม่เกิน 1 กรัม/ลิตร ไปจนถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 7 ค่าความเค็มที่จุดควบคุม ปตร.บางขนาก จากผลการระบายน้ำจริง

รูปที่ 8 เปรียบเทียบค่าความเค็มก่อน-หลัง เพิ่มปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 35 ลบ.ม./วินาที

รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่าความเค็มก่อน-หลัง เพิ่มปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 30 ลบ.ม./วินาที และระบายเพิ่มจากฝายท่าลาด 40 ลบ.ม./วินาที ตั้งแต่วันที่ 10 มี.ค. – 31 มี.ค. 58 ที่จุดควบคุม ปตร.บางขนาก

สรุปผลการศึกษา

จากการใช้แบบจำลอง MIK11-HD จำลองสภาพการไหลในลำน้ำ และแบบจำลอง MIKE11-AD จำลองการนำพา-การแพร่กระจายความเค็มในลำน้ำ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานท้องน้ำ (Manning's n) ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.025-0.050 และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็ม (Dispersion Factor) มีค่าอยู่ในช่วง 100-500 ตารางเมตรต่อวินาที

ในการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในช่วงเหตุการณ์วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 พบว่าต้องเพิ่มปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 ปริมาณวันละ 35 ลบ.ม.ต่อวินาที ตั้งแต่วันที่ 31 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 รวมเป็นปริมาณน้ำทั้งสิ้น 178.42 ล้านลูกบาศก์เมตร และหากเพิ่มปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 และระบายเพิ่มที่ฝายท่าลาดจะต้องเพิ่มปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 ปริมาณวันละ 30 ลบ.ม.ต่อวินาที ตั้งแต่วันที่ 31 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 และระบายเพิ่มจากฝายท่าลาด วันละ 40 ลบ.ม.ต่อวินาที ตั้งแต่วันที่ 10 มีนาคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2558 รวมเป็นปริมาณน้ำทั้งสิ้น 225.11 ล้านลูกบาศก์เมตร จึงจะทำให้ค่าความเค็มที่จุดควบคุม ปตร.บางขนากมีค่าไม่เกิน 1 กรัมต่อลิตร ตลอดช่วงระยะเวลาที่จำลองเหตุการณ์ ดังนั้นควรเพิ่มปริมาณน้ำผ่านที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 เพียงจุดเดียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาตลอดการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณกรมชลประทาน และกรมเจ้าท่า ที่ได้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการดำเนินการวิจัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). (2555). การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง. กรุงเทพมหานคร : บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด.

วุฒิศักดิ์ สุคุณณี. (2552). การประยุกต์ใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมในการทำนายการรุกตัวของน้ำแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปัณฑารีย์ ช่วยศรี. (2561). การวิเคราะห์การรุกตัวของน้ำเค็มในการขุดลอกแม่น้ำท่าจีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.