ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลต่อการจัดการทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำท่าจีนและเจ้าพระยาตอนล่าง

สนิท วงษา

ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
E-mail : sanit.won@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศโลกและการเพิ่มระดับสูงขึ้นของน้ำทะเลได้ส่งผลกระทบต่อค่าความเค็มในแม่น้ำต่างๆ ในโลก ซึ่งในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบของระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นต่อค่าความเค็มของแม่น้ำท่าจีนและเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE11 สำหรับแม่น้ำท่าจีนได้กำหนดพื้นที่การศึกษาตั้งแต่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา จ.สุพรรณบุรี ถึงปากแม่น้ำท่าจีนบริเวณอ่าวไทย ส่วนแม่น้ำเจ้าพระยาครอบคลุมตั้งแต่เขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท จนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่อ่าวไทย แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ HD กับ AD module ได้ทำการสอบเทียบเพื่อปรับแก้และตรวจพิสูจน์แบบจำลอง พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมวลสารและค่าแมนนิ่งของแม่น้ำท่าจีนกับเจ้าพระยาตอนล่างเท่ากับ 100-1,000 m^2/s และ 0.033 กับ 500-1,800 m^2/s และ 0.022 ตามลำดับ จากผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างผลการคำนวณกับผลตรวจวัดจริงของค่าระดับน้ำกับค่าความเค็ม พบว่ามีความแตกต่างกันอยู่ในช่วงเกณฑ์พอใช้จนถึงดีมาก ได้นำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับศึกษากรณี A1FI (มีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจมากและใช้พลังงานฟอสซิลอย่างเข้มข้น) ของ IPCC เมื่อระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นในปี ค.ศ. 2100 (พ.ศ. 2643) ที่แม่น้ำท่าจีนค่าความเค็มจะรุกสูงขึ้นไปจากตำแหน่งปัจจุบันประมาณ 6.50 km ส่วนแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสถานีสูบน้ำดิบสำแลมีค่าความเค็มประมาณ 0.40 g/l ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในการผลิตน้ำประปา และส่วนปลายของความเค็มจะขึ้นสูงถึง อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา นอกจากนั้นยังพบว่าการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำทำให้ความเค็มรุกสูงขึ้นและส่ง ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชจำพวกข้าว ข้าวโพด และอื่นๆ ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการน้ำและรักษาสิ่งแวดล้อมของลุ่มแม่น้ำท่าจีนและเจ้าพระยาตอนล่างต่อไป

คำสำคัญ: การเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศโลก, การจัดการทรัพยากรน้ำ, แม่น้ำเจ้าพระยา, การรุกตัวของความเค็ม, MIKE11

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของโลกส่งผลทำให้เกิดการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในระดับมหภาค จากข้อมูลการสำรวจพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นส่งผลทำให้น้ำทะเลในมหาสมุทรเกิดการบวมตัว น้ำแข็งบริเวณขั้วโลกและบนภูเขาสูงหลอมละลายในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่อระดับน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำเพิ่มสูงขึ้นจะมีผลต่อพฤติกรรมทางชลศาสตร์การไหลของบริเวณปากแม่น้ำ สำหรับประเทศไทยนั้นจะเกิดความแห้งแล้งกว่าปกติในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญซึ่งจะมีปริมาณฝนตกน้อยกว่าค่าเฉลี่ยจึงทำให้แหล่งน้ำต้นทุนขาดแคลนหรือมีไม่เพียงพอ

การรุกตัวของความน้ำเค็มในแม่น้ำเกิดขึ้นช่วงฤดูแล้งโดยมีสาเหตุอันเนื่องมาจากหลายประการด้วยกัน เช่น ปริมาณน้ำต้นทุนสำรองมีน้อย การใช้น้ำจืดในปริมาณที่มากเกินสมดุล และการใช้น้ำแบบไม่มีไหลกลับมาใช้ (Return flow) เป็นต้น ทำให้ความเค็มสามารถรุกคืบตัวขึ้นไปในส่วนของแม่น้ำบนพื้นทวีปมากขึ้น การเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลส่งผลทำให้ความเค็มสามารถดันขึ้นไปเหนือน้ำได้ด้วย และจากรายงานวิจัยต่างๆ ยังพบว่ามีความเค็มบางส่วนได้ซึมลึกลงไปในชั้นน้ำใต้ดินส่วนพื้นทวีปเดิม ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำและน้ำต้นทุนโดยรวม อาทิเช่น น้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม และน้ำเพื่อการเกษตรกรรม เป็นต้น สำหรับ กรมชลประทาน มีภารกิจในการวางแผนและสำรองแหล่งน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยไว้ใช้อย่างน้อย 5,400 ล้าน ลบ.ม. เพื่อจัดสรรน้ำให้แก่กิจกรรมการใช้น้ำต่างๆ ตามเท่าที่จำเป็นและตามลำดับความสำคัญ (โดยทั่วไปมีสัดส่วนกิจกรรมการใช้น้ำจะประกอบด้วยเพื่อเกษตรกรรม 54% อุปโภคบริโภค 21% รักษาระบบนิเวศน์ 25% และอุตสาหกรรม 0.09%)

ในด้านการเกษตรกรรมพบว่ามีพื้นที่เพาะปลูกจำนวนมากบริเวณพื้นที่ใกล้ๆ อ่าวไทย ในอดีตเคยใช้เพาะปลูกและทำสวน เช่น สวนส้ม สวนผัก และพืชสวนต่างๆ เป็นต้น ได้ประสบกับปัญหาน้ำเค็มรุกและดินเค็มทำให้ไม่สามารถเพาะปลูกได้อีกต่อไป ต้องย้ายพื้นที่เพาะปลูกขึ้นมาทางเหนือบริเวณ จ.นนทบุรี และ จ.ปทุมธานี ในบางปีมีพื้นที่เพาะปลูกเกินแผน มีพื้นที่ทำนาปรังรอบสองมากเกินแผนจนทำให้น้ำไม่พอใช้ มีการสูบน้ำกลางคลองและกักน้ำในแปลงเกษตรจนไม่เหลือน้ำไหลกลับลงไปสู่แม่น้ำสายหลัก ส่วนด้านน้ำอุปโภคบริโภคนั้นเมื่อเกิดภัยแล้งหนักเมื่อปี พ.ศ.2537 การประปานครหลวงต้องประสบกับปัญหาน้ำทะเลหนุนในแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้ค่าความเค็มขึ้นถึงสถานีสูบน้ำดิบสำแล จ.ปทุมธานี ซึ่งเป็นจุดที่การประปานครหลวงรับน้ำดิบมาผลิตเป็นน้ำประปาโดยมีค่าความเค็มสูงถึง 0.4 g/l เกินค่ามาตรฐานองค์การอนามัยโลกกับเกณฑ์ของการประปานครหลวงได้กำหนดไม่ให้เกิน 0.25 g/l และในปี พ.ศ.2553 เมื่อวันที่ 17-18 พฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงน้ำทะเลหนุนสูงสุด ค่าความเค็มสูงขึ้นมากโดยวัดได้มากถึง 1.0 g/l ทำให้การประปานครหลวงจำเป็นต้องหยุดการสูบน้ำดิบชั่วคราว รอจนกระทั่งน้ำลงและความเค็มลดระดับลงจึงสามารถสูบน้ำดิบได้ตามปกติ ส่งผลให้การผลิตน้ำประปาในช่วงเวลานั้นมีปริมาณที่ลดลง การประปานครหลวงจึงได้ทำการประสานงานกับกรมชลประทานเพื่อแก้ไขสถานการณ์ในเบื้องต้นโดยการผันน้ำจากลุ่มน้ำ

แม่กลองซึ่งอยู่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาได้ทำการผันน้ำจากบริเวณเหนือเขื่อนแม่กลอง จ.กาญจนบุรี ผันลงมาสู่คลองจระเข้สามพัน จากนั้นจึงรับน้ำเข้าคลองสองพี่น้องระบายลงสู่แม่น้ำท่าจีน แล้วจึงรับน้ำเข้าแม่น้ำเจ้าพระยาจากคลองพระยาบันลือ ก่อนที่จะระบายน้ำผ่านคลองพระยาบันลือลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณตอนบนของสถานีสูบน้ำดิบ ลำแลเพื่อเจือจางและผลักดันความเค็ม

โดยปกติการรุกตัวของความเค็มจะเกิดขึ้นประมาณเดือนพฤษภาคม เพราะเป็นช่วงรอยต่อระหว่างปลายฤดูแล้งและต้นฤดูฝนทำให้มีปริมาณน้ำท่าโดยธรรมชาติจากต้นน้ำไหลลงมาน้อย ประกอบกับวันใดที่ระดับน้ำทะเลหนุนสูงก็จะเกิดการรุกตัวของความเค็มเข้ามาในแม่น้ำได้สูงขึ้น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าในปัจจุบันความเค็มมีแนวโน้มความรุกตัวขึ้นมาเร็วและทวีความรุนแรงมากขึ้นกว่าในอดีตที่ผ่านมา

รูปที่ 1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
(ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Chao_Phraya_River)

ดังนั้นในงานศึกษานี้จึงได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE11 เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่มีต่อพฤติกรรมทางชลศาสตร์และความเค็มโดยใช้กรณีศึกษาของแม่น้ำท่าจีนกับแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ได้กำหนดพื้นที่การศึกษาในกรอบเส้นประคือตั้งแต่ท้ายประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา จ.สุพรรณบุรี กับเขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท ถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่อ่าวไทย ตามลำดับ (รูปที่ 1)

งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาของประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์อย่างแพร่หลาย อาทิเช่น กรมควบคุมมลพิษ (2546) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำเพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการด้านคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกโดยใช้โปรแกรม MIKE11 ในการจำลองได้ใช้โมดูล HD, AD และ WQ ทำการปรับแก้หาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งและค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของมวลสารต่างๆ พบว่าได้ผลเป็นอย่างดี Wassmann และคณะ (2004) ได้ศึกษาถึงผลกระทบการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขงในส่วนของประเทศเวียดนามที่มีผลต่อการท่วมของน้ำในฤดูน้ำหลากกับผลผลิตข้าวโดยใช้แบบจำลอง

VRSAP Model เป็นแบบจำลองแบบ Quasi 2 มิติที่ทำการพัฒนาขึ้นเอง พบว่าเมื่อระดับน้ำทะเลสูงเพิ่มขึ้นอีก 20 กับ 45 cm ระดับเส้นชั้นความสูงของน้ำที่ระดับเดียวกันจะรุกตัวเข้าไปในพื้นทวีปประมาณ 25 กับ 50 km ตามลำดับ Wongsa และคณะ (2010a, b) เกรียงไกรและคณะ (2552) สนิทและชัยวัฒน์ (2553) ได้ศึกษาถึงผลกระทบการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน และแม่น้ำแม่กลองในฤดูน้ำแล้ง โดยใช้แบบจำลอง MIKE11 พบว่าในแม่น้ำท่าจีนเมื่อระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 19-23 cm ระดับความเค็มจะเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงประมาณ 0.10-1.80 g/l และมีผลกระทบของความเค็มต่อพื้นที่การเกษตรกรรม ส่วนในแม่น้ำเจ้าพระยาเมื่อระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 48 cm ระดับความเค็มที่สำแลจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.99 g/l ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐาน 0.25 g/l และส่วนปลายของความเค็มจะขึ้นไปถึง อ.ป่าโมก จ.อ่างทอง การประปานครหลวง (2557) ได้ศึกษาผลกระทบของความเค็มต่อสถานีสูบน้ำสำแล

วัตถุประสงค์และวิธีการศึกษา

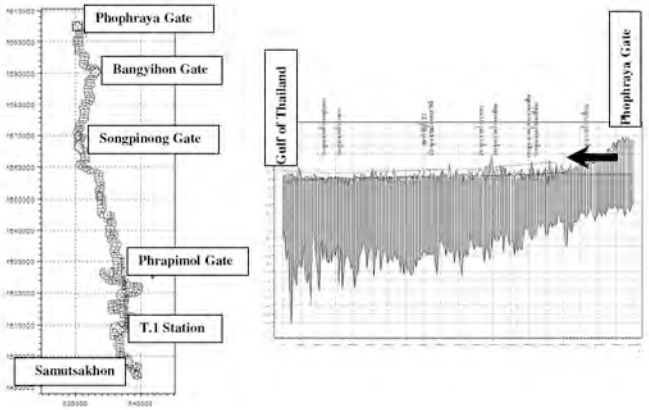
สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในกรณีเมื่อระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นและความเค็มรุกสูงขึ้นไปในส่วนของแม่น้ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมและการจัดหาแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา โดยมีขอบเขตพื้นที่การศึกษาประกอบด้วยแม่น้ำท่าจีนกับแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เริ่มตั้งแต่บริเวณท้ายประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา จ.สุพรรณบุรี กับเขื่อนเจ้าพระยา จ.ชัยนาท ถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่อ่าวไทย ตามลำดับ ได้กำหนดกรณีศึกษาจากข้อมูลการวิเคราะห์หาผลกระทบอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลซึ่งเป็นข้อมูลการคาดการณ์ของ IPCC ร่วมกับแบบจำลอง MIKE11 โดยใช้โมดูล HD กับ AD

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล โดยพิจารณาตั้งแต่เขื่อนเจ้าพระยาถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยา ข้อมูลและการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตในแบบจำลองคณิตศาสตร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

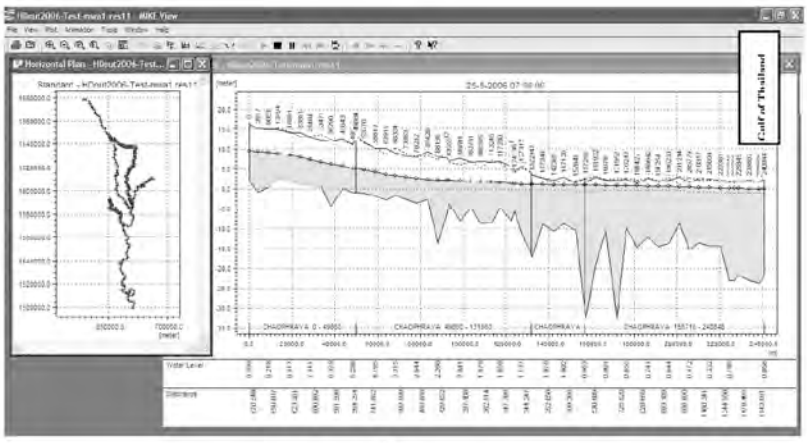
- รูปร่างกับรูปตัดขวางของแม่น้ำ และคูคลองที่สำคัญต่างๆ ในระบบโครงข่ายแม่น้ำ
- ข้อมูลอัตราการไหลผ่านประตูระบายน้ำโพธิ์พระยากับเขื่อนเจ้าพระยา ใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขตทางด้านเหนือน้ำ และข้อมูลอัตราการไหลเข้า-ออกจากด้านข้างแม่น้ำต่างๆ เพื่อใช้กำหนดเป็นเงื่อนไขขอบเขตการไหลเข้าด้านข้าง
- ระดับน้ำที่ปากแม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำเจ้าพระยา ใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ
- ค่าความเค็มด้านท้ายน้ำค่าความเค็มเพื่อใช้กำหนดเป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ
- ส่วนปริมาณฝนตกจะไม่ถูกนำมาพิจารณาเนื่องจากเป็นกรณีศึกษาช่วงน้ำน้อยในช่วงฤดูแล้งเป็นหลัก ในรูปที่ 2 แสดงผังโครงข่ายแม่น้ำท่าจีนกับแม่น้ำเจ้าพระยา และสถานีวัดน้ำที่สำคัญๆ

สมการพื้นฐานและแบบจำลองคณิตศาสตร์

ได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE11 พัฒนาโดย Danish Hydraulic Institute: DHI แก้ระบบสมการพื้นฐานชนิดหนึ่งมิติโดยใช้ระเบียบวิธีเชิงจำนวน สามารถนำไปประยุกต์ใช้วิเคราะห์สภาพชลศาสตร์การไหลได้ทั้งแบบคงที่และแบบไม่คงที่ สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้จำนวน 2 โมดูล คือ



(ก) แม่น้ำท่าจีน



(ข) แม่น้ำเจ้าพระยา

รูปที่ 2 ผังโครงข่ายแม่น้ำท่าจีนกับแม่น้ำเจ้าพระยา

1. โมดูลแบบจำลองชลศาสตร์ (Hydrodynamic Module: HD)

เป็นโมดูลย่อยที่สามารถจำลองสภาพชลศาสตร์การไหลในแม่น้ำโดยใช้สมการการไหลความต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม สามารถแสดงได้ตามสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial\left(\alpha\frac{Q^2}{A}\right)}{\partial x}+gA\frac{\partial h}{\partial x}+\frac{gQ|Q|}{C^2AR}=0 \quad (2)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล, A = พื้นที่หน้าตัด, q = อัตราการไหลเข้า-ออกด้านข้าง, h = ความลึกของน้ำ, t = เวลา

α = ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้โมเมนตัม, C = ค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy ($C = R^{1/6}/n$), R = รัศมีชลศาสตร์,

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง, g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, x = ระยะทางตามทิศทางการไหล

2 โมดูลแบบจำลองการพัดพาและการแพร่ (Advection-Dispersion Module: AD)

เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองการพัดพาหรือการเคลื่อนย้ายของมวลสาร (ความเค็ม) ในแม่น้ำโดยใช้หลักของกฎทรงมวล สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (3) ดังนี้คือ

$$\frac{\partial AC}{\partial t}+\frac{\partial QC}{\partial x}-\frac{\partial}{\partial x}\left(AD\frac{\partial C}{\partial x}\right)=-AKC+qC_2 \quad (3)$$

โดยที่ C = ความเข้มข้นของมวลสาร, D = สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมวลสาร,

C_2 = ความเข้มข้นของ Source/Sink K = สัมประสิทธิ์การย่อยสลายของมวลสาร

การแก้ระบบสมการพื้นฐานของแบบจำลอง MIKE11 กระทำโดยใช้ระเบียบวิธี Implicit finite difference แบบ 6-points ของ Abbott และ Ionescu

สำหรับฟังก์ชันทางสถิติที่นำมาใช้วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน ประกอบด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of determination; R^2) กับดัชนีการยอมรับ (Index of agreement; IA) ได้ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ตรวจสอบความถูกต้องของผลการสอบเทียบและผลตรวจพิสูจน์ของแบบจำลองเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ดังแสดงในสมการที่ (4) - (5) ตามลำดับ คือ

$$R^2=\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i-\bar{O}_{avg}\right)\left(P_i-\bar{P}_{avg}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i-\bar{O}_{avg}\right)^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(P_i-\bar{P}_{avg}\right)^2}}\right)^2 \quad (4)$$

$$IA=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i-P_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(\left|P_i-\bar{O}_{avg}\right|+\left|O_i-\bar{O}_{avg}\right|\right)^2} \quad (5)$$

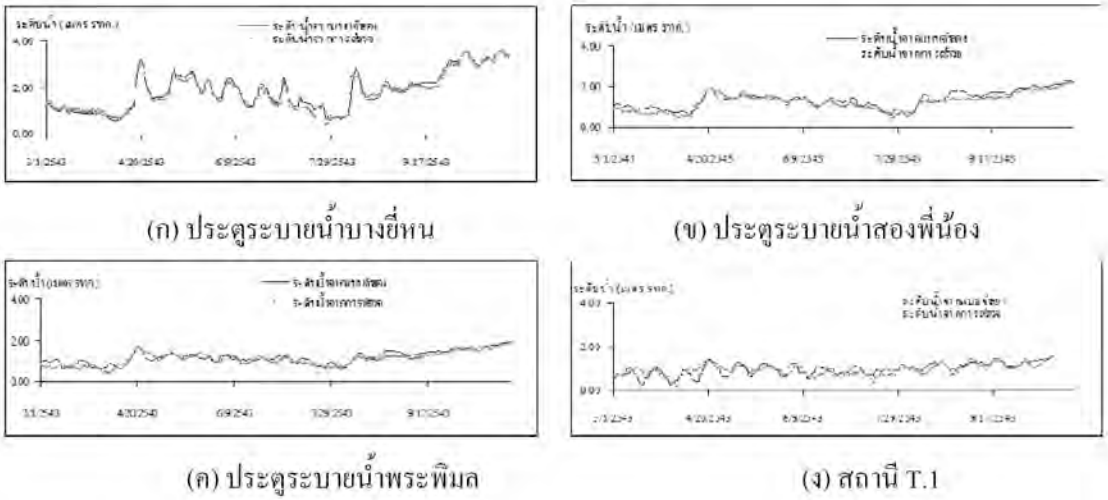
โดยที่ O_i = ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในสนาม, P_i = ผลการคำนวณจากแบบจำลอง, i = จำนวนข้อมูล

O_{ave} = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในสนาม

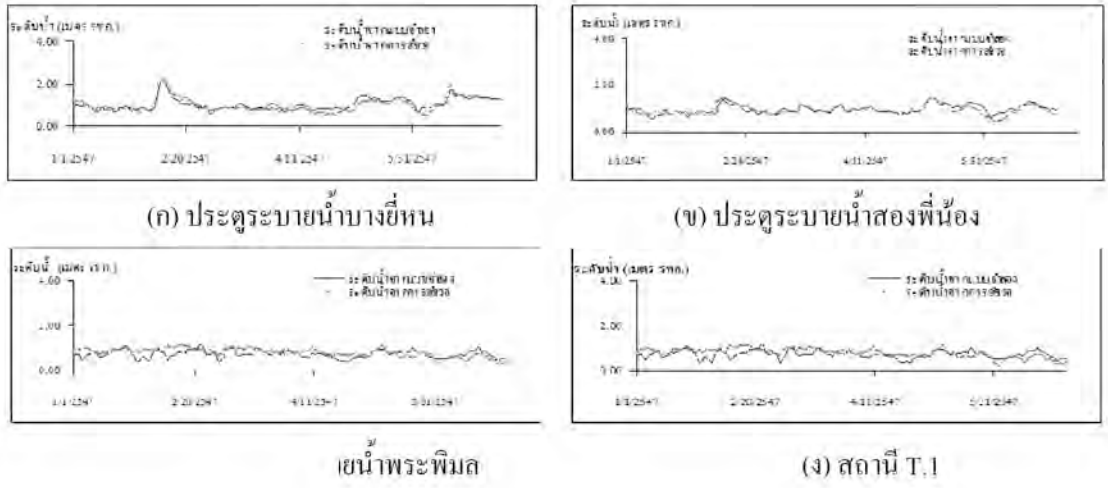
ผลการศึกษา

1. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางชลศาสตร์

ในขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลองของแม่น้ำท่าจีนได้ใช้ชุดข้อมูลระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2543 ระดับน้ำได้จากกรมชลประทานที่ตรวจวัดวัดระดับน้ำประตูระบายน้ำบางยี่หน สองพี่น้อง พระพิมล และสถานีวัดน้ำ T.1 ดังแสดงในรูปที่ 3 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่งเท่ากับ 0.033 ผลของการสอบเทียบพบว่าได้ค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับค่าตรวจวัดจริง การตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางชลศาสตร์ใช้ชุดข้อมูลระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน พ.ศ. 2547 ในตำแหน่งเดียวกัน (รูปที่ 4) พบว่าได้ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.93-0.94 และ IA อยู่ระหว่าง 0.97-0.98 ซึ่งได้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

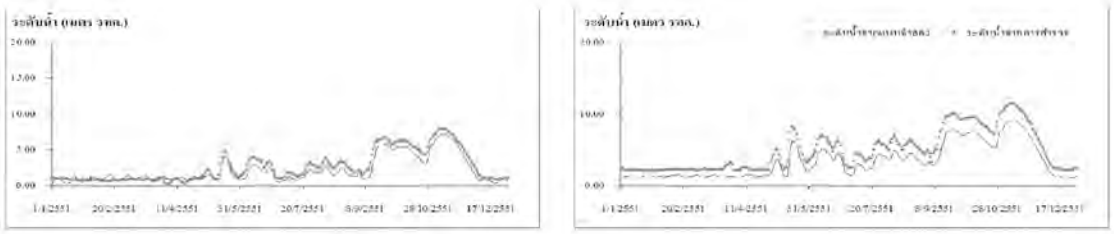


รูปที่ 3 ผลการสอบเทียบแบบจำลองชลศาสตร์แม่น้ำท่าจีนระหว่างมีนาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ.2543



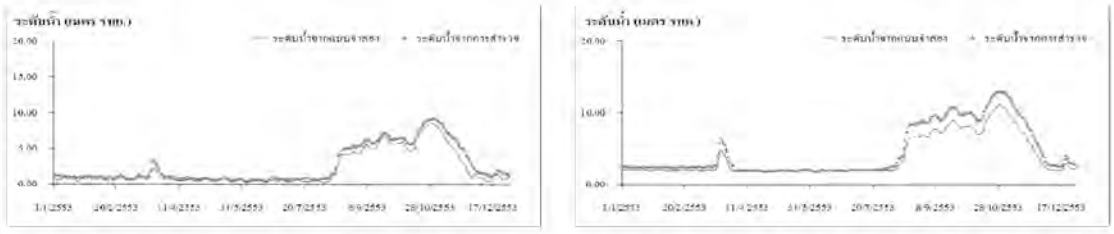
รูปที่ 4 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองชลศาสตร์แม่น้ำท่าจีนระหว่างมีนาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ.2547

สำหรับแม่น้ำเจ้าพระยาได้ใช้ชุดข้อมูลระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2551 ที่สถานี C.3 (บ้านบางพุดทรา อ.เมือง จ.สิงห์บุรี) และ C.7A (บ้านบางแก้ว อ.เมือง จ.อ่างทอง) ดังแสดงในรูปที่ 5 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่งเท่ากับ 0.022 ผลของการสอบเทียบพบว่าได้ค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกับค่าตรวจวัดจริง มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.88-0.91 และ IA อยู่ระหว่าง 0.94-0.97 จัดอยู่ในเกณฑ์ดีจนถึงดีมาก เมื่อได้ทำการตรวจพิสูจน์แบบจำลองทางชลศาสตร์ใช้ชุดข้อมูลระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน พ.ศ.2553 ในตำแหน่งเดียวกัน (รูปที่ 6) พบว่าได้ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.93-0.94 และ IA อยู่ระหว่าง 0.97-0.98 ซึ่งได้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและความเค็มต่อไปได้



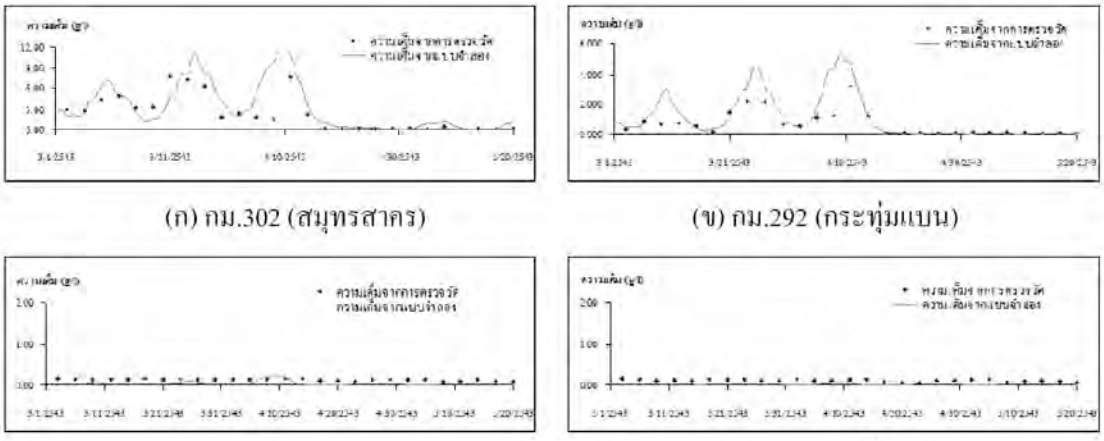
(ก) สถานีวัดน้ำ C.7A (ข) สถานีวัดน้ำ C.3

รูปที่ 5 ผลการสอบเทียบแบบจำลองชลศาสตร์แม่น้ำเจ้าพระยาระหว่างมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2551



(ก) สถานีวัดน้ำ C.7A (ข) สถานีวัดน้ำ C.3

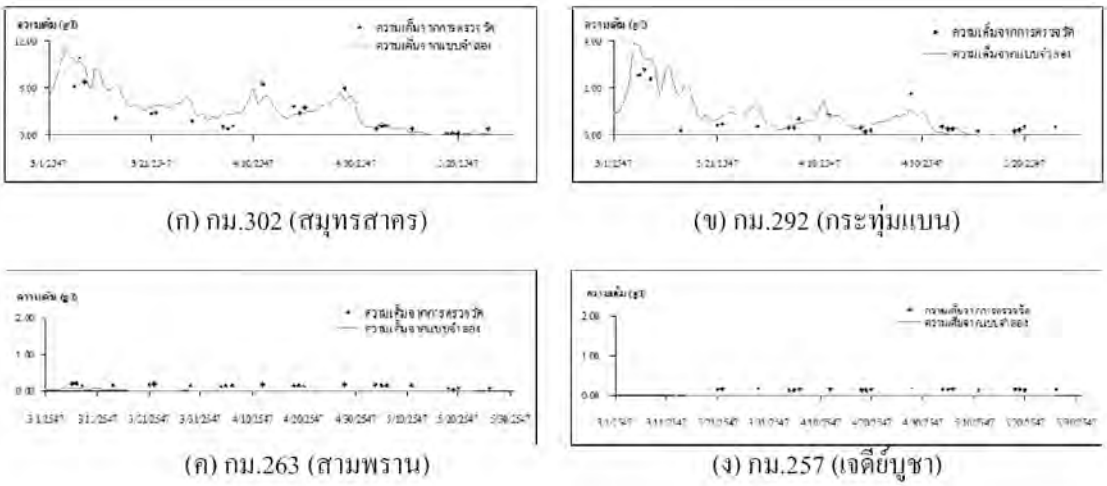
รูปที่ 6 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองชลศาสตร์แม่น้ำเจ้าพระยาระหว่างมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2553



(ก) กม.302 (สมุทรสาคร) (ข) กม.292 (กระทุ่มแบน)

(ค) กม.263 (สามพราน) (ง) กม.257 (เจดีย์บูชา)

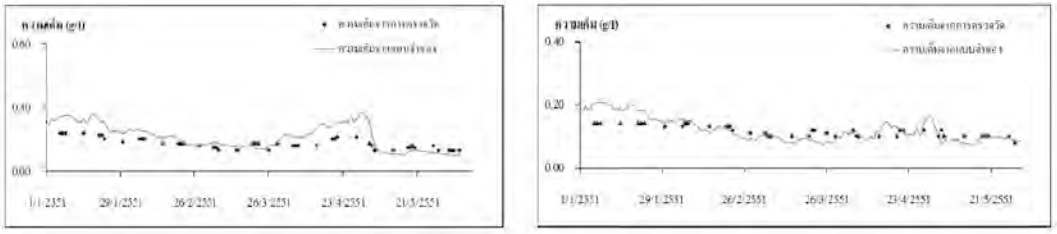
รูปที่ 7 ผลการสอบเทียบแบบจำลองความเค็มแม่น้ำท่าจีนระหว่างมีนาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ.2543



(ก) กม.302 (สมุทรสาคร) (ข) กม.292 (กระทุ่มแบน)

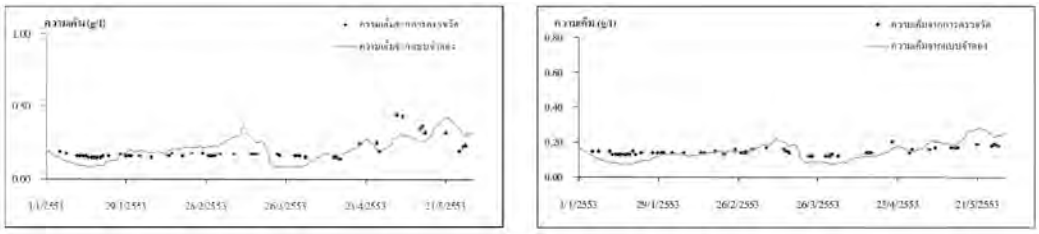
(ค) กม.263 (สามพราน) (ง) กม.257 (เจดีย์บูชา)

รูปที่ 8 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองความเค็มแม่น้ำท่าจีนระหว่างมีนาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ.2547



(ก) สถานีสูบน้ำดิบสำแล (ข) สถานีวัดน้ำบางไทร

รูปที่ 9 ผลการสอบเทียบแบบจำลองความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยาระหว่างมกราคมถึงมิถุนายน พ.ศ.2551



(ก) สถานีสูบน้ำดิบสำแล (ข) สถานีวัดน้ำบางไทร

รูปที่ 10 ผลการตรวจพิสูจน์แบบจำลองความเค็มแม่น้ำเจ้าพระยาระหว่างมกราคมถึงมิถุนายน พ.ศ.2553

2. การสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองความเค็ม

แบบจำลองความเค็มได้ปรับเทียบและตรวจพิสูจน์เช่นเดียวกับแบบจำลองทางชลศาสตร์ ได้แสดงผลการสอบเทียบความเค็มที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลองกับความเค็มที่ได้จากการตรวจวัดในแม่น้ำท่าจีนที่สถานี จ.สมุทรสาคร อ.กระทุ่มแบน อ.สามพราน และคลองเจดีย์บูชา และแม่น้ำเจ้าพระยาที่สถานีบางไทร สำแล และศาลากลางพระประแดง (รูปที่ 7-8) จากการสอบเทียบแบบจำลองความเค็มพบว่าผลจากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงและ

สอดคล้องกับค่าตรวจวัดจริง โดยมีค่า IA อยู่ระหว่าง 0.75-0.94 และค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.86-0.96 และมีค่า Global Dispersion Factor เท่ากับ 500-1,800 m^2/s และค่า Global Exponent เท่ากับ 0.1-0.8 และค่า K_{mix} เท่ากับ 500-1,800 hr^{-1} และในขั้นตอนการตรวจพิสูจน์ได้ค่า IA กับ R^2 อยู่ระหว่าง 0.72-0.87 กับ 0.71-0.91 ตามลำดับ (รูปที่ 9-10) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลผลการคาดการณ์ของการเพิ่มของระดับน้ำทะเล IPCC ที่ได้ทำการคาดการณ์โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลกในอนาคต จะใช้กรณีศึกษา A1FI (มีการใช้พลังงานฟอสซิลอย่างเข้มข้น Fossil intensive และเป็นการพัฒนาที่ใช้พลังงานที่เป็นฟอสซิลมาก) และมุ่งเน้นเฉพาะผลกระทบที่มีต่อการรุกตัวของความเค็มทั้งในแม่น้ำเจ้าท่าจีนและแม่น้ำพระยา จากผลคาดการณ์ของ IPCC พบว่าระดับน้ำทะเลจะเพิ่มสูงขึ้นอีกประมาณ 48 cm ในปี ค.ศ. 2100 (พ.ศ. 2643) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ระดับน้ำทะเลนี้เพื่อคาดการณ์ความเค็มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

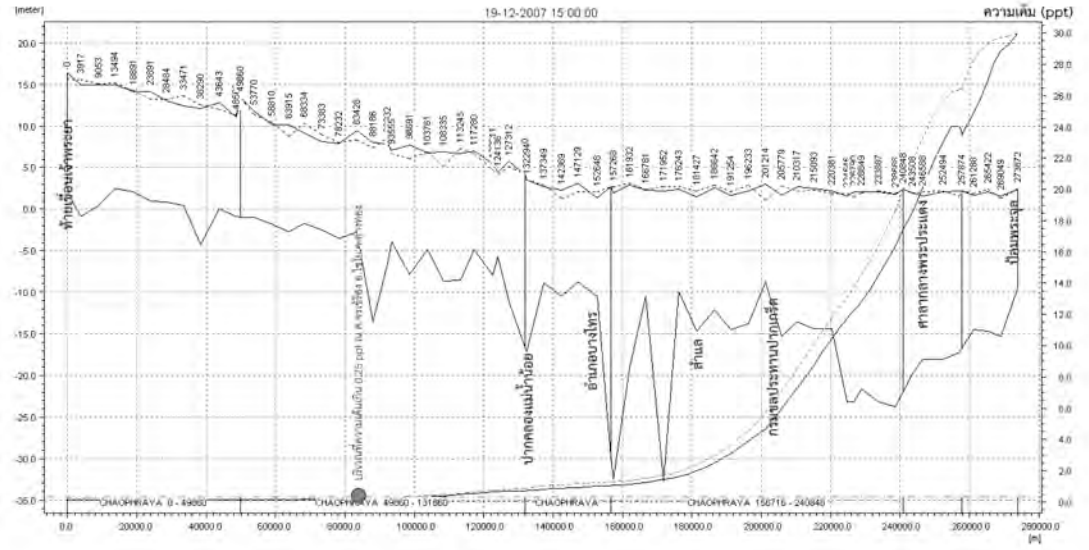
ในกรณีของแม่น้ำท่าจีนนั้นได้ใช้ขอบเขตเงื่อนไขความเค็มทางด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำใช้ชุดข้อมูลของปี พ.ศ.2547 เมื่อนำมาวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์กับความเค็มแล้ว พบว่าความเค็มที่มีค่าเกิน 0.25 g/l อยู่ที่บริเวณ อ.สามพราน จ.นครปฐม แต่ถ้าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นอีก 48 cm ในปี ค.ศ. 2100 (พ.ศ. 2643) จะทำความเค็มนี้ขึ้นไปอยู่ที่ ต.ท่าข้าม อ.สามพราน จ.นครปฐม ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านเหนือน้ำขึ้นไปอีกประมาณ 6.50 km

ส่วนกรณีของแม่น้ำเจ้าพระยาได้ใช้ขอบเขตเงื่อนไขความเค็มทางด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำใช้ชุดข้อมูลของปี พ.ศ.2551 กับ 2553 เมื่อนำมาวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำโดยแบบจำลองทางชลศาสตร์กับความเค็มแล้วพบว่าค่าความเค็มสูงสุดที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลมีค่า 0.29 กับ 0.37 g/l ตามลำดับ และความเค็มที่มีค่าเกิน 0.25 g/l อยู่ที่ อ.บางไทร แต่ถ้าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นอีก 48 cm จะทำค่าความเค็มนี้ขึ้นไปอยู่ที่ ต.บ้านโพ อ.บางปะอินกับ ต.สนามชัย อ.บางไทร ซึ่งมีระยะทางจากเขื่อนเจ้าพระยา 142.0 กับ 157.0 km และค่าความเค็มสูงสุดที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.38 กับ 0.45 g/l ตามลำดับ

ในกรณีที่ความเค็มที่ปากแม่น้ำที่อ่าวไทยมีค่าวิกฤติที่สุดคือ มีค่าคงที่เท่ากับ 30 g/l จะทำให้ระดับของความเค็มที่มีค่าเกิน 0.25 g/l รุกสูงขึ้นมาอยู่ที่บริเวณ อ.พระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีระยะทางจากเขื่อนเจ้าพระยาเพียงแค่ประมาณ 133.0 km และค่าความเค็มสูงสุดที่สถานีสูบน้ำดิบสำแลมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.99 กับ 1.70 g/l ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความเค็มค่าเกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกและการประปานครหลวงถึงประมาณสี่เท่า และถ้ามีปริมาณน้ำที่ผันลงมาท้ายเขื่อนเจ้าพระยาน้อย ค่าเกิน 0.25 g/l อาจจะรุกสูงรุกขึ้นไปถึงบริเวณ จ.อ่างทอง

สำหรับผลกระทบต่อพืชนั้น ค่าความเค็มที่มีค่ามากกว่า 1.00 g/l จะเริ่มมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

เกือบทุกชนิดยกเว้นข้าวโพดที่มีความสามารถทนความเค็มได้น้อยกว่า แต่ไม่พบว่ามีการปลูกข้าวโพดในบริเวณพื้นที่ปากแม่น้ำทั้งสองแห่ง ในลุ่มน้ำท่าจีนพบว่าพืชชนิดต่างๆ ยังสามารถเจริญเติบโตและ/หรือยังทนความเค็มได้เพราะความเค็มยังขึ้นไปไม่สูงมากนัก แต่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยานั้นจะพบว่าบริเวณสถานีสูบน้ำสำแลมีค่าความเค็มมากกว่า 1.6 g/l จากผลการคำนวณพบว่าความเค็มที่มีค่ามากกว่า 1.00 g/l จะรุกขึ้นไปถึงบริเวณ อ.สามโคก จ.ปทุมธานี ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชจำพวกข้าว ข้าวโพด ฝ้าย และปอ สำหรับข้าวจะมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเหลือเพียงร้อยละ 80-90 เท่านั้น



รูปที่ 11 ค่าความเค็มของแม่น้ำเจ้าพระยากรณีที่ความเค็มที่ปากแม่น้ำที่อ่าวไทยมีค่าคงที่เท่ากับ 30 g/l

สำหรับมาตรการระยะสั้นสำหรับในปีที่เกิดปัญหาน้ำแล้งอาจจะมีการผันน้ำข้ามลุ่มจากแม่กลองมาเพื่อช่วยบรเทาความเค็มสำหรับผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง (ไม่ครอบคลุมด้านเกษตรกรรม) เพราะมีปริมาณแหล่งน้ำต้นทุนเพียงพอ และได้มีการผันน้ำมาเพื่อผลิตน้ำประปากับผลักดันความเค็มอยู่แล้ว แต่ยังคงมีปัญหาที่ต้องหาแนวผันน้ำมาในปริมาณที่มากขึ้นเพราะความจุของคลองส่งน้ำในปัจจุบันยังไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำที่จะต้องส่งมาเจือจางความเค็ม ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยจะต้องขุดลอกหรือขยายคลองส่งน้ำเพิ่มเติม หรือติดตั้งระบบสูบน้ำหรือชุดผลักดันน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำอีกทางหนึ่งด้วย ส่วนมาตรการระยะยาวสำหรับการผลิตน้ำประปานั้นควรจะต้องย้ายสถานีสูบน้ำดิบขึ้นไปด้านเหนือน้ำ ก่อสร้างสถานีสูบน้ำดิบถาวรแห่งใหม่ในบริเวณที่ความเค็มรุกตัวไปไม่ถึงเพื่อป้องกันความเสี่ยงอันอาจจะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

สรุป

ผลงานวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาระดับน้ำทะเลจากแบบจำลอง MIKE11 จากข้อมูลที่มีการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์ แม่น้ำท่าจีนได้ค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิ่งเท่ากับ 0.033 มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.93-0.94 และ IA อยู่

ระหว่าง 0.97-0.98 ซึ่งได้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และแม่น้ำเจ้าพระยาได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งเท่ากับ 0.22 แบบจำลองชลศาสตร์ในช่วงการสอบเทียบมีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.88-0.91 และ IA อยู่ระหว่าง 0.94-0.97 ส่วนแบบจำลองความเค็มได้ค่า Global Dispersion Factor เท่ากับ 500-1,800 m2/s และค่า Global Exponent เท่ากับ 0.1-0.8 และค่า K_{mix} เท่ากับ 500-1,800 hr^{-1}

เมื่อนำแบบจำลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลของ IPCC กรณีการคำนวณโดยจำลองภูมิอากาศโลกในอนาคตกรณีศึกษา A1FI ภายใต้ขอบเขตเงื่อนไขความเค็มทางด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำใช้สภาพปี พ.ศ.2547 ของแม่น้ำท่าจีนและ พ.ศ.2551 กับ 2553 ของแม่น้ำเจ้าพระยา ในอนาคตปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) เมื่อระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นอีก 48 cm พบว่าจะทำให้ระดับของความเค็มที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน 0.25 g/l ในแม่น้ำท่าจีนอยู่ที่ ต.ท่าข้าม อ.สามพราน จ.นครปฐม ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านเหนือน้ำขึ้นไปอีกประมาณ 6.50 km เทียบกับสภาพปัจจุบัน ส่วนแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ที่บริเวณ ต.บ้านโพ อ.บางปะอิน ซึ่งมีระยะทางจากเขื่อนเจ้าพระยา 142.0 km มีค่าความเค็มสูงสุดสถานีสูบน้ำสำแล 0.447 g/l แต่ถ้าความเค็มที่ปากแม่น้ำมีค่า 30 g/l จะทำให้ระดับของความเค็มที่มีค่าเกิน 0.25 g/l อยู่ที่ ต.สำเภาล่ม อ.พระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีระยะทางจากเขื่อนเจ้าพระยา 133.0 km มีค่าความเค็มสูงสุดที่สถานีสูบน้ำสำแลมีค่าความเค็มมากถึง 1.70 g/l

สำหรับผลกระทบต่อเกาตรกรรมพืชนั้นไม่พบในแม่น้ำท่าจีน แต่จะพบในแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งจากผลการคำนวณพบว่าความเค็มที่มีค่ามากกว่า 1.00 g/l จะรุกขึ้นไปถึงบริเวณ อ.สามโคก จ.ปทุมธานี ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะข้าวจะมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเหลือเพียงร้อยละ 80-90 เท่านั้น และได้นำเสนอแนะมาตรการระยะสั้นโดยผันน้ำจากลุ่มน้ำแม่กลองเพื่อช่วยเจือจางความเค็ม ส่วนมาตรการระยะยาวควรย้ายสถานีสูบน้ำดิบขึ้นไปด้านเหนือน้ำ ก่อสร้างสถานีสูบน้ำดิบถาวรแห่งใหม่ในบริเวณที่ความเค็มรุกตัวไปไม่ถึงเพื่อป้องกันความเสี่ยงอันอาจจะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณการประปานครหลวง กรมชลประทาน กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, โครงการจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออก (รายงานหลัก: ร่างรายงานฉบับสุดท้าย), กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, พ.ศ.2546.

R. Wassmann, N.X. Hein, C.T. Hoanh and T.P. Tuong. “Sea Level Affecting Vietnamese Mekong Delta: Water Elevation in the Flood Season and Implications for Rice Production”. Climate, 66, pp.89-107, 2004.

S. Wongsa, C. Ekkawatapanit and K. Treerittiwitaya. “Effect of sea water level change on the management in the Lower Thachin River”, Proceedings of the International Symposium on Coastal Zones and Climate Change: Assessing the Impacts and Developing Adaptation Strategies.S. Hiranvarodom, 2010.

S. Wongsa, P. Kamolsin and K. Inkliang. “Effect of Sea Water Level Change on the Estuaries Management in the Lower Thachin and Mae Klong Rivers”, Proceedings of GMSTEC 2010: International Conference for a Sustainable Greater Mekong Subregion, 2010.

สนิท วงษา, ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ และเกรียงไกร ตรีฤทธิวิทยา, “ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่มีต่อการจัดการแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง”, เอกสารรายงานการวิจัยโครงการพัฒนาเสริมสร้างความรู้และงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ระบบโลกประจำปีงบประมาณ 2551-2552, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, พ.ศ.2552.

เกรียงไกร ตรีฤทธิวิทยา, ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ และ สนิท วงษา, “ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่มีต่อแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง”, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14, พ.ศ.2552.

สนิท วงษา และ ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์, “ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน”, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 1, พ.ศ.2553.

การประปานครหลวง, โครงการศึกษาศักยภาพและแนวทางการแก้ไขวิกฤติการณ์ด้านแหล่งน้ำดิบ (รายงานหลัก: รายงานฉบับสุดท้าย), กระทรวงมหาดไทย, พ.ศ.2557.