การวิเคราะห์การรุกตัวของน้ำเค็มในแม่น้ำท่าจีน
Salinity intrusion Analysis in Thachin River

กรกนก อติหฤทัยสุข[1] จิระวัฒน์ กณะสุต[2]
Kornkanok Atiharuthaisook[1] Jirawat Kanasut[2]

สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพมหานคร 10900
Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kesetsart University, Bangkok 10900
E-mail address: kornkanok.1105@gmail.com[1] fengjwg@ku.ac.th[2]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันแม่น้ำท่าจีนนับเป็นแหล่งเกษตรกรรมขนาดใหญ่ที่ประสบปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็ม โดยเฉพาะในพื้นที่เพาะปลูกกล้วยไม้ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร ในศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการ รุกตัวของน้ำเค็มใน แม่น้ำท่าจีน และศึกษาแนวทางในการแก้ไขปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็มที่ส่งผลต่อพื้นที่เพาะปลูกกล้วยไม้ โดยการศึกษานี้ได้เลือกแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 ประกอบด้วย แบบจำลองอุทกพลศาสตร์สำหรับคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำท่าในทางน้ำเปิด และแบบจำลองการแพร่กระจายสำหรับคำนวณการแพร่กระจายของมวลสารในลำน้ำเพื่อคำนวณความเค็มที่รุกตัวเข้ามาในลำน้ำ การศึกษาแบบออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ทำการศึกษาสภาพอุทกศาสตร์ของแม่น้ำรวมทั้งการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม 2) ทำการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มตามความยาวของลำน้ำใน แม่น้ำท่าจีน และ 3) ศึกษาแนวทางในการแก้ไขปัญหาการรุกตัวของเค็มบริเวณพื้นที่เพาะปลูกกล้วยไม้ ด้วยวิธีควบคุมการระบายน้ำที่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา ที่อัตราการไหล 20 30 และ 40 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ เท่ากับ 0.035 0.055 และ 0.075 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็มในแม่น้ำ ท่าจีน เท่ากับ 50 80 1,000 และ 3,000 ตารางเมตรต่อวินาที และการระบายน้ำที่อัตราการไหล 40 ลูกบาศก์เมตร/วินาที สามารถผลักดันความเค็มที่รุกตัวในพื้นที่ดังกล่าว ให้มีค่าความเค็มไม่เกิน 0.75 กรัมต่อลิตร ได้

คำสำคัญ*:ลุ่มน้ำท่าจีน, การรุกตัวของน้ำเค็ม, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์* ***MIKE 11***

Abstract

Newsday, Thachin River is a large agriculture's area which encounters the problem of salinity intrusion especially in orchid farming's area in Kratumband district of Samudsakhon province. This study has the objectives to study of salinity intrusion in Thachin River and the solution of salinity intrusion problem which affects orchid farm in study area. MIKE 11 was used as mathematical model which includes Hydro Dynamic Model for calculation of open channel flow and Advection-Dispersion Model for calculation of diffusion of mass in channel. The results will use as the input data for calculate salinity intrusion in the channel. This study is divided into 3 parts: 1) study of hydrology of Thachin

River for calibrate mathematic model 2) study of salinity intrusion in Thachin River and 3) study of the solution for the salinity intrusion which affects the orchid farm by control the discharge at Phopraya Regulator at 20, 30 and 40 CMS. The result of the study shows that as the Manning's Roughness Coefficients(n) 0.035, 0.055 and 0.075, the dispersion factor 50, 80, 1,000 and 3,000 m2/sec. and the discharge of 40 CMS can solve the salinity intrusion problem in orchid farm (the salinity less than 0.75 grams/liters).

Keywords: ***Thachin River Basin, Salinity Intrusion, MIKE 11 Model***

1. บทนำ

ในปัจจุบันสภาพทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการขยายตัวของเมืองใหญ่และการเพิ่มขึ้นของประชากร

การรุกตัวของน้ำเค็มเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นกับแม่น้ำทุกสายที่มีปากแม่น้ำเชื่อมต่อกับชายทะเล ลุ่มน้ำท่าจีนเป็นลุ่มน้ำหนึ่งที่ประสบกับปัญหานี้ โดยเกิดปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็มจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลขึ้นไปตามลุ่มน้ำ ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พื้นที่การเกษตรตามแนวแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม – พฤษภาคม) หรือในช่วงเวลาที่มีน้ำทะเลหนุนสูง ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรุกตัวของน้ำเค็มในแม่น้ำ ท่าจีน และแนวทางในการแก้ไขปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็มในแม่น้ำท่าจีน เพื่อเตรียมตัวรับมือและบรรเทาปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาน้ำเค็มหนุนที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่เพาะปลูกกล้วยไม้ โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกกล้วยไม้ทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ

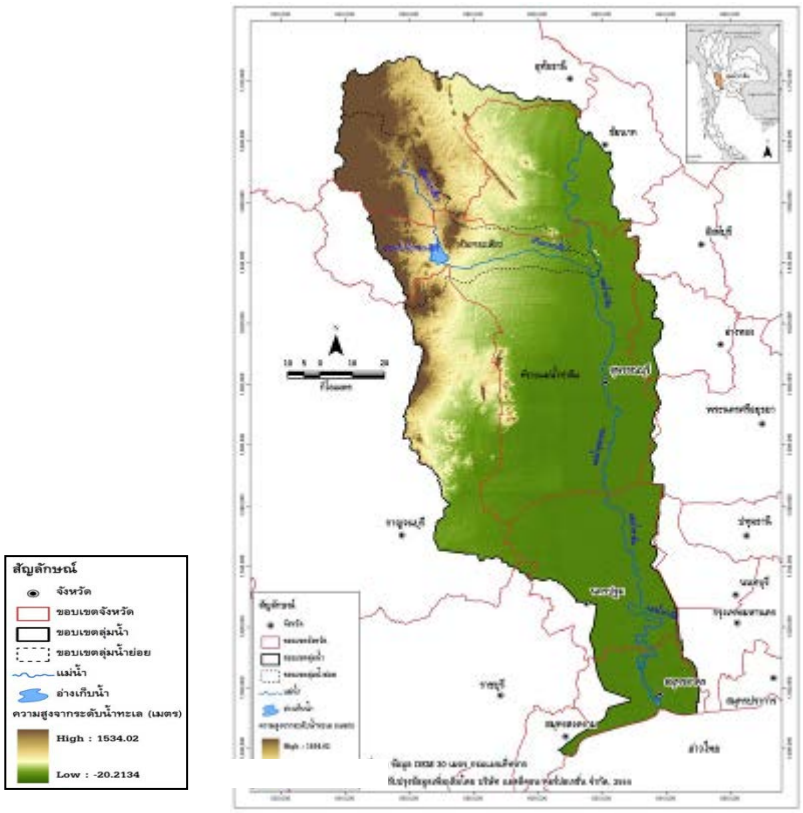
ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 ของสถาบัน Danish Hydraulic Institute (DHI) ในการจำลองอุทกพลศาสตร์ และวิเคราะห์การรุกตัวของน้ำเค็มใน แม่น้ำท่าจีนที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยแบบจำลอง MIKE 11 สามารถวิเคราะห์ความเค็มในพื้นที่ลุ่มท่าจีนที่ตำแหน่งต่างๆในลำน้ำได้ และสามารถนำผลการศึกษาวิเคราะห์จากแบบจำลองมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำในพื้นที่ ลุ่มน้ำท่าจีนต่อไป

2. ลักษณะพื้นที่ที่ทำการศึกษา

2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ลุ่มน้ำท่าจีนตั้งอยู่ทางตอนกลางประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 13,477.16 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขต 13 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร กาญจนบุรี ชัยนาท นครปฐม นนทบุรี พระนครศรีอยุธยา ราชบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร สิงห์บุรี สุพรรณบุรี อ่างทอง และอุทัยธานี ดังแสดงในรูปที่ 1

ทิศเหนือ	ติดกับ	ลุ่มน้ำสะแกกรัง
ทิศใต้	ติดกับ	อ่าวไทย
ทิศตะวันออก	ติดกับ	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
ทิศตะวันตก	ติดกับ	ลุ่มน้ำแม่กลอง



รูปที่ 1 ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำท่าจีน

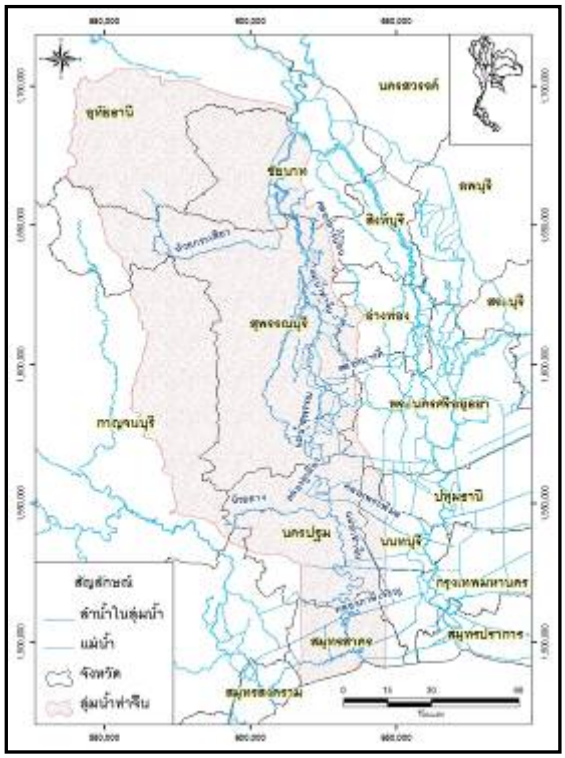
2.2 สภาพทั่วไปของลุ่มน้ำท่าจีน

ตอนบนของลุ่มน้ำเป็นพื้นที่เชิงเขาที่มีระดับไม่สูงมากนัก ส่วนตอนกลางและตอนล่างของลุ่มน้ำเป็นที่ราบลุ่มติดต่อกับ ที่ราบลุ่มของลุ่มน้ำแม่กลอง โดยมีแม่น้ำท่าจีนแยกออกมาทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา ที่ตำบลมะขามเฒ่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ผ่านจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และออกสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร

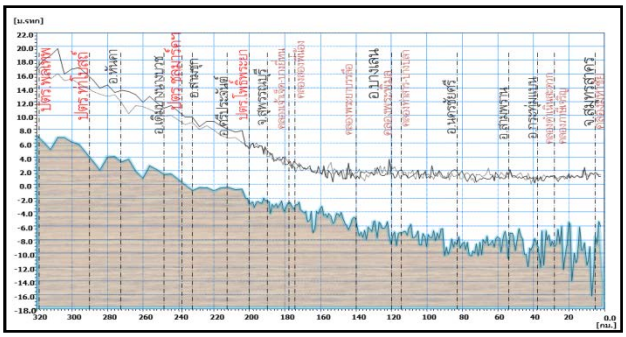
แม่น้ำท่าจีนมีความกว้างเฉลี่ย 570 เมตร ความลึกเฉลี่ย 10 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำเฉลี่ย 1,380 ตารางเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 แม่น้ำท่าจีนมีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 325 กิโลเมตร มีความลาดเอียงของพื้นที่ท้องน้ำเปรียบเทียบกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แบ่งได้ 2 ระยะ ตามรายงานของกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2535) ดังนี้

ระยะที่ 1 จากต้นน้ำถึงบริเวณเหนือตลาดอำเภอเมืองสุพรรณบุรี (กิโลเมตรที่ 194) มีความลาดเอียงสูงจากระดับน้ำ 11.6 เมตร จนถึง 0 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

ระยะที่ 2 จากบริเวณเหนือตลาดอำเภอเมืองสุพรรณบุรี (กิโลเมตรที่ 194) ลงมาจนถึงปากแม่น้ำ มีระดับความลาดเอียงลดลงจาก 0 เมตร จนถึง -13 เมตร จากระดับน้ำทะเล ปานกลาง



รูปที่ 2 สภาพลุ่มน้ำและลำน้ำสาขาในลุ่มน้ำท่าจีน



รูปที่ 3 แสดงรูปตัดตามยาวแนวแม่น้ำในลุ่มน้ำท่าจีน (Long Profile)

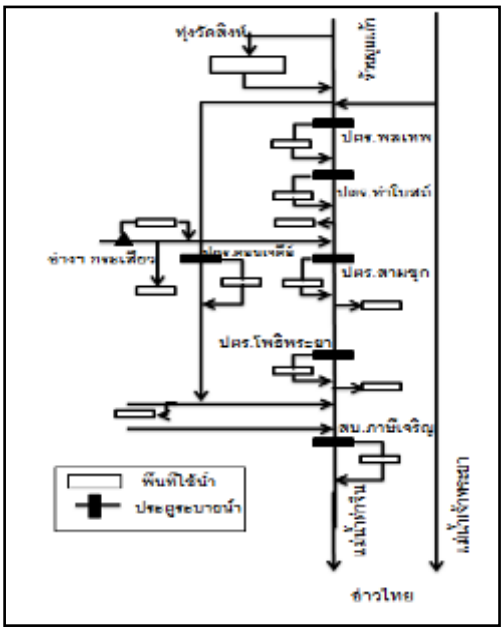
2.3 ระบบลุ่มน้ำท่าจีน (Schematic Diagram)

1) ขอบเขตลุ่มน้ำสาขา ประกอบด้วย 2 ลุ่มน้ำสาขา ได้แก่

- ห้วยกระเสียว พื้นที่ 1,929.47 ตร.กม.
- ที่ราบแม่น้ำท่าจีน พื้นที่ 11,547.69 ตร.กม.

2) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,113 มิลลิเมตร

ระบบลุ่มน้ำท่าจีน ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ระบบลุ่มน้ำท่าจีน (Schematic Diagram)

2.4 จุดวัดคุณภาพน้ำและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจวัด

จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำท่าจีนจำนวน 9 สถานี ประกอบด้วย สถานีนครชัยศรี สถานีสะพานโพธิ์แก้ว สถานีประตูระบายน้ำ(ปตร.)อ้อมใหญ่ สถานีสามพราน สถานีปตร.กระทุ่มแบน สถานีปากคลองดำเนินสะดวก สถานีประตูน้ำ(ปตน.)กระทุ่มแบน สถานีปตร.สี่วาพาสวัสดิ์ และสถานี จ.สมุทรสาคร สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ คือ ความเค็ม (Salinity) ซึ่งมีหน่วยเป็น กรัมต่อลิตร (g/l)

รูปที่ 5 ***จุดตรวจวัดคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำท่าจีน***

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ MIKE 11-HD/AD ซึ่งพัฒนาโดย DHI Water Environment and Health แบบจำลองนี้สามารถจำลองอุทกพลศาสตร์ในลำน้ำแบบ 1 มิติพร้อมทั้งจำลองการพัดพาและการแพร่กระจายของมวลสารในลำน้ำได้เป็นอย่างดี และมีการนำมาประยุกต์ใช้ในหลายลุ่มน้ำของประเทศไทย

3.2 แบบจำลองอุทกพลศาสตร์

(MIKE11-HD, Hydrodynamic Module)

การคำนวณทางอุทกพลศาสตร์ของการไหลในลำน้ำแบบ 1 มิติ มีทฤษฎีที่สำคัญ คือ กฎทรงมวล โดยยึดหลักการไม่สูญสลาย/หายไปของมวลน้ำและกฎของแรงกระทำ ทั้งนี้หากมีแรงกระทำที่ไม่สมดุลจะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังแสดงในสมการที่ (1) และ (2)

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

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

เมื่อ Q คือ ปริมาณการไหล

A คือ พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ

t คือ เวลา

x คือ ระยะทาง

B คือ ความกว้างของลำน้ำ

g คือ อัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วง

S_f คือ ความลาดชันของความเสียดทาน

S_o คือ ความลาดชันของท้องน้ำ

3.3 แบบจำลองการพัดพาและแพร่กระจาย (MIKE 11-AD, Advection-Dispersion Model)

แบบจำลองการพัดพาและแพร่กระจายนั้น ใช้ในการอธิบายถึงกลไกการเคลื่อนที่ของมวลสารในลำน้ำ โดยสามารถอธิบายได้ใน 2 ลักษณะ คือ 1)การพัดพา (Advective or Convective Transport) เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายของมวลสารจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยอิทธิพลการไหลของนำทิศทางการเคลื่อนที่กับทิศทางการไหล และ 2)การแพร่กระจาย (Dispersive Transport) เป็นการเคลื่อนที่ของมวลสารในลักษณะฟุ้งกระจายทุกทิศทุกทาง เมื่อรวมกับการเคลื่อนที่ของทิศทางการไหลของน้ำจะเกิดกระบวนการการแพร่กระจาย (Dispersion) ในทิศทางการไหลของน้ำ

ในการจำลองการเคลื่อนย้ายมวลสารในลำน้ำใช้หลักของกฎทรงมวล และคำนวณการไหลแบบ 1 มิติ โดยใช้ข้อมูลอัตราการไหล ระดับน้ำพื้นที่หน้าตัดการไหล และรัศมีชลศาสตร์ที่ได้จาก MIKE11-HD สมการพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$\frac{\partial AC}{\partial t}+\frac{\partial QC}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}\left(AD_f\frac{\partial C}{\partial x}\right)=-AKC+C_s\cdot q \qquad (3)$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้น (มวล/ปริมาตร)

D_f คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (ม.^{2}/วินาที)

A คือ พื้นที่หน้าตัดลำน้ำ (ม.^{2})

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

C_s คือ Source/Sink Concentration (มวล/ปริมาตร)

q คือ อัตราการไหลด้านข้างต่อหน่วยความยาวลำน้ำ (ม.^{3}/วินาที)

t คือ ช่วงเวลาระหว่างหน้าตัดลำน้ำ (วินาที)

x คือ ระยะระหว่างหน้าตัดลำน้ำ (ม.)

สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Dispersion Coefficient)

การพิจารณาการแพร่กระจายของมวลสารในลำน้ำพิจารณาจากความยาวของลำน้ำเป็นสำคัญ ค่าสัมประสิทธิ์ การแพร่กระจายเป็นฟังก์ชั่นของความเร็วการไหลเฉลี่ย จากหลักการแพร่กระจายของ Fick (Fick Diffusion Law) สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$D_f = fv^{ex} \qquad (4)$$

เมื่อ D_f คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (ม.^{2}/วินาที)

f คือ แฟคเตอร์การแพร่กระจาย

v คือ ความเร็วการไหล (ม./วินาที)

ex คือ ค่าคงที่ยกกำลัง

ถ้า ex = 0 ความเร็วของการไหลจะไม่มีอิทธิพลต่อความเร็วในการแพร่กระจาย และหน่วยของแฟคเตอร์การแพร่กระจาย (f) จะเป็น ม.^{2}/วินาที

ถ้า ex = 1 ความเร็วของการไหลจะเป็นฟังก์ชั่นแบบเส้นตรงกับสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย และหน่วยของ แฟคเตอร์การแพร่กระจาย (f) จะเป็น ม.

3.4 วิธีการวัดผลการศึกษา

ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองฯ ได้นำดัชนีทางสถิติมาใช้ในการเปรียบเทียบและตัดสินใจ คือ Root Mean Square Error (RMSE) ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ (5)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (x-y)^2}{n}} \quad (5)$$

เมื่อ x คือ ระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัด

y คือ ระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง

n คือ จำนวนข้อมูล

4. ขอบเขตการศึกษาและวิธีการ

4.1 ขอบเขตการศึกษา

1) พื้นที่ศึกษา คือ แม่น้ำท่าจีน ตั้งแต่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี จนถึงปากแม่น้ำท่าจีน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
2) ศึกษาข้อมูลตัดขวางลำน้ำ (River Cross Section) เพื่อใช้ในการจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์
3) ศึกษาการรุกล้ำของน้ำเค็มของแม่น้ำท่าจีน ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม – เมษายน) พ.ศ. 2557 และคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคต
4) จำลองการไหลของน้ำ และการรุกล้ำของน้ำเค็มในพื้นที่ศึกษา ด้วยโปรแกรม MIKE 11-1D (HD/AD)

4.2 วิธีการศึกษา

4.2.1 การเก็บรวบรวมและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Data Collection and Verification)

ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมชลประทาน กรมเจ้าท่า และกรมแผนที่ทหาร เพื่อนำมาใช้ในการจัดทำแบบจำลอง จากนั้นจึงทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเพื่อให้แบบจำลองที่จะจัดทำขึ้นในการศึกษานี้มีความถูกต้อง ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลองประกอบด้วย

1) แผนที่ภูมิประเทศ : แผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหารครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน

2) ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล : ทำการรวบรวมข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล ตั้งแต่เริ่มทำการตรวจวัดจนถึงปัจจุบัน ประกอบด้วย

- ข้อมูลระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำ T1 อ.นครชัยศรี จังหวัดนครปฐม สถานีวัดน้ำ T10 อ.เมืองสุพรรณบุรี จ.สุพรรณบุรี และสถานีวัดน้ำ T13 อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ในลุ่มน้ำท่าจีน จากกรมชลประทาน

- ระดับน้ำด้านเหนือน้ำ ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ และอัตราการไหลของอาคารบังคับน้ำ ได้แก่ ปตร. โพธิ์พระยา ปตร.บางปลาม้า ปตร.บางยี่หน ปตร.บางแม่หม้าย ปตร.บ้านกุ่ม ปตร.บางสะแก ปตร.เภาทะลาย ปตร.สองพี่น้อง ปตร.พระยาบรรลือ ปตร.คลองบางไทรป่า ปตร.พระพิมล ปตร.บางปลา ปตร.คลองบางภาษี ปตร.บางพระ ปตร.คลองโยง ปตร.มหาสวัสดิ์ ปตร.บางยาง ปตร.กระทุ่มแบน และปตร.คลองสี่วาพาสวัสดิ์ จากกรมชลประทาน

- ข้อมูลระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำปากแม่น้ำท่าจีน จากกรมเจ้าท่า

4.2.2 จัดทำแบบจำลองด้านชลศาสตร์

ได้ดำเนินการจัดทำแบบจำลองด้านชลศาสตร์ด้วยโปรแกรม MIKE 11 สำหรับพื้นที่ศึกษาในลุ่มน้ำท่าจีน ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 2 แบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้

1) แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Module, MIKE11 HD) ใช้คำนวณการไหลของน้ำในลำน้ำ

2) แบบจำลองการแพร่กระจาย (Advection-Dispersion Module, MIKE11 AD) ใช้คำนวณการแพร่กระจายความเค็มในลำน้ำ

4.2.2.1 จัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Model)

แบบจำลองอุทกพลศาสตร์เป็นการจำลองแม่น้ำท่าจีน ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักและมีปริมาณน้ำจากแม่น้ำสาขาที่ไหลมาบรรจบ ได้แก่ คลองระบายใหญ่สุพรรณ คลองเจ้าเจ็ด-บางยี่หน คลองบ้านกุ่ม คลองสองพี่น้อง คลองพระยาบรรลือ คลองบางไทรป่า คลองพระพิมล คลองท่าสาร-บางปลา คลองบางภาษี คลองนราภิรมย์ คลองท่าเรือ-บางพระ คลองโยง คลองมหาสวัสดิ์ คลองเจดีย์บูชา คลองท่าผา-บางแก้ว คลองจินดา คลองดำเนินสะดวก คลองภาษีเจริญ คลองสี่วาพาสวัสดิ์ คลองมหาชัย แม่น้ำสุพรรณ และแม่น้ำนครชัยศรี สำหรับขั้นตอนในการจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

1) การจัดเตรียมข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้าเพื่อจัดทำแบบจำลองของลุ่มน้ำท่าจีน มีรายละเอียดดังนี้

- ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ เป็นข้อมูลขนาดรูปร่างและความลึกของลำน้ำที่ตำแหน่งพิกัดต่างๆ เพื่อแสดงโครงข่ายของลำน้ำและความยาวของลำน้ำ ซึ่งได้จากการสำรวจข้อมูลรูปตัดลำน้ำ

- ข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลของอาคารบังคับน้ำ ใช้เป็นขอบเขตของแบบจำลอง และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

2) ขอบเขตเงื่อนไขของแบบจำลอง

- เงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary) ใช้ข้อมูลอัตราการไหลที่ผ่าน ปตร. โพธิ์พระยา ณ ตำแหน่ง (Chainage) 116303

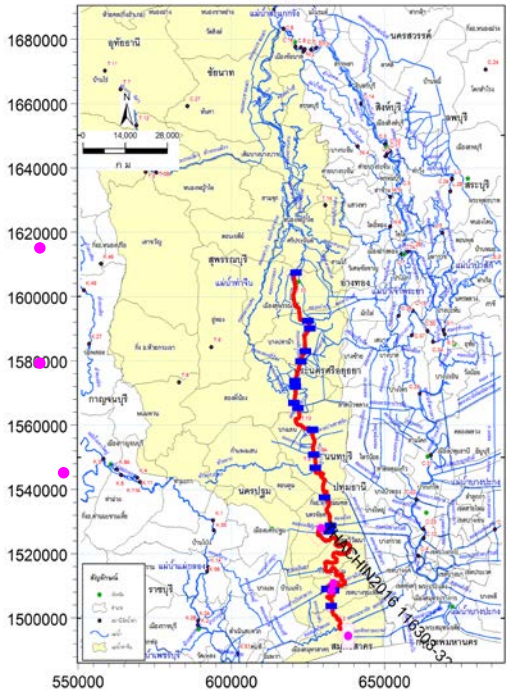
- เงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary) ใช้ข้อมูลระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำปากแม่น้ำท่าจีน ณ ตำแหน่ง (Chainage) 320185

- เงื่อนไขขอบเขตด้านข้าง อาคารบังคับน้ำที่ตั้งอยู่ตามตำแหน่งต่างๆ ของแม่น้ำท่าจีน ประกอบด้วย ประตูระบายน้ำ ซึ่งได้ทำการนำเข้าข้อมูลอัตราการไหลผ่านอาคารบังคับน้ำที่ไหลลงสู่แม่

น้ำท่าจีน จำนวน 17 อาคาร โดยทำการกำหนดชื่อของ อาคาร (ID) ณ ตำแหน่ง (Chainage) ให้สอดคล้องกับโครงข่ายของแม่น้ำท่าจีน ดังแสดงในรูปที่ 6

3) การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

ในการจำลองโครงข่ายของลำน้ำ ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการคำนวณอุทกพลศาสตร์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำแมนนิ่ง (Manning's n) เบื้องต้นได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำของแม่น้ำท่าจีน มีค่าเท่ากับ 0.035 ทั้งนี้เมื่อทำการสอบเทียบแบบจำลองจะทำการปรับค่าความเสียดทานท้องน้ำจนได้ผลการสอบเทียบเป็นที่ยอมรับได้ แล้วจึงจะนำเอาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำที่ได้ไปใช้ในการตรวจสอบและการประยุกต์ใช้แบบจำลองต่อไป



รูปที่ 6 แสดงโครงข่ายลำน้ำ ตำแหน่งขอบเขต จุดตรวจวัดความเค็ม จากแบบจำลอง

4.2.3 จัดทำแบบจำลองการแพร่กระจาย (Advection-Dispersion Model)

สำหรับขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองการแพร่กระจาย มีรายละเอียดดังนี้

1) กำหนดข้อมูลการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย
2) กำหนดค่าเริ่มต้นการแพร่กระจาย

5. ผลการศึกษาและวิจารณ์

5.1 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง MIKE 11-1D (HD)

ในการสอบเทียบแบบจำลอง ได้ทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (Manning's n) ที่เหมาะสม โดยผลที่ได้จากการคำนวณจะเป็นค่าระดับน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบกับระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริงของปี พ.ศ. 2556 โดย

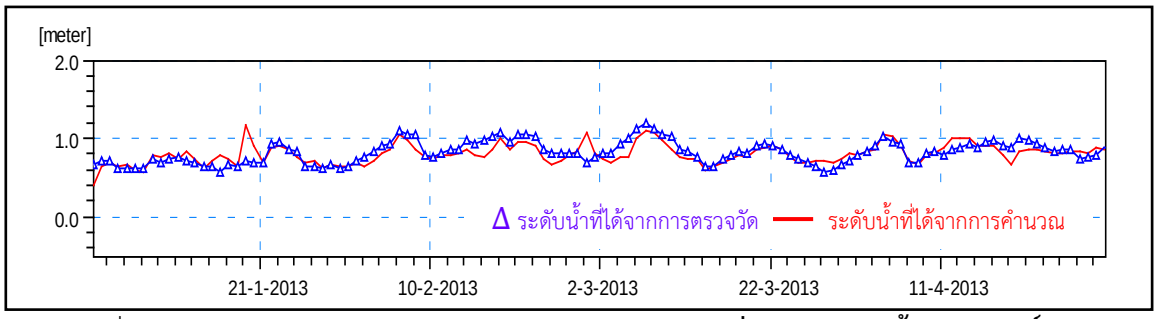
กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานท้องน้ำแมนนิ่ง (Manning's n) ดังแสดงในตารางที่ 1 เลือกตำแหน่งที่ใช้ในการสอบเทียบ 8 ตำแหน่ง ได้แก่ ประตูระบายน้ำบางหยี่หน ประตูระบายน้ำสองพี่น้อง ประตูระบายน้ำพระยาบรรลือ ประตูระบายน้ำพระพิมล ประตูระบายน้ำมหาสวัสดิ์ ประตูระบายน้ำกระทุ่มแบน ประตูระบายน้ำบางยาง และประตูระบายน้ำสี่วาพาสวัสดิ์ ทำการตรวจสอบแบบจำลอง MIKE 11-1D (HD) เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหลังการสอบเทียบแบบจำลอง จากข้อมูลระดับน้ำของปี พ.ศ.2557 พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นค่าที่ยอมรับได้ทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2 ตัวอย่างการสอบเทียบและตรวจสอบสอบแบบจำลองดังรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

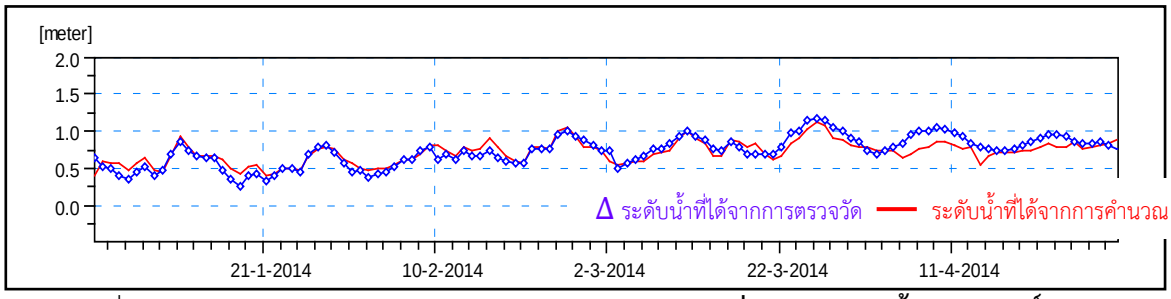
ตำแหน่ง Chainage	สัมประสิทธิ์ Manning's n
116303.000	0.035
179681.000	0.035
236288.000	0.055
320185.000	0.075

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิผลของการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์

ประตูระบายน้ำ	Root mean square error (ม.)	
	ปี พ.ศ.2556	ปี พ.ศ.2557
บางหยี่หน	0.344	0.138
สองพี่น้อง	0.388	0.153
พระยาบรรลือ	0.200	0.153
พระพิมล	0.137	0.14
มหาสวัสดิ์	0.105	0.098
กระทุ่มแบน	0.158	0.207
บางยาง	0.218	0.233
สี่วาพาสวัสดิ์	0.189	0.572



รูปที่ 7 **ผลการสอบเทียบแบบจำลอง MIKE 11-1D (HD) ที่ประตูระบายน้ำมหาสวัสดิ์**



รูปที่ 8 **ผลการตรวจสอบแบบจำลอง MIKE 11-1D (HD) ที่ประตูระบายน้ำมหาสวัสดิ์**

5.2 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง MIKE 11-1D (AD)

ในการสอบเทียบแบบจำลองการเคลื่อนย้ายและการแพร่กระจาย พารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบ (Calibration) คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Dispersion factor) ได้ทำการปรับแก้จนกระทั่งค่าความเข้มข้นของสารที่พิจารณาจากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นของสารจากข้อมูลเก็บสำรวจ โดยสารที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง คือ ค่าความเค็ม (Salinity) ดังแสดงในตารางที่ 3

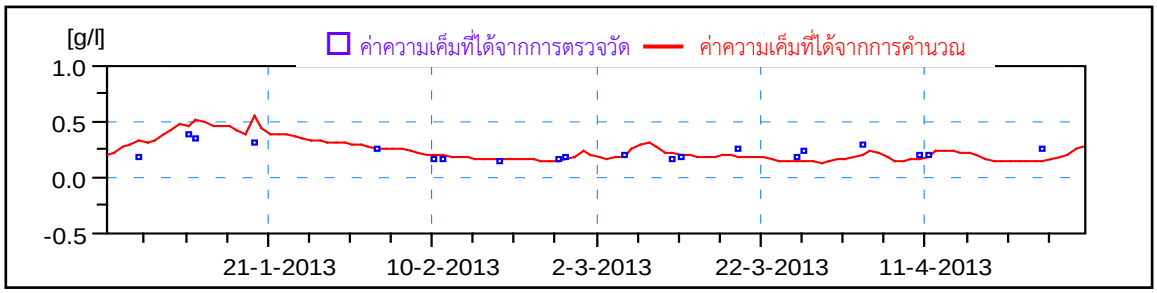
การศึกษานี้ได้ทำการสอบเทียบการแพร่กระจายความเค็มด้วยข้อมูลความเค็มของปี พ.ศ. 2556 ซึ่งพิจารณาจากค่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ 8 ตำแหน่ง ได้แก่ จุดที่ 1 จังหวัดสมุทรสาคร จุดที่ 2 ปตร.สีวาพาสวัสดิ์ จุดที่ 3 ปตน.กระทุ่มแบน จุดที่ 4 ปากคลองดำเนินสะดวก จุดที่ 5 ปตร.กระทุ่มแบน (อ.กระทุ่มแบน) จุดที่ 6 อ.สามพราน จุดที่ 7 สะพานโพธิ์แก้ว และจุดที่ 8 อ.นครชัยศรี นำมาทำการเปรียบเทียบกับค่าความเค็มที่ได้จากแบบจำลอง หลังจากการสอบเทียบแบบจำลอง MIKE 11-1D (AD) ได้ทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง จากข้อมูลค่าความเค็มของปี พ.ศ.2557 พบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองเป็นค่าที่ยอมรับได้ทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 ตัวอย่างการสอบเทียบและตรวจสอบสอบแบบจำลองดังรูปที่ 9 ถึงรูปที่ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Dispersion factor) ณ ตำแหน่งต่าง ๆ

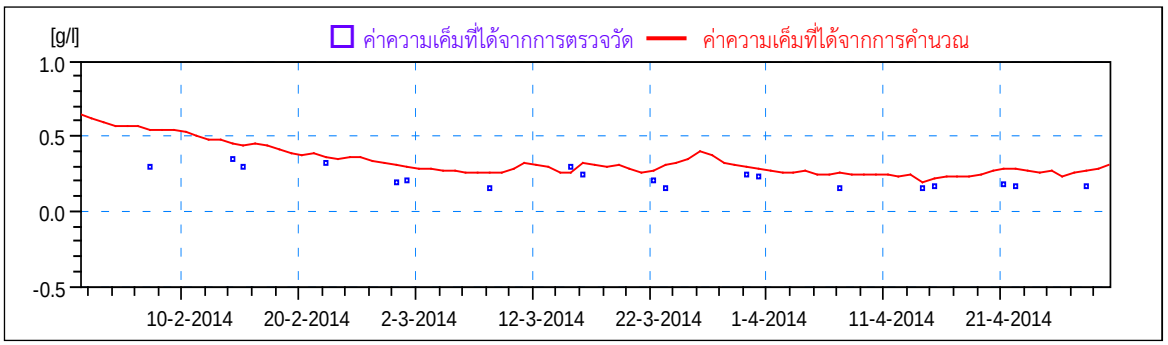
ตำแหน่ง Chainage	สัมประสิทธิ์ Dispersion factor
320185.0	50
293831.0	80
288321.0	1,000
233753.0	3,000

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิผลของการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองการแพร่กระจาย

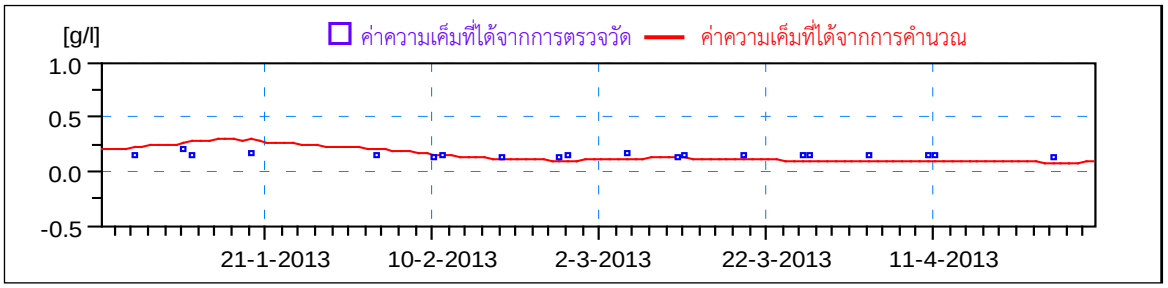
ตำแหน่ง	Root mean square error (กรัม/ลิตร)	
	ปี พ.ศ.2556	ปี พ.ศ. 2557
จ.สมุทรสาคร	3.828	4.802
ปตร.สี่วาพาสวัสดิ์	0.948	1.719
ปตน. กระทุ่มแบน	0.053	0.061
ปากคลองดำเนินสะดวก	0.036	0.044
ปตร.กระทุ่มแบน (อ.กระทุ่มแบน)	0.031	0.042
อ.สามพราน	0.025	0.044
สะพานโพธิ์แก้ว	1.547	1.769
อ.นครชัยศรี	0.022	0.030



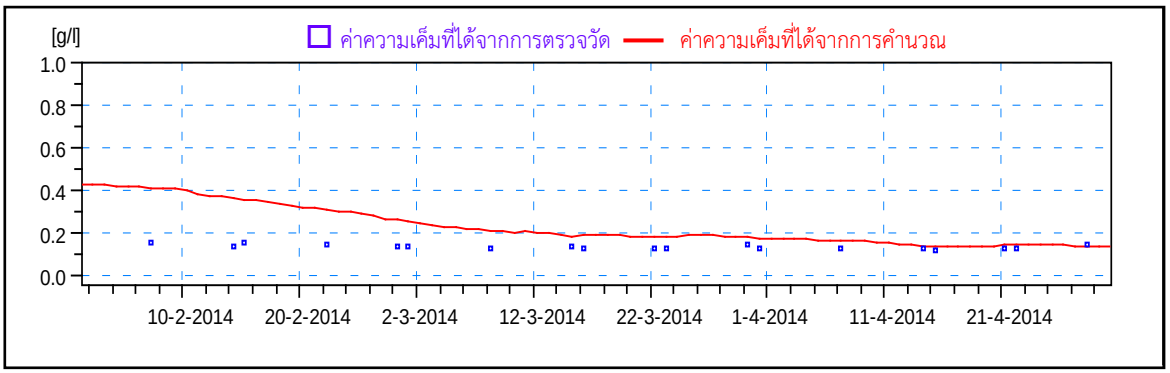
รูปที่ 9 **ผลการสอบเทียบแบบจำลอง MIKE 11-1D (AD) จุดที่ 4 ปากคลองดำเนินสะดวก**



รูปที่ 10 **ผลการตรวจสอบแบบจำลอง MIKE 11-1D (AD) จุดที่ 4 ปากคลองดำเนินสะดวก**



รูปที่ 11 **ผลการสอบเทียบแบบจำลอง MIKE 11-1D (AD) จุดที่ 6 อ.สามพราน**



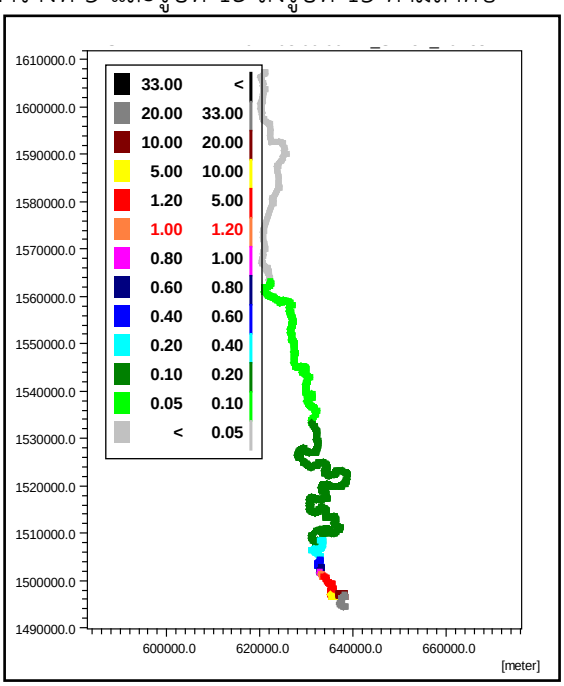
รูปที่ 12 **ผลการตรวจสอบแบบจำลอง MIKE 11-1D (AD) จุดที่ 6 อ.สามพราน**

5.3 การนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ประโยชน์ : กรณีศึกษาการบริหารจัดการน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็มที่ส่งผลต่อการเพาะปลูกกล้วยไม้บริเวณลุ่มน้ำท่าจีน

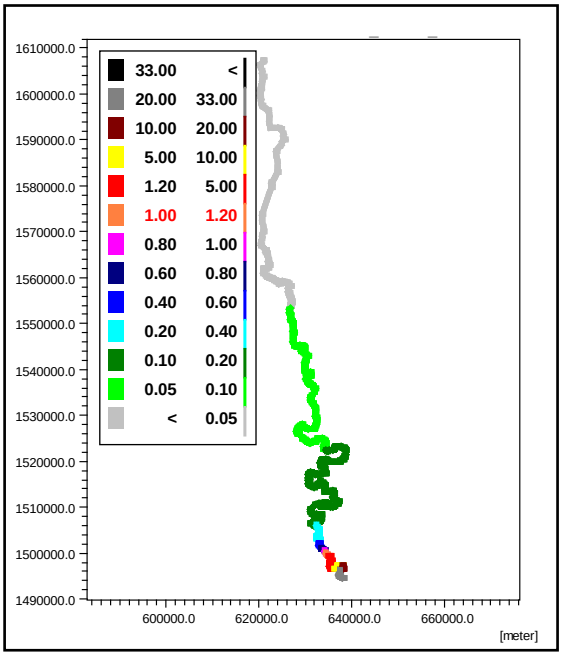
กล้วยไม้เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ในแต่ละปีไทยสามารถส่งออกทั้งกล้วยไม้ตัดดอกและต้นกล้วยไม้คิดเป็นมูลค่ากว่า 3,000 ล้านบาท การผลิตกล้วยไม้ให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพต้องเลือกพื้นที่ที่มีอุณหภูมิ ความชื้นที่เหมาะสม มีน้ำเพียงพอตลอดปี ด้วยเหตุนี้ แหล่งผลิตกล้วยไม้ส่วนใหญ่จึงอยู่ในเขตที่ลุ่มภาคกลางและภาคตะวันตก ได้แก่ จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร ราชบุรี นนทบุรี พระนครศรีอยุธยา และกรุงเทพมหานคร ถึงแม้ว่าแหล่งผลิตกล้วยไม้ในปัจจุบันจะมีน้ำอุดมสมบูรณ์ตลอดทั้งปีและเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไม้มีบ่อพักและเก็บกักน้ำเพื่อบำบัดน้ำให้สะอาด และเพียงพอกรณีประสบภัยแล้ง แต่ในปีที่ฝนทิ้งช่วงนานและเกิดน้ำทะเลหนุน เกิดการรุกตัวของน้ำเค็ม ทำให้น้ำมีค่าความเค็มหรือค่าการนำไฟฟ้า (EC) สูงเกินไป คือสูงกว่า 750 micro-mhos/cm (0.75 กรัม/ลิตร) ซึ่งส่งผลให้กล้วยไม้แสดงอาการใบไหม้

ในกรณีศึกษานี้ได้นำแบบจำลองการแพร่กระจายของลุ่มน้ำท่าจีนที่ได้จากการศึกษานี้มาวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำท่าจีนเพื่อหาความเหมาะสมของการปล่อยน้ำของประตูระบายน้ำโพธิ์พระยาสำหรับการเพาะปลูกกล้วยไม้ในพื้นที่ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร ห่างจากปากแม่น้ำท่าจีนประมาณ 20 กิโลเมตร โดยทำการศึกษาการปล่อยน้ำของประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา ที่อัตราการไหล 20 ลบ.ม./วินาที 30 ลบ.ม./วินาที และ 40 ลบ.ม./วินาที

ผลการวิเคราะห์ พบว่า การรุกตัวของความเค็มที่ระยะทางจากปากแม่น้ำ ที่มีค่าความเค็มตามที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 13 ถึงรูปที่ 15 ตามลำดับ



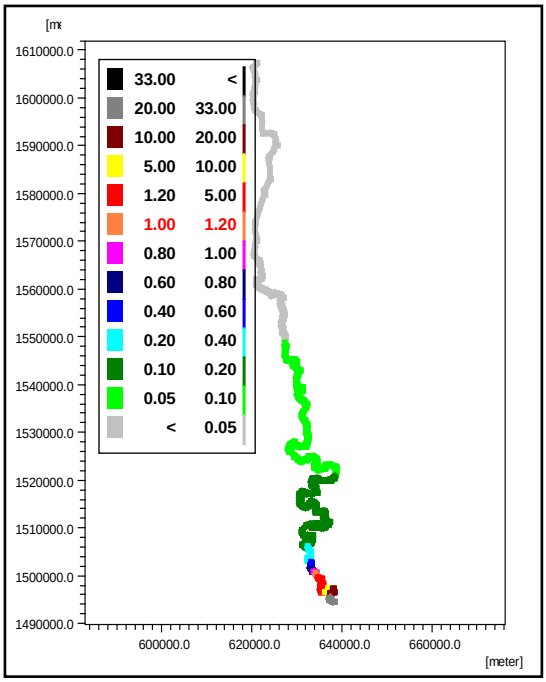
รูปที่ 13 การรุกตัวของความเค็มที่อัตราการไหล 20 ลบ.ม./วินาที



รูปที่ 14 การรุกตัวของความเค็มที่อัตราการไหล 30 ลบ.ม./วินาที

ตารางที่ 5 อัตราการไหลที่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยาและค่าความเค็มที่ระยะห่างจากปากแม่น้ำท่าจีนต่าง ๆ

อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ระยะจากปากแม่น้ำ (กม.) ที่ค่าความเค็มต่าง ๆ (กรัม/ลิตร)											
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	กรัม/ลิตร
20	42	28	25	24	24	22	22	22	22	20	20	กิโลเมตร
30	24	23	22	22	22	21	21	21	21	20	17	กิโลเมตร
40	22	22	20	20	21	19	18	18	17	16	13	กิโลเมตร



รูปที่ 15 **การรุกตัวของความเค็มที่อัตราการไหล 40 ลบ.ม./วินาที**

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลอง MIKE 11(HD/AD) และวิเคราะห์การรุกตัวของความเค็มในแม่น้ำท่าจีน ใน ปีพ.ศ.2557 ซึ่งนำมาใช้ในการบริหารจัดการจัดการน้ำเพื่อการเพาะปลูกกล้วยไม้ พบว่าเมื่อมีการปล่อยน้ำที่ปริมาณการไหล 40 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยาสามารถผลักดันการรุกตัวของความเค็มในแม่น้ำท่าจีน ไม่ให้มีค่าความเค็มเกิน 0.75 กรัม/ลิตร ในพื้นที่ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร

ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำเพื่อเกษตรกรรมต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาตลอดการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ และกรมเจ้าท่า ที่อนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2541ก. **รายงานการศึกษาความเหมาะสมแผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการประตูระบายน้ำแม่น้ำท่าจีน(ตอนล่าง) จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร. รายงานด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ฉบับหลัก).** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ. 2552. **การจำลองแบบการไหลแบบ 2 มิติด้วยแบบจำลอง MIKE21 HDFM บริเวณพื้นที่ชายฝั่งท่าเรือเมืองดาร์วิน ประเทศออสเตรเลีย.** การประชุมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14.

วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ. และนุชนารถ ศรีวงศิตานนท. 2551. **การประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ RMA-10 ในการจำลองการไหลแบบ 2 มิติของแม่น้ำ Katherine ประเทศออสเตรเลีย.** การประชุมวิชาการงานเกษตรกำแพงแสน ครั้งที่ 5 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จังหวัดนครปฐม.

ณัฐวุฒิ อินทบุตร. 2557. **การศึกษาสภาพอุทกพลศาสตร์และการรุกล้ำความเค็มในแม่น้ำท่าจีน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). 2555. **การดำเนินการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง (ลุ่มน้ำท่าจีน)**. สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน).

ยุวเรศ เวชกามา. 2550. การศึกษาด้านคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงตอนบน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE 11**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**