บทที่ 5

ผลการศึกษาและการวิจารณ์ผล

5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจริง

5.1.1 ข้อมูลคุณภาพน้ำแม่น้ำแม่กลองตอนล่างจากงานศึกษา

ในงานศึกษาได้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 6 สถานีในแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 ดังแสดงไว้ในตารางที่ ข-8 (ในภาคผนวก ข) จากผลการศึกษาจะแบ่งพิจารณาใน 2 ลักษณะ คือ ผลคุณภาพน้ำรายสถานีและผลคุณภาพน้ำตามระยะทาง

1) ผลคุณภาพน้ำรายสถานี

จากการสำรวจคุณภาพน้ำข้างต้น ทำการพิจารณาการสำรวจจริงในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ. 2540 เท่านั้น เพราะมีข้อมูลที่ติดต่อกันและมีจำนวนข้อมูลมากกว่าช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2541 สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์สำหรับสถานีต่างๆได้ดังตารางที่ ข-9 และรูปกราฟที่ 5.1 ถึง 5.3

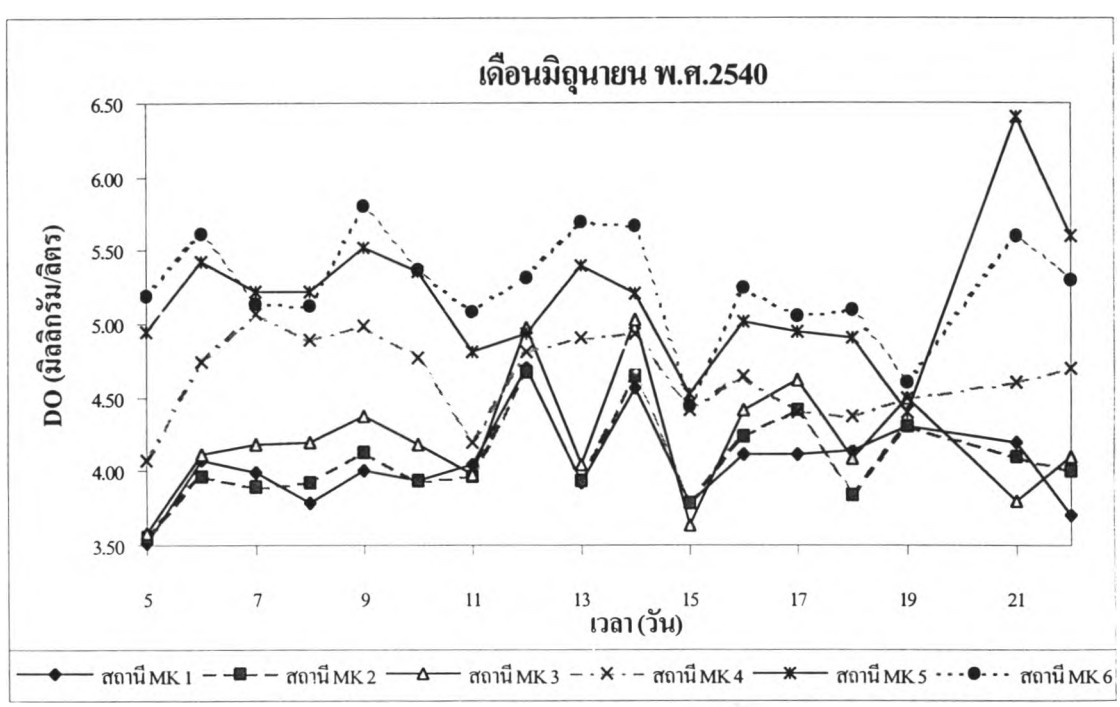
ผลการศึกษาจากตารางและกราฟแสดงให้เห็นว่า ค่าพารามิเตอร์ทั้งสาม ได้แก่ ออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิ มีแนวโน้มการเพิ่มและลดค่าในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากในช่วงเดียวกันมีปัจจัยต่างๆคล้ายคลึงกัน เช่น ปริมาณน้ำ คุณภาพน้ำจากตอนบนของแม่น้ำ เช่น คุณภาพน้ำในวันที่ 8 มิถุนายน ทุกสถานีมีค่าบีโอดีเพิ่มขึ้น แต่ในวันที่ 14 มิถุนายน ค่าบีโอดีของทุกสถานีมีแนวโน้มค่าลดลง นั่นคือ คุณภาพน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นและต่ำลงในเวลาเดียวกัน สำหรับอุณหภูมิ พบว่า ในทุกสถานีมีค่าใกล้เคียงกัน มีการแปรผันน้อยและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นไปในทิศทางเดียวกันในในแต่ละวัน

จากผลการสำรวจคุณภาพน้ำ สามารถแบ่งผลคุณภาพน้ำได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสถานี MK 1-3 และกลุ่มสถานี MK 4-6

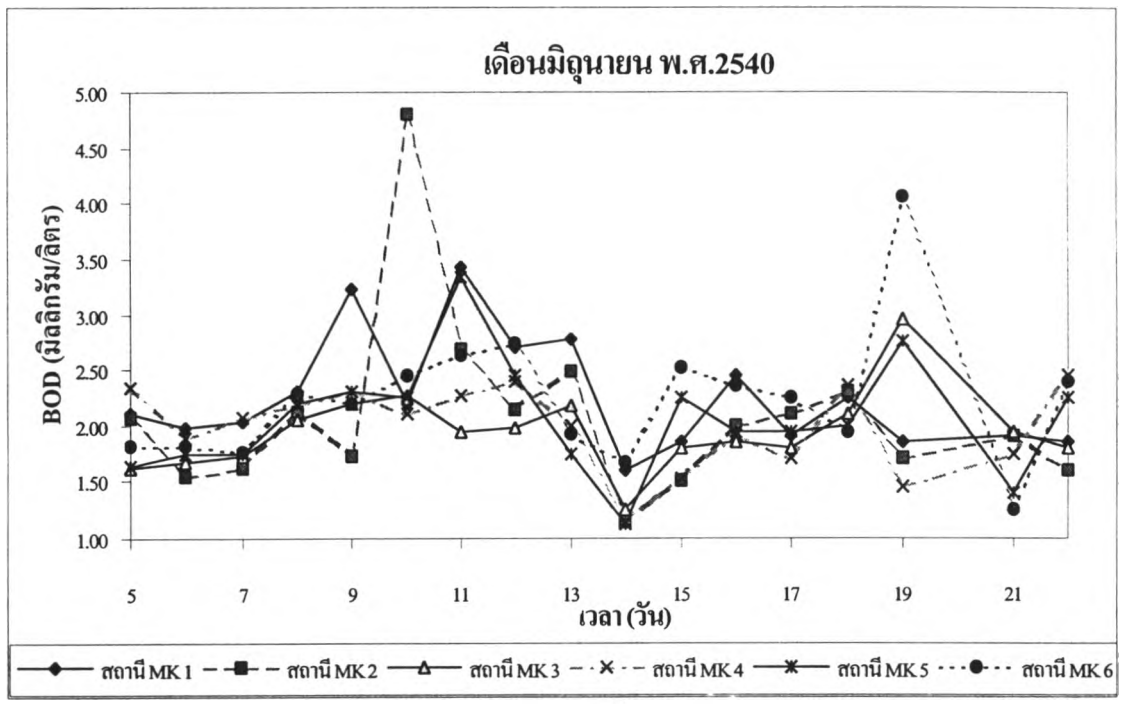
(1) กลุ่มสถานี MK1 ถึงสถานี MK 3

เมื่อพิจารณาเป็นรายสถานี พบว่า สถานี MK 1 สถานี MK 2 และสถานี MK 3 มีค่าพารามิเตอร์ที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดมีระยะห่างกันไม่มากนัก ลักษณะคุณภาพน้ำจึงเป็นไปในลักษณะเดียวกัน

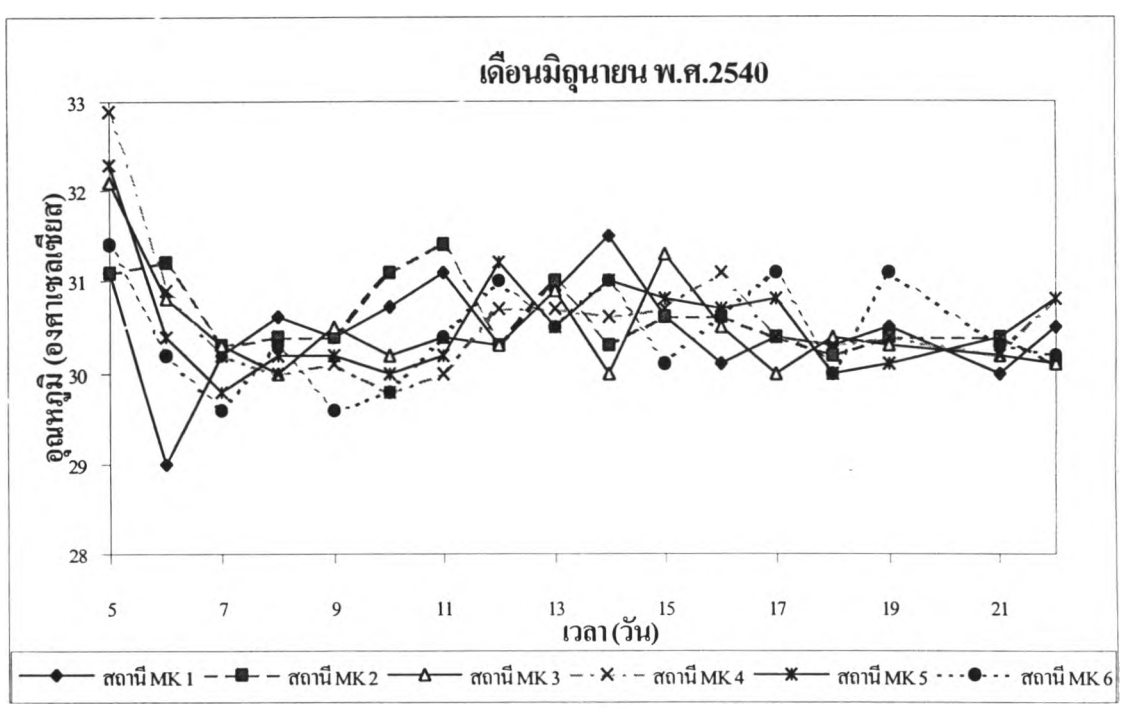
สถานี MK 1 และสถานี MK 2 เป็นบริเวณที่แม่น้ำได้รับผลกระทบจากพื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลางถึงหนาแน่นมาก ได้แก่ พื้นที่ตำบลบางจะเกร็งและแหลมใหญ่ ซึ่งเป็นพื้นที่ติดต่อกับเทศบาลเมืองสมุทรสงคราม ทำให้มีผู้คนอยู่อาศัยหนาแน่นโดยเฉพาะบริเวณใกล้พื้นที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่อยู่ทางฝั่งเดียวกับเทศบาล (ฝั่งซ้าย) เนื่องจากมีความเจริญมากกว่า โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในตารางที่ ข-9 บ่งบอกถึง คุณภาพน้ำของแม่น้ำแม่กลองในบริเวณนี้มีค่าต่ำที่สุด เพราะได้รับผลกระทบจากน้ำทิ้งจากสองฝั่งแม่น้ำ รวมถึงน้ำเสียจากพื้นที่เทศบาล นอกจากนี้ยังได้รับน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งที่พัดพาเข้ามาในช่วงน้ำขึ้น ทำให้คุณภาพน้ำในสถานี MK 1 มีแนวโน้มค่าต่ำกว่าคุณภาพน้ำในสถานี MK 2 เล็กน้อย



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าออกซิเจนละลายของสถานีต่างๆในแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าบีโอดีของสถานีต่างๆในแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงอุณหภูมิของสถานีต่างๆในแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540

สำหรับสถานี MK 3 ได้รับน้ำเสียจากพื้นที่ชุมชนหนาแน่นมาก คือ เทศบาลเมืองสมุทรสงครามซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเจริญสูงจึงหนาแน่นไปด้วยพื้นที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์ สถาบันการศึกษา สถาบันราชการ และอื่นๆ พบว่า คุณภาพน้ำบริเวณนี้ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากน้ำทิ้งชุมชน ทำให้ค่าออกซิเจนละลายลดลงอย่างชัดเจนและมีค่าบีโอดีเพิ่มขึ้นจากสถานี MK 4 ที่อยู่ถัดขึ้นไปในแม่น้ำ คุณภาพน้ำที่สถานีนี้มีค่าใกล้เคียงกับสถานี MK1 และสถานี MK 2

(2) กลุ่มสถานี MK 4 ถึงสถานี MK 6

คุณภาพน้ำในสถานี MK 4 สถานี MK 5 และสถานี MK 6 เป็นกลุ่มที่มีแนวโน้มข้อมูลคุณภาพน้ำไปในทิศทางเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถานี MK 4 เป็นบริเวณที่แม่น้ำได้รับน้ำทิ้งจากพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อยถึงปานกลางโดยเฉพาะพื้นที่เทศบาลตำบลอัมพวา สภาพพื้นที่ปะปนกับพื้นที่เกษตรกรรม จากคุณภาพน้ำที่สำรวจได้แสดงให้เห็นว่า น้ำเสียจากการใช้พื้นที่ลักษณะนี้มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำน้อยเนื่องจากมีปริมาณของเสียต่ำ ทำให้ค่าบีโอดีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ออกซิเจนละลายมีแนวโน้มต่ำลงเมื่อเทียบกับสถานี MK 5 ที่อยู่ถัดขึ้นไป เนื่องจากความสกปรกของแม่น้ำสืบเนื่องจากตอนบนที่เกิดการย่อยสลายตามระยะทาง ทำให้ค่าออกซิเจนละลายลดลง

สถานี MK 5 พิจารณาถึงผลของน้ำทิ้งจากพื้นที่การเกษตรโดยเฉพาะน้ำทิ้งจากการทำเกษตรในบริเวณอำเภอบางคนทีและอำเภอดำเนินสะดวกซึ่งน้ำทิ้งไหลผ่านคลองดำเนินสะดวกลงสู่แม่น้ำแม่กลองและผลของการใช้พื้นที่อยู่อาศัยแบบหนาแน่นน้อยถึงปานกลางจากพารามิเตอร์ออกซิเจนละลายและบีโอดีที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสถานี MK 6 โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ พบว่า ค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตรและบีโอดีน้อยกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร กล่าวได้ว่ามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี

คุณภาพน้ำที่สถานี MK 6 พิจารณาผลของน้ำเสียที่เกิดมาจากพื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก คือ พื้นที่เทศบาลเมืองราชบุรีซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเจริญสูง น้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจะส่งผลให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงอย่างมาก

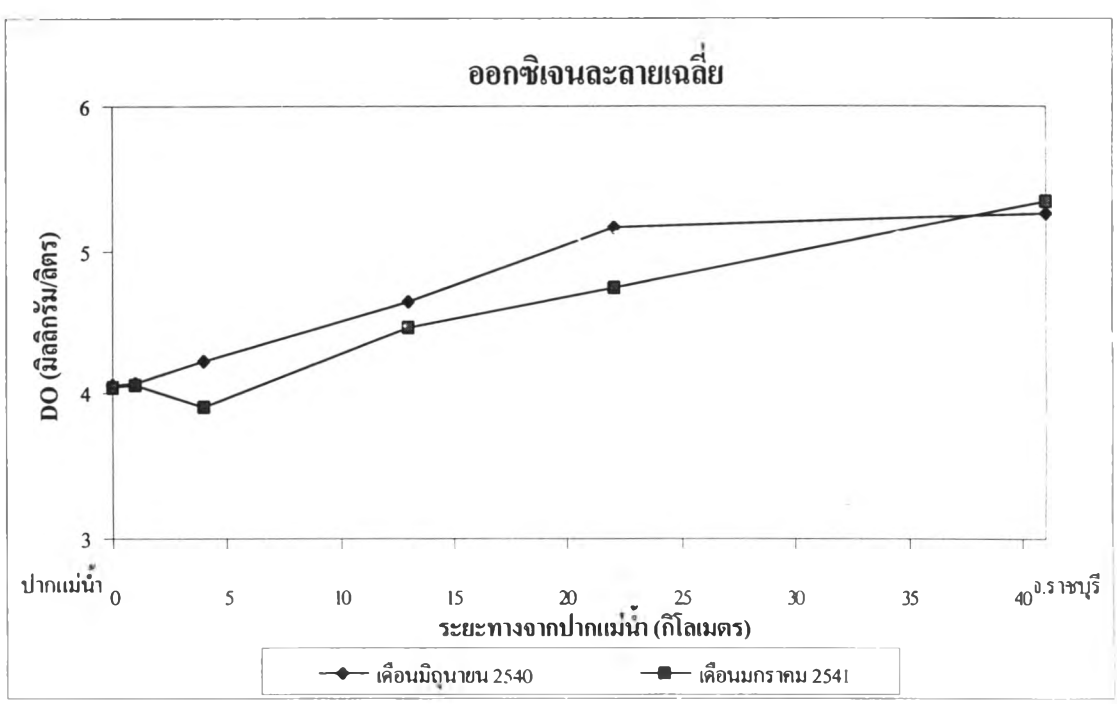
จากการสำรวจคุณภาพน้ำสำหรับสถานี MK6 พบว่า ออกซิเจนละลายมีค่าสูงที่สุดในสถานีตรวจวัดทั้งหมดและบีโอดีที่มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 2 มิลลิกรัม/ลิตร นับว่ามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี แม้ว่าเป็นช่วงที่แม่น้ำไหลผ่านพื้นที่ชุมชนหนาแน่นมาก สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะสถานี MK6 เป็นขอบเขตบนของพื้นที่ศึกษา จึงมีคุณภาพน้ำสูง และเนื่องจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างอาจไม่เหมาะสม เพราะบริเวณจุดระบายน้ำทิ้งของเทศบาลเมืองราชบุรีอยู่ในแนวเดียวกับ

จุดเก็บตัวอย่าง ทำให้คุณภาพน้ำที่ตรวจวัดเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษามีค่าสูงกว่าความเป็นจริง คือ มีค่าออกซิเจนละลายสูงและบีโอดีปานกลาง

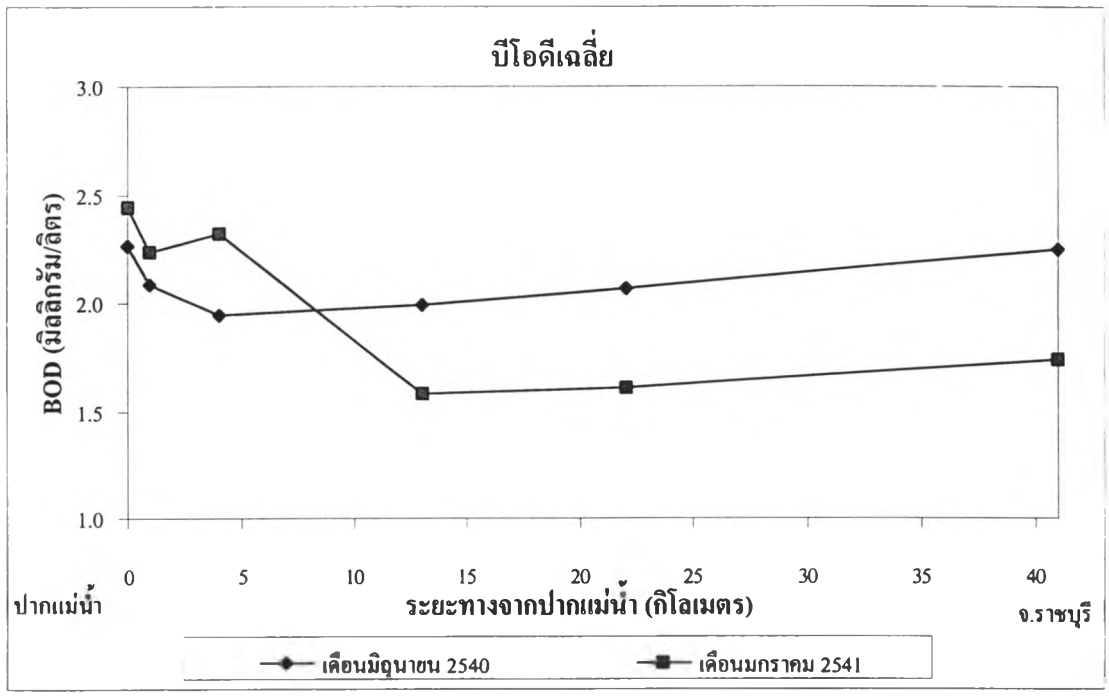
จากรูปกราฟข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายและบีโอดีของสถานี MK 4 ถึง MK 6 มีลักษณะเส้นกราฟที่คล้ายคลึงกัน แต่มีค่าลดลงตามระยะแม่น้ำ นั่นคือ บริเวณระหว่างสถานีทั้งสามมีการปล่อยทิ้งน้ำเสียตามระยะแม่น้ำ แต่ปริมาณที่ปล่อยทิ้งหรือความสกปรกที่ปล่อยทิ้งมีค่าไม่สูงพอที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำอย่างฉับพลัน

2) ผลคุณภาพน้ำตามระยะทาง

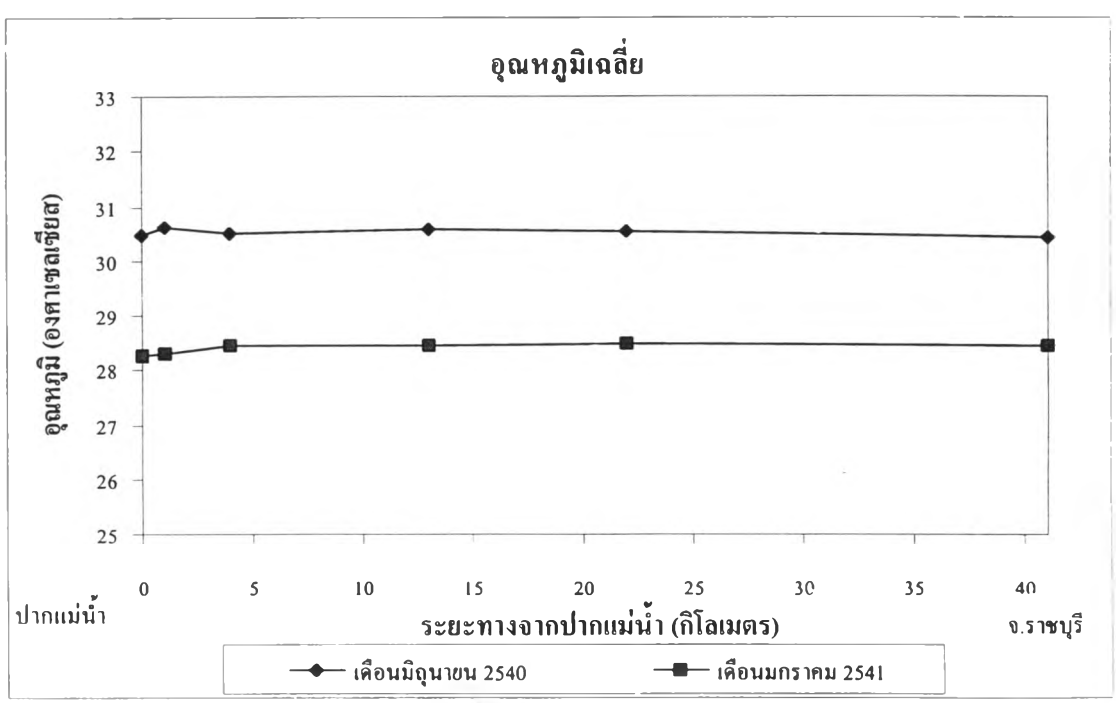
จากข้อมูลคุณภาพน้ำตามสถานีตรวจวัดทั้ง 6 จุด สามารถแสดงค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆตามระยะทาง สำหรับช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 ได้ดังนี้



รูปที่ 5.4 แสดงค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ยตามระยะทางของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และเดือนมกราคม พ.ศ.2541



รูปที่ 5.5 แสดงค่าบีโอดีเฉลี่ยตามระยะทางของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และเดือนมกราคม พ.ศ.2541



รูปที่ 5.6 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และเดือนมกราคม พ.ศ.2541

เมื่อพิจารณาค่าออกซิเจนละลายเฉลี่ย พบว่า การผันแปรของออกซิเจนจะลดต่ำลงตามระยะทางจนถึงบริเวณปากแม่น้ำ เนื่องจาก เมื่อแม่น้ำไหลผ่านชุมชนเทศบาลเมืองราชบุรีซึ่งมีการปล่อยทิ้งน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ ทำให้มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในปริมาณมาก ออกซิเจนในน้ำจึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการออกซิชันของจุลินทรีย์ เป็นผลโดยตรงที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายลดลงและมีการปล่อยทิ้งน้ำเสียตามริมน้ำจนถึงชุมชนเทศบาลเมืองสมุทรสงครามทำให้แนวโน้มค่าออกซิเจนละลายลดลงถึงบริเวณปากแม่น้ำนั่นเอง โดยคุณภาพน้ำในส่วนล่างของพื้นที่มีคุณภาพต่ำกว่าส่วนบนของพื้นที่ แต่คุณภาพน้ำโดยรวมยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4.05-5.26 มิลลิกรัม/ลิตร (เดือนมิถุนายน พ.ศ.2540) และอยู่ในช่วง 4.04-5.34 มิลลิกรัม/ลิตร (เดือนมกราคม พ.ศ.2541) จากค่าออกซิเจนละลาย สามารถจัดแม่น้ำแม่กลองตอนล่างให้อยู่ในเกณฑ์ มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำประเภท 3

สำหรับค่าบีโอดีเฉลี่ยจากรูปแสดงให้เห็นว่า บีโอดีมีค่าสูงที่บริเวณอำเภอเมืองราชบุรี แล้วลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากชุมชนตลอดริมน้ำมีการปล่อยทิ้งน้ำเสียไม่สูงนัก จนกระทั่งมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงครามจนถึงปากแม่น้ำ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นชุมชนเมืองทำให้น้ำเสียที่ปล่อยทิ้งมีปริมาณและความสกปรกค่อนข้างสูง และค่าบีโอดีมีแนวโน้มลดต่ำลงในบริเวณอำเภออัมพวาและบางคนที ค่าบีโอดีโดยเฉลี่ยของแม่น้ำแม่กลองตอนล่างอยู่ในช่วง 1.95-2.26 มิลลิกรัม/ลิตร (เดือนมิถุนายน พ.ศ.2540) และอยู่ในช่วง 1.58-2.44 มิลลิกรัม/ลิตร (เดือนมกราคม พ.ศ.2541) เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำจากค่าบีโอดี สามารถจัดแม่น้ำแม่กลองตอนล่างให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำประเภท 3

สำหรับผลคุณภาพน้ำ ได้แก่ ออกซิเจนละลายและบีโอดีที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าลดลงจากขอบเขตบนอาจเนื่องด้วยปัจจัยของความเข้มแสงที่ส่งผลต่อพารามิเตอร์ทั้งสอง เพราะในการเก็บตัวอย่างน้ำจะทำการเก็บตัวอย่างที่บริเวณสถานี MK1 ในช่วงเช้าซึ่งมีค่าออกซิเจนละลายต่ำและบีโอดีต่ำ และทำการเก็บตัวอย่างที่สถานี MK2 3 4 5 และสถานี MK6 ตามลำดับ ซึ่งที่สถานี MK6 ทำการเก็บในช่วงเที่ยงวันทำให้ค่าออกซิเจนละลายสูงและบีโอดีสูงด้วย จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ได้ผลคุณภาพน้ำเช่นนี้

ในส่วนอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยควบคุมค่าออกซิเจนละลาย บีโอดีและอื่นๆ พบว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปกติตามธรรมชาติและมีค่าค่อนข้างคงที่ตามระยะทาง แสดงให้เห็นว่า ตลอดระยะแม่น้ำแม่กลองตอนล่างไม่มีการปล่อยทิ้งน้ำเสียที่มีอุณหภูมิสูงที่ก่อผลกระทบต่อแหล่งน้ำ เนื่องจากการปล่อยทิ้งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงโดยส่วนมากมาจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่ในพื้นที่ศึกษาพบเฉพาะโรงงานขนาดเล็กและมีปริมาณน้ำทิ้งต่ำ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นไปตามสภาพภูมิอากาศ โดยเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนมกราคม พบว่า อุณหภูมิในเดือนมิถุนายน มีค่าโดยประมาณ 30.42-30.6 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิในเดือนมกราคมที่มีค่าโดยประมาณ 28.26-28.5 องศาเซลเซียส เนื่องจากเดือนมกราคมเป็นช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิจึงมีค่าต่ำ

5.1.2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของงานศึกษาและกรมควบคุมมลพิษ

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาคุณภาพน้ำจากงานศึกษาและกรมควบคุมมลพิษ พบว่าข้อสรุปมีความสอดคล้องตรงกันว่า แม่น้ำแม่กลองตอนล่างตั้งแต่อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรีจนถึงบริเวณปากแม่น้ำที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม มีคุณภาพน้ำที่ดี คือ อยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 3 ดังตารางที่ 5.1 และแนวโน้มค่าออกซิเจนละลายและบีโอดีเป็นไปในทางเดียวกัน คือ มีคุณภาพน้ำต่ำที่บริเวณอำเภอเมืองราชบุรีและอำเภอเมืองสมุทรสงคราม ส่วนในบริเวณอำเภออัมพวาและบางคนทีมีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น

ตารางที่ 5.1 ผลคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนล่างจากข้อมูลคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ (ช่วงปี พ.ศ.2534-2538) และงานศึกษา (พ.ศ.2540)

ปี พ.ศ.	แม่น้ำแม่กลองตอนล่าง		
	DO	BOD	ระดับคุณภาพน้ำ
2534	5.26	1.29	3
2535	4.72	2.89	4
2536	5.06	1.76	3
2537	5.5	0.86	3
2538	5.64	1.48	3
2540	4.05-5.26	1.95-2.26	3

5.1.2 ข้อมูลปริมาณและความสกปรกของน้ำเสีย

จากการรวบรวมข้อมูลและคำนวณปริมาณและความสกปรกของน้ำเสียในรูปบีโอดี พบว่าปริมาณน้ำเสียทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาโดยประมาณเท่ากับ 53,600 ลูกบาศก์เมตร/วัน และปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี โดยประมาณเท่ากับ 9,200 กิโลกรัม/วัน แบ่งเป็น

1) น้ำเสียจากชุมชน ได้แก่ น้ำเสียจากประชากร สถานศึกษา สถานที่ราชการ ศาสนสถาน ร้านอาหาร ตลาดสด โรงแรม ห้างสรรพสินค้าและโรงฆ่าสัตว์

2) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

3) น้ำเสียจากปศุสัตว์

โดยสัดส่วนของปริมาณน้ำเสียและความสกปรกในรูปบีโอดีสำหรับแต่ละแหล่งกำเนิดเป็นดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณและสัดส่วนของน้ำเสียและความสกปรกในรูปบีโอดีในพื้นที่ศึกษา

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย (ลบม./วัน)	สัดส่วน (%)	ความสกปรกในรูปบีโอดี (กิโลกรัม/วัน)	สัดส่วน (%)
ชุมชน	48,132.09	**89.80**	7,230.76	**78.60**
อุตสาหกรรม	2,427.00	**4.53**	145.62	**1.58**
ปศุสัตว์	3,039.08	**5.67**	1,823.45	**19.82**
รวม	53,598.17	**100.00**	9,199.82	**100.00**

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ในพื้นที่ศึกษา น้ำเสียโดยส่วนใหญ่เกิดจากน้ำทิ้งชุมชน โดยมีปริมาณน้ำเสียและความสกปรกสูงที่สุด ประมาณร้อยละ 89.8 และ 79.6 ตามลำดับ รองลงมา คือ น้ำทิ้งจากปศุสัตว์ โดยมีปริมาณและความสกปรกของน้ำเสีย ประมาณร้อยละ 5.67 และ 19.82 ตามลำดับ สำหรับน้ำทิ้งอุตสาหกรรม มีปริมาณและความสกปรกของน้ำเสีย ประมาณร้อยละ 4.53 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมด และ 1.58 ของภาระบีโอดีทั้งหมด ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำเสียและความสกปรกในระดับตำบล พบว่า พื้นที่ที่ก่อให้เกิดน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชุมชนหนาแน่น ได้แก่ เทศบาลเมืองราชบุรี และเทศบาลเมืองสมุทรสงคราม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 29.56 และ 12.44 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมด ตามลำดับ สำหรับความสกปรกของ

น้ำเสีย คิดเป็นร้อยละ 24.81 และ 13.69 ของความสกปรกทั้งหมด ตามลำดับ โดยสัดส่วนน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆของเทศบาลเมืองราชบุรีและสมุทรสงคราม แสดงได้ดังตารางที่ 5.3 ถึง 5.4

ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณและสัดส่วนของน้ำเสียและความสกปรกในรูปบีโอดีสำหรับพื้นที่เทศบาลเมืองราชบุรี

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย (ลบม./วัน)	สัดส่วน (%)	ความสกปรกในรูปบีโอดี (กิโลกรัม/วัน)	สัดส่วน (%)
ชุมชน	16,004.79	**99.67**	2,279.05	**99.86**
อุตสาหกรรม	53.00	**0.33**	3.18	**0.14**
ปศุสัตว์	0.00	**0.00**	0.00	**0.00**
รวม	16,057.79	**100.00**	2,282.23	**100.00**

ตารางที่ 5.4 แสดงปริมาณและสัดส่วนของน้ำเสียและความสกปรกในรูปบีโอดีสำหรับพื้นที่เทศบาลเมืองสมุทรสงคราม

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย (ลบม./วัน)	สัดส่วน (%)	ความสกปรกในรูปบีโอดี (กิโลกรัม/วัน)	สัดส่วน (%)
ชุมชน	6,611.36	**99.18**	1,254.32	**99.61**
อุตสาหกรรม	52.00	**0.78**	3.12	**0.25**
ปศุสัตว์	2.88	**0.04**	1.73	**0.14**
รวม	6,666.24	**100.00**	1,259.17	**100.00**

สัดส่วนของน้ำเสียจากเทศบาลทั้งสองแห่ง เป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับสัดส่วนของน้ำเสียในพื้นที่ทั้งหมด โดยมีแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญ คือ ชุมชน ที่สามารถกำหนดได้ว่า เป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียแหล่งเดียวของพื้นที่ เพราะมีสัดส่วนกว่าร้อยละ 99 ดังนั้น การดำเนินการเพื่อลดมลพิษของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง พื้นที่ที่ต้องพิจารณาความสำคัญเป็นอันดับแรก คือ พื้นที่เทศบาลเมืองราชบุรี และพื้นที่อันดับสอง คือ เทศบาลเมืองสมุทรสงคราม โดยเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับชุมชนเป็นสำคัญ

5.2 ผลการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11

ผลการศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนตามชนิดของแบบจำลอง คือ แบบจำลองอุทกศาสตร์ แบบจำลองการแพร่กระจายและแบบจำลองคุณภาพน้ำ โดยมีผลการศึกษาเป็นดังนี้

5.2.1 แบบจำลองอุทกศาสตร์

ผลการศึกษาแบบจำลองอุทกศาสตร์ สามารถแบ่งได้ตามวิธีดำเนินการศึกษา ดังนี้

5.2.1.1 การปรับเทียบแบบจำลองอุทกศาสตร์

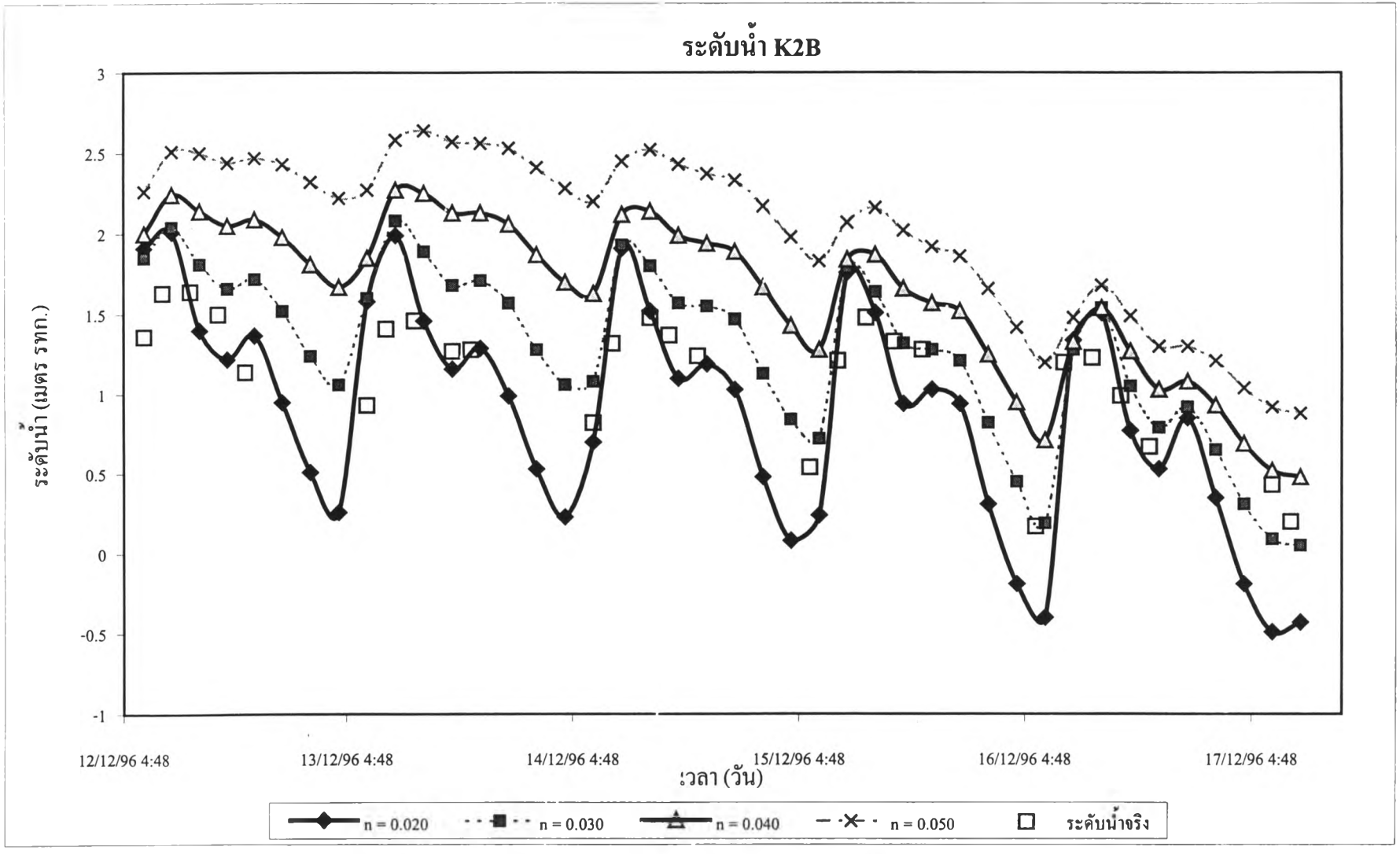
1) ผลการปรับเทียบแบบจำลอง

สำหรับแบบจำลองอุทกศาสตร์ทำการปรับเทียบระดับน้ำที่สถานี K2B บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2539 และเดือนมกราคม พ.ศ.2540 แล้วทำการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งจนผลที่ได้จากการคำนวณใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการสำรวจจริง โดยแสดงเป็นขั้นตอน ดังนี้

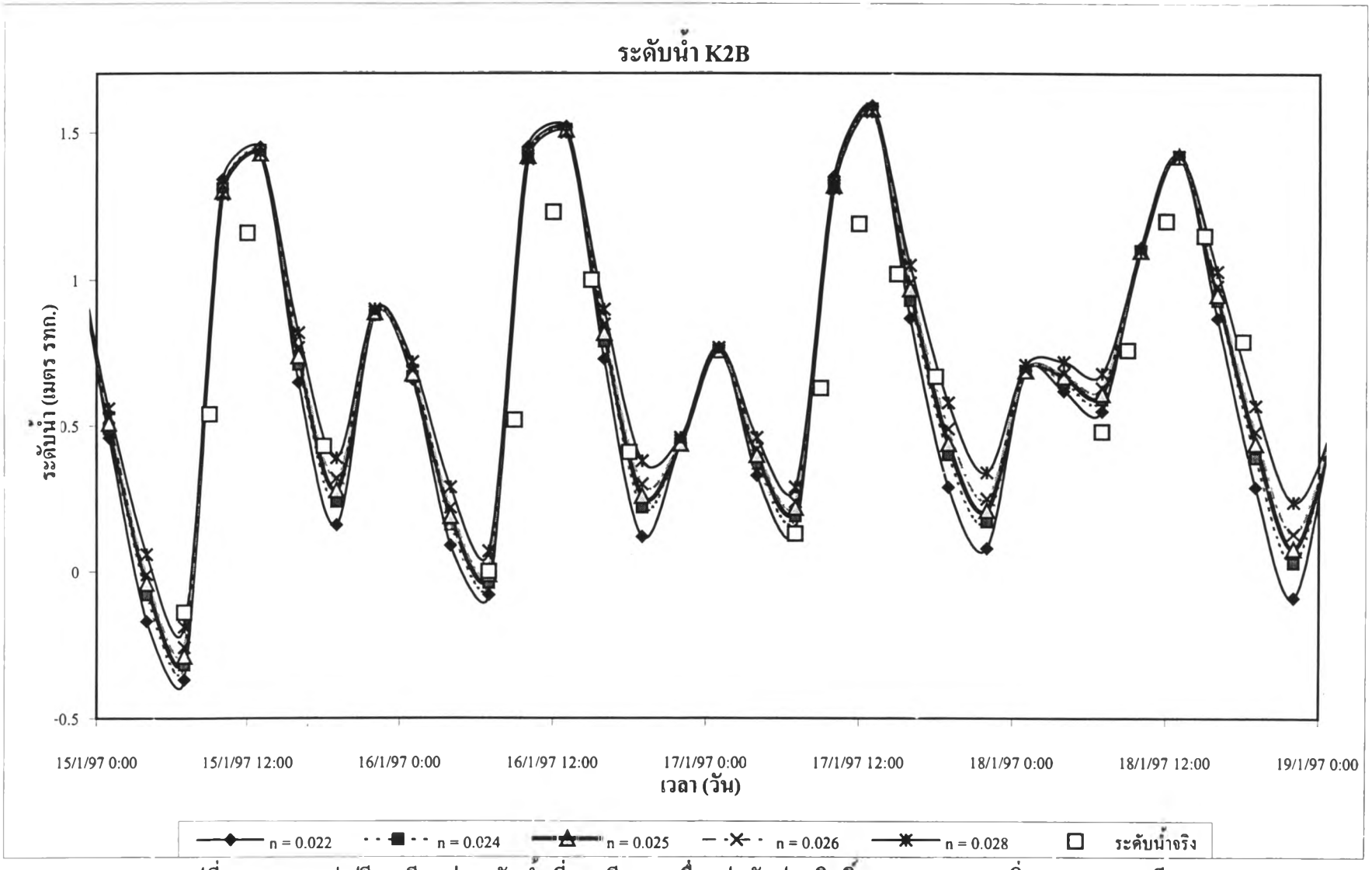
(1) ทดลองค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง เข้าไปในแบบจำลอง โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แบบสเกลหยาบ ได้แก่ ค่า 0.020 0.030 0.040 และ 0.050 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.7

(2) จากรูปแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่ให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับข้อมูลจริง อยู่ในช่วง 0.020-0.0.30 จึงทำการปรับค่าแบบสเกลละเอียดหรือการเพิ่มความละเอียดขึ้น โดยกำหนดค่า ได้แก่ 0.022 0.024 0.025 0.026 0.028 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.8

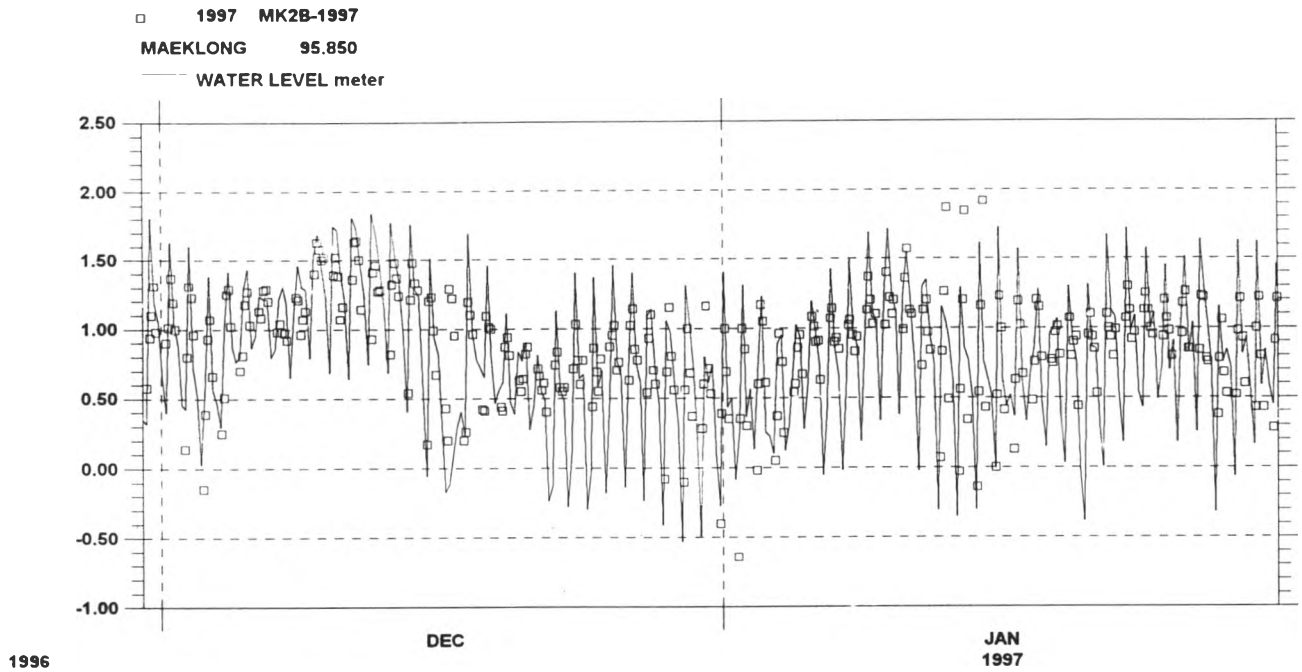
(3) จากรูปแสดงให้เห็นว่า ค่าระดับน้ำจากการคำนวณโดยใช้สัมประสิทธิ์แมนนิ่งในช่วง 0.024-0.026 มีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำจากการสำรวจจริงมากที่สุด ดังนั้นพิจารณาเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่กึ่งกลางมีค่าเท่ากับ 0.025 เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสมกับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับน้ำ ที่สถานี K2B เมื่อแปรสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งแบบสเกลหยาบ



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับน้ำ ที่สถานี K2B เมื่อแปรสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งแบบสเกลละเอียด



รูปที่ 5.9 แสดงผลการเปรียบเทียบระดับน้ำที่สถานีปรับเทียบ K2B ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2539 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองอุทกศาสตร์)

2) การพิจารณาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของค่าสัมประสิทธิ์

2.1) พิจารณาจากลักษณะแม่น้ำ

จากค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ได้ พิจารณาถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมกับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์มีความสอดคล้องกับลักษณะของแม่น้ำดังนี้

(1) ความขรุขระของผิวทางน้ำเปิด กำหนดว่า ลักษณะวัสดุที่เป็นผิวหน้าทางน้ำมีลักษณะละเอียดจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ต่ำ เมื่อตรวจสอบสภาพของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง พบว่า

- วัสดุท้องน้ำมีลักษณะเป็นตะกอนเนื้อละเอียดสีเทาดำ (จากการสังเกตขณะออกภาคสนาม)
- แม่น้ำแม่กลองตอนล่างเป็นแม่น้ำที่ติดต่อกับทะเล ซึ่งเป็นปากแม่น้ำจึงเกิดการทับถมของตะกอนจากต้นน้ำ ดังนั้นท้องน้ำจึงเป็นลักษณะตะกอนเนื้อละเอียด ดังจะเห็นได้จาก บริเวณดอนหอยหลอด ซึ่งเป็นดอนที่เกิดจากการทับถมของตะกอนจากแม่น้ำ

(2) ความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำ เป็นการพิจารณาลักษณะของทางน้ำ เช่น ความลาดเอียง หลุมบ่อ เป็นต้น

ในขั้นตอนการจำลองสภาพทางกายภาพที่นำเข้าข้อมูลภาคตัดขวางแม่น้ำลงสู่โปรแกรม ได้ภาพแนวขาวของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ดังรูปที่ 5.10

จากรูป จะเห็นว่า ลักษณะของทางน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงทีละน้อยค่อนข้างสม่ำเสมอ ความไม่สม่ำเสมอของหาดทราย หลุมและบ่อ มีเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะบริเวณกิโลเมตรที่ 96.85 และ 135.85 ที่มีเปลี่ยนแปลงความลึกของลำน้ำค่อนข้างมาก เป็นลักษณะของหลุมบ่อเนื่องจากในบริเวณดังกล่าวเป็นที่ตั้งของสะพานข้ามแม่น้ำ คือ สะพานธนะรัชต์ (อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี) และสะพานพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม) ซึ่งเป็นสะพานขนาดใหญ่ ทำให้ มีการเปลี่ยนแปลงความลึกและลักษณะลำน้ำค่อนข้างมาก เนื่องจากน้ำที่ไหลผ่านสิ่งกีดขวางเช่นนี้ จะมีความเร็วมากขึ้น เกิดการกัดเซาะลำน้ำมากกว่าบริเวณอื่น

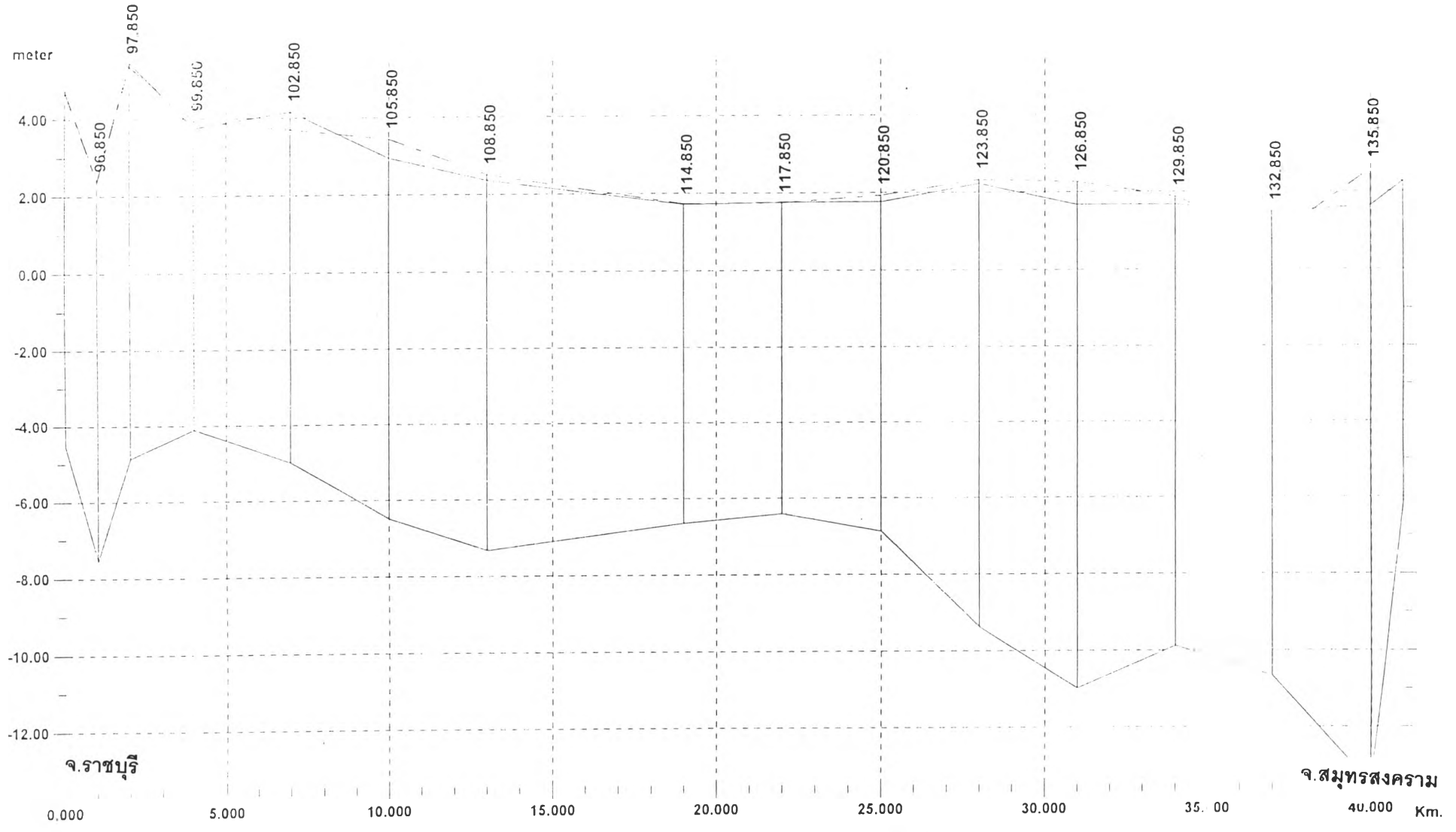
การกัดเซาะผนังแม่น้ำหรือตลิ่ง พบว่า ในบริเวณที่แม่น้ำไหลผ่านตัวเมือง เช่น เทศบาลเมืองราชบุรี เทศบาลเมืองสมุทรสงคราม มีการป้องกันการกัดเซาะของแม่น้ำโดยการคาดผนังแม่น้ำด้วยหินและคอนกรีต ส่วนในบริเวณที่ไหลผ่านพื้นที่ชนบท ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่การเกษตร พืชที่ปลูกจะช่วยลดการกัดเซาะของน้ำ ดังนั้น การกัดเซาะผนังลำน้ำจะมีอัตราค่อนข้างต่ำ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระจากปัจจัยนี้ ควรมีค่าต่ำ

(3) การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ

จากรูปภาคตัดขวางในภาคผนวก จะเห็นว่า รูปร่างของภาคตัดขวางมีความคล้ายคลึงกันตลอดลำน้ำ การเปลี่ยนแปลงของขนาด รูปร่าง ความลึกและความกว้างจะเปลี่ยนทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอ ในบริเวณท้ายน้ำหน้าตัดลำน้ำมีลักษณะค่อยๆแผ่กว้างออกมีความกว้างมากขึ้นและความลึกลดลง เนื่องจากเกิดการทับถมของตะกอนเป็นบริเวณปากแม่น้ำ จากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดของลำน้ำทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ไม่ก่อผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ความขรุขระมากนัก

(4) สิ่งกีดขวางทางน้ำ เช่น ตอหม้อสะพาน

ในพื้นที่แม่น้ำแม่กลองตอนล่างมีสิ่งกีดขวางทางน้ำอยู่บ้าง ได้แก่ ตอหม้อสะพาน เสาที่ใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น พบว่า สิ่งกีดขวางเหล่านี้กระจายอยู่ในแม่น้ำแต่มีจำนวนไม่มากนักและตั้งอยู่ห่างไกลกันโดยมีตอหม้อจากสะพาน 4 แห่งตลอดความยาวแม่น้ำ ได้แก่



รูปที่ 5.10 แสดงภาพแนวยาว (longitudinal profile) ของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

- สะพานธนะรัชต์ บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี(กิโลเมตรที่ 96.85)
- สะพานอรุณอมรินทร์ บริเวณอำเภอบางคนที (กิโลเมตรที่ 114.85)
- สะพานบริเวณอำเภออัมพวา (กิโลเมตรที่ 126.85)
- สะพานพระพุทธเลิศหล้านภาลัย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม (กิโลเมตรที่ 135.85)

ระยะห่างของสะพานทั้งสี่ โดยเฉลี่ยประมาณ 10 กิโลเมตรต่อ 1 สะพาน โดยผลกระทบจะพบในบริเวณรอบสะพาน เกิดการกัดเซาะผนังแม่น้ำ แต่ได้มีการป้องกันโดยการดาดหินและคอนกรีตบ้างในบางพื้นที่ เช่น สะพานธนะรัชต์ สะพานอรุณอมรินทร์ สะพานพระพุทธเลิศหล้านภาลัย ส่วนพื้นที่ห่างจากบริเวณสะพานออกไปจะไม่ได้รับผลกระทบจากสิ่งกีดขวางเหล่านี้ ดังนั้นสัมประสิทธิ์ความขรุขระจากปัจจัยของสิ่งกีดขวางทางน้ำมีแนวโน้มเป็นค่าต่ำ

(5) พืชที่ขึ้นปกคลุมทางน้ำ

สภาพแม่น้ำแม่กลองตอนล่างเป็นแม่น้ำที่มีปริมาณน้ำค่อนข้างมาก อัตราการไหลและความลึกของลำน้ำสูง ประกอบกับเป็นพื้นที่ที่ติดต่อกับทะเล ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้น้ำในตอนล่างเป็นน้ำกร่อย สภาพของแม่น้ำไม่เอื้อต่อการขึ้นและเจริญเติบโตของพืชในลำน้ำโดยจะพบเพียงผักตบชวาที่ลอยอยู่ในน้ำซึ่งไหลมาจากแม่น้ำแม่กลองตอนบนแต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย และจากการที่มีอัตราการไหลของแม่น้ำสูง พืชลอยน้ำเหล่านี้จะไหลออกสู่ทะเลอย่างรวดเร็ว ดังนั้นสิ่งกีดขวางทางน้ำประเภทพืชที่ขึ้นปกคลุมทางน้ำจึงมีน้อยมาก ผลที่เกิดต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระจึงต่ำ

(6) ความคดเคี้ยวของลำน้ำ

เมื่อพิจารณาลักษณะความคดเคี้ยวของแม่น้ำแม่กลอง ดังรูปที่ 1.1 และ ค-1 (ในภาคผนวก ค) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกประมาณกิโลเมตรที่ 95.85-122.35 และช่วงที่ 2 ประมาณกิโลเมตรที่ 122.35-136.85 โดยช่วงแรก ลำน้ำมีความคดเคี้ยวต่ำ รัศมีส่วนโค้งกว้างและส่วนโค้งมีความราบเรียบ แต่ในช่วงที่ 2 ลักษณะลำน้ำมีความคดเคี้ยวมาก มีรัศมีส่วนโค้งแคบและเป็นลักษณะของโค้งหักศอกและโค้งกลับไปกลับมา แต่ในตอนล่าง แม่น้ำค่อนข้างตรงไม่คดเคี้ยว จากปัจจัยนี้แสดงให้เห็นว่า สัมประสิทธิ์ความขรุขระของช่วงแรกมีแนวโน้มเป็นค่าต่ำ แต่สัมประสิทธิ์สำหรับช่วงที่ 2 มีแนวโน้มที่สูงกว่าช่วงแรก

(7) ความลึกการไหลและอัตราการไหล ที่กำหนดไว้ว่า สัมประสิทธิ์ความขรุขระมีค่าต่ำลงเมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่าสูง

จากข้อมูลภาคตัดขวางและปริมาณน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง พบว่า ความลึกโดยเฉลี่ยของแม่น้ำมีค่าประมาณ 7-10 เมตร ซึ่งเป็นระดับความลึกที่ค่อนข้างสูง ในส่วนของอัตราการไหล จากข้อมูลอัตราการไหลของกรมชลประทาน พบว่า อัตราการไหลของแม่น้ำแม่กลองมีค่าสูง และจากรายงานการวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 1978) กล่าวว่า แม่น้ำแม่กลองมีความชันสูงและมีค่าสูงกว่าแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้น ในส่วนของความลึกการไหลและอัตราการไหล แสดงให้เห็นว่า แนวโน้มค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระควรมีค่าต่ำ

จากปัจจัยที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น เป็นสิ่งสนับสนุนให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งมีค่าต่ำ นั่นคือ แม่น้ำแม่กลองตอนล่างมีความราบเรียบ

2.2) พิจารณาจากการประมาณค่าโดยสมการ

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์จากการคำนวณโดยสมการของ Cowan ดังสมการ 2.41

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m_5$$

การเลือกค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ อาศัยจากลักษณะและสภาพของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ดังรายละเอียดข้างต้น คือ

(1) n_0 เป็นสัมประสิทธิ์แมนนิ่งพื้นฐาน

ลักษณะของวัสดุของแม่น้ำแม่กลองตอนล่างเป็นเนื้อละเอียด พิจารณาเลือกค่า n_0 ที่เหมาะสมจากตารางที่ 2.2 เท่ากับ 0.020

(2) n_1 พิจารณาถึงความไม่สม่ำเสมอของผิวท้องน้ำ

แม่น้ำแม่กลองตอนล่างมีลักษณะหลุมบ่อท้องน้ำและการกัดเซาะผนังลำน้ำพบได้น้อย จึงพิจารณาเลือกค่า n_1 จากตารางที่ 2.3 เท่ากับ 0.005

(3) n_2 เป็นค่าที่พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงในรูปร่างและขนาดของภาคตัดขวางลำน้ำ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทีละน้อย ค่า n_2 สำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนล่างจึงพิจารณาเลือกค่าที่เหมาะสมจากตารางที่ 2.4 เท่ากับ 0.000

(4) n_3 เป็นค่าที่พิจารณาสิ่งกีดขวางทางน้ำพบสิ่งกีดขวางไม่มากนักในพื้นที่ศึกษา จึงพิจารณาเลือกค่าจากตารางที่ 2.5 เท่ากับ 0.000

(5) n_4 เป็นค่าที่พิจารณาพืชปกคลุมและสภาวะการไหล ดังได้กล่าวแล้วว่าสภาพแม่น้ำแม่กลองโดยเฉพาะตอนล่างไม่เหมาะสำหรับการขึ้นและเจริญเติบโตของพืช จึงพิจารณาเลือกค่าจากตารางที่ 2.6 เท่ากับ 0.002

(6) m_5 เป็นแฟกเตอร์ปรับความถูกต้องสำหรับความคดเคี้ยวของลำน้ำ เนื่องจากลักษณะแม่น้ำแบ่งพิจารณาออกเป็น 2 ช่วง พบว่า ช่วงแรก (กิโลเมตรที่ 95.85-122.35) ลำน้ำค่อนข้างราบเรียบ จึงพิจารณาเลือกค่า m_5 จากตารางที่ 2.7 เท่ากับ 1.00 สำหรับช่วงที่ 2 (กิโลเมตรที่ 122.35-136.85) เป็นช่วงที่ลำน้ำมีความคดเคี้ยว ค่า m_5 ควรเลือกเท่ากับ 1.15 แต่จากการวิจัยของ Martin และคณะ (1990) พบว่า ในกรณีแหล่งน้ำที่พิจารณาเป็นเอสทูรี่ ค่า m_5 ไม่เหมาะที่จะใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระจึงไม่พิจารณาค่า m_5 เนื่องจากแม่น้ำแม่กลองตอนล่างเป็นแม่น้ำที่ได้รับกระแสน้ำขึ้นน้ำลงจึงไม่พิจารณาแฟกเตอร์นี้เช่นกัน โดยเลือกใช้ค่า m_5 สำหรับช่วงที่ 2 เท่ากับ 1.00

นำผลจากปัจจัยต่างๆมาแทนค่าในสมการข้างต้น ได้ดังนี้

$$n = (0.020+ 0.005+ 0+ 0+ 0.002)\ (1)$$

$$n = 0.027$$

ดังนั้น ค่า n หรือสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง ที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 0.027 มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองคือ 0.025 แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์ที่เลือกใช้เป็นค่าที่เหมาะสมกับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

2.3) พิจารณาจากงานศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ได้จากแบบจำลองและจากงานศึกษาที่ผ่านมา ดังตารางที่ 2.1 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่เหมาะสมกับแม่น้ำแม่กลองตอนล่างซึ่งมีสภาพแม่น้ำดังกล่าวข้างต้นสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งในตาราง โดยควรมีค่าเท่ากับ 0.025 หรือเลขแมนนิ่ง เท่ากับ 40

นอกจากนี้ ได้ทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งจากแบบจำลองกับงานศึกษาภายในประเทศ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์มีความสอดคล้องกันอย่างดี ดังเช่น งานวิจัยเรื่อง Salinity Intrusion in The Chao Phrya and Mae Klong River โดยสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (การ

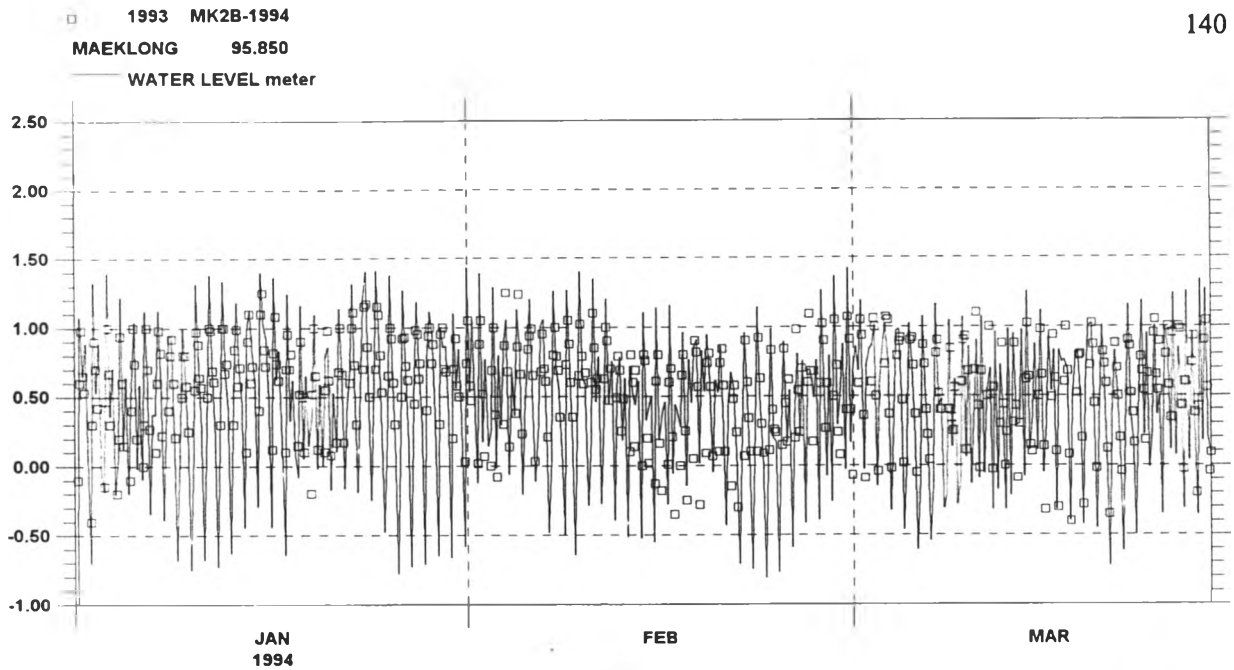
ไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 1978) และงานศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ วิศวกรรม และสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาแม่น้ำแม่กลองและท่าจีนเพื่อการส่งออกโดยกลุ่มบริษัทที่ปรึกษา (กรมเจ้าท่า, 2539) เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนล่างมีค่าเท่ากับ 0.025 เช่นกัน โดยให้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงกับผลการสำรวจจริงเป็นอย่างดี

ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่ได้ แสดงให้เห็นว่า แม่น้ำแม่กลองตอนล่างเป็นแม่น้ำที่มีลักษณะท้องน้ำค่อนข้างราบเรียบทำให้การไหลของน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีอัตราการไหลสูง

5.2.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอุทกศาสตร์

สำหรับแบบจำลองอุทกศาสตร์ ทำการตรวจสอบความถูกต้องของระดับน้ำที่สถานี K2B บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2537 แล้วดำเนินการแบบจำลอง MIKE 11 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ได้จากขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 5.11

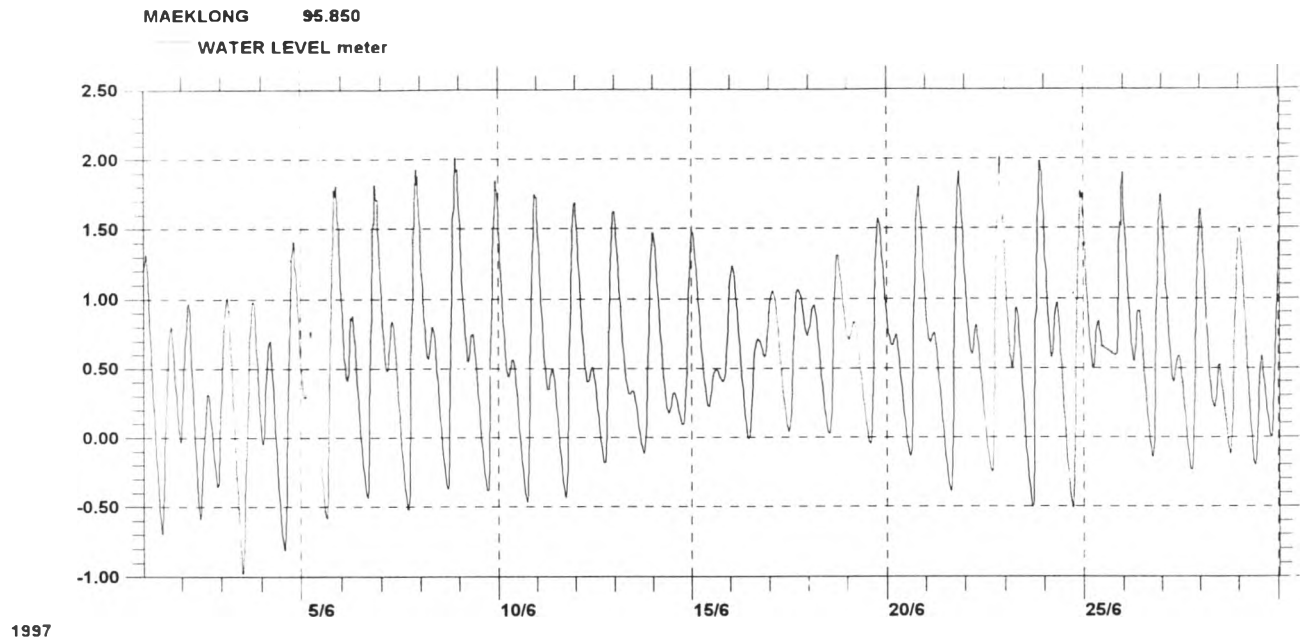
จากรูปแสดงให้เห็นว่า ค่าระดับน้ำที่สถานี K2B จากการคำนวณโดยแบบจำลอง มีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำจากการสำรวจจริงและมีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน โดยตรวจสอบได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (r) ซึ่งมีค่าสูงเท่ากับ 0.898 และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ระดับน้ำจากการคำนวณโดยแบบจำลอง มีค่าไม่แตกต่างจากระดับน้ำจากการสำรวจจริงอย่างมีนัยสำคัญ (t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งหรือเลขแมนนิ่งที่เหมาะสมกับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง มีค่าเท่ากับ 0.025



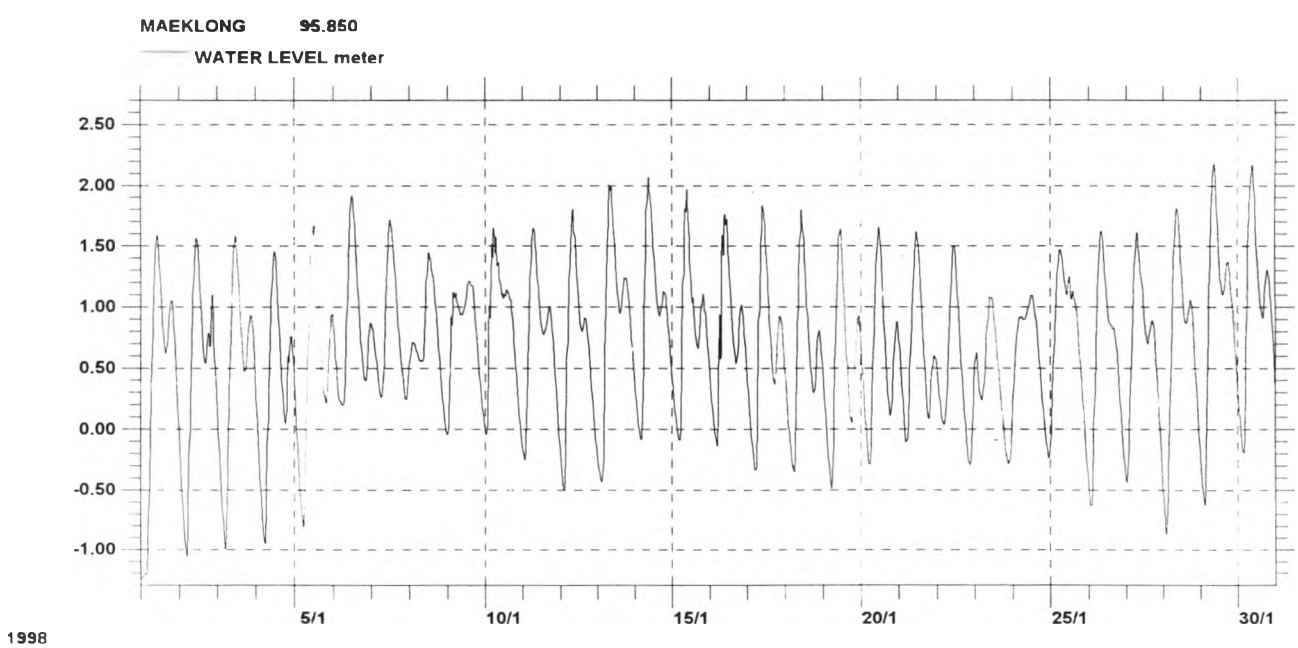
รูปที่ 5.11 แสดงผลการเปรียบเทียบระดับน้ำที่สถานีปรับเทียบ K2B ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2537 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอุทกศาสตร์)

5.2.1.3 การประยุกต์ใช้ แบบจำลองอุทกศาสตร์

แบบจำลองอุทกศาสตร์ที่ผ่านการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องแล้ว นำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณผลทางอุทกศาสตร์สำหรับการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการแพร่กระจายและแบบจำลองคุณภาพน้ำ โดยทำการคำนวณระดับในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และเดือนมกราคม พ.ศ.2541 ได้ผลดังรูปที่ 5.12 และ 5.13



รูปที่ 5.12 แสดงค่าระดับน้ำที่สถานี K2B จากการคำนวณโดยแบบจำลองช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกศาสตร์)



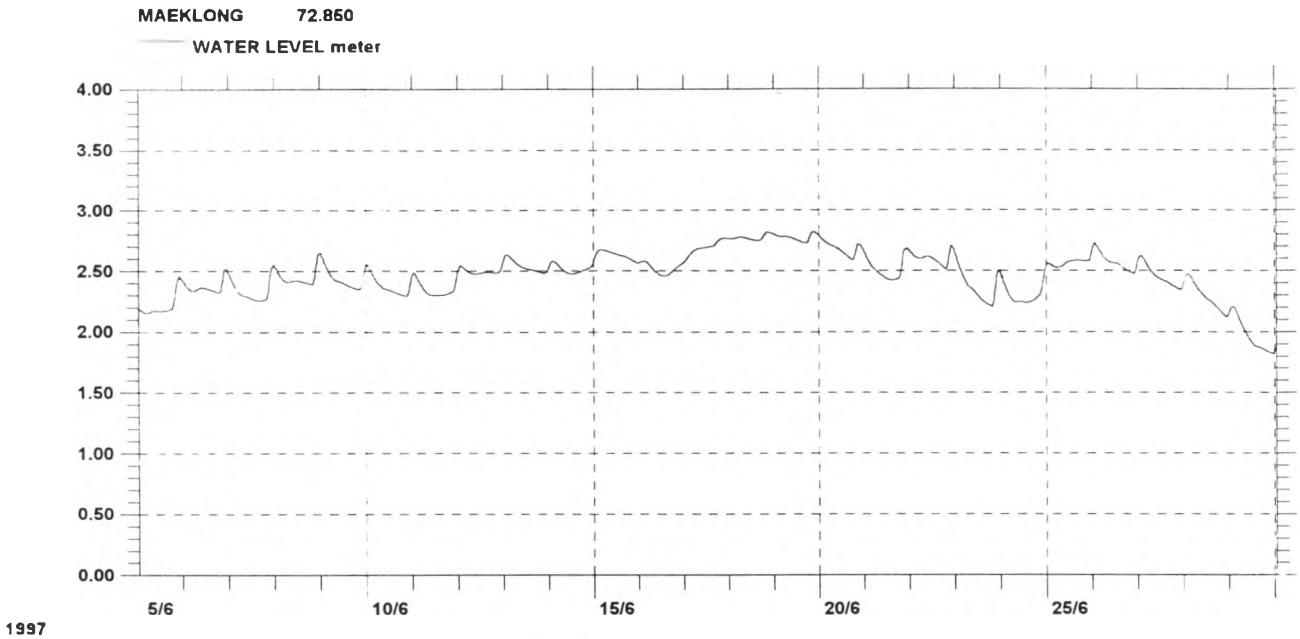
รูปที่ 5.13 แสดงค่าระดับน้ำที่สถานี K2B จากการคำนวณโดยแบบจำลองช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกศาสตร์)

5.2.1.4 การวิจารณ์ผลการศึกษาแบบจำลองอุทกศาสตร์

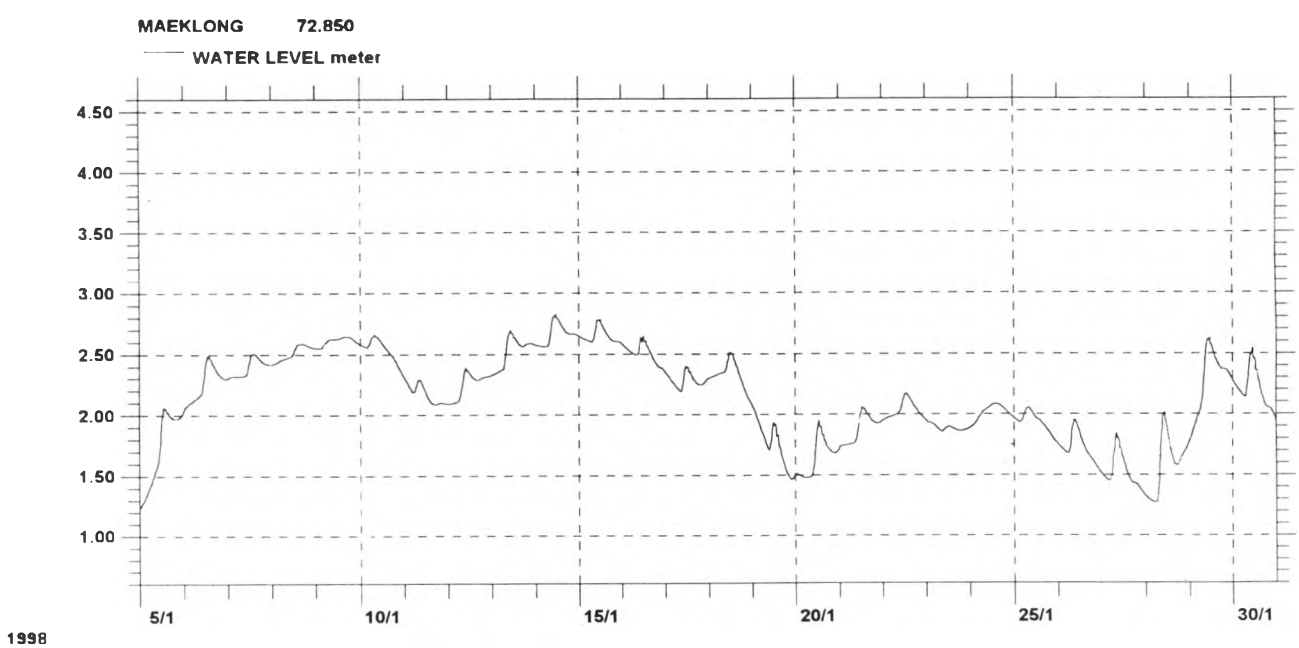
ผลจากการปรับเทียบ การตรวจสอบความถูกต้องและการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกศาสตร์ โดยพิจารณาระดับน้ำและปริมาณน้ำ แสดงให้เห็นว่า แม่น้ำแม่กลองเป็นแม่น้ำที่ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลง (tidal river) โดยเฉพาะในส่วนล่างของแม่น้ำซึ่งได้รับอิทธิพลอย่างมากเนื่องจากเป็นเขตติดต่อกับทะเล ลักษณะการขึ้นลงของน้ำโดยปกติ ปรากฏลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงแบบน้ำคู่ (semi-diurnal tide) แต่ในช่วงน้ำตาย (neap tide) ปรากฏลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงแบบผสม (mixed tide) เนื่องจากพิสัยของระดับน้ำเป็นช่วงต่ำสุด ประกอบกับการผลักดันจากการไหลของแม่น้ำ ทำให้เปลี่ยนรูปแบบการขึ้นลงของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ ข-4 (ในภาคผนวก ข) จะเห็นว่า ช่วงวันที่ 14-16 มิถุนายน พ.ศ.2540 เป็นช่วงน้ำตายมีลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงเป็นแบบผสม

ผลการจำลองสภาพแม่น้ำแม่กลอง พบว่า อิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงส่งผลจากปากแม่น้ำจนถึงประมาณกิโลเมตรที่ 72.85 (บริเวณอำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี) โดยมีขนาดระดับน้ำขึ้นน้ำลง ลดลงเหลือ 0.10 เมตร ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540 และช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2541 (ดังรูปที่ 5.14 และ 5.15) ผลการศึกษามีความสอดคล้องกับงานศึกษาเรื่อง Study for The Improvement of Inland Waterways ในปี ค.ศ.1987 ของกลุ่มบริษัทที่ปรึกษา BCEOM ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำสูงขนาด 2.00 เมตร อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงจะขึ้นถึงบริเวณวัดบ้านหม้อ อำเภอโพธาราม โดยมีขนาดลดลงเหลือ 0.10 เมตร (กรมเจ้าท่า, 2539)

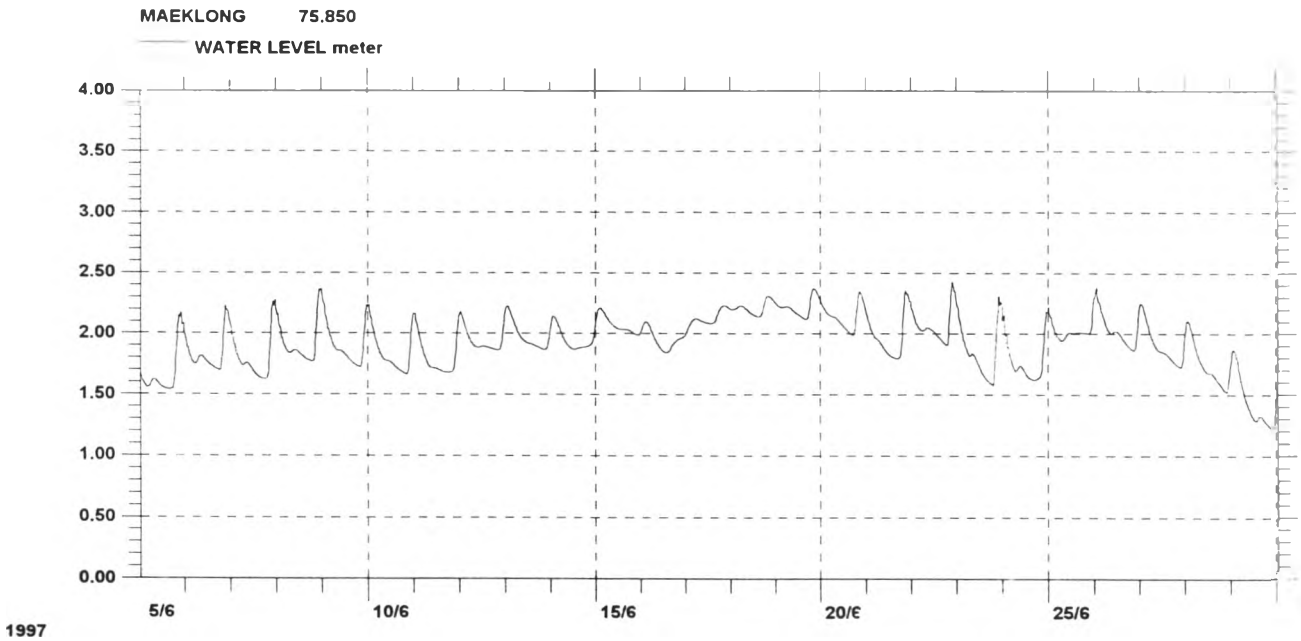
จากรูป แสดงให้เห็นว่า ระยะทางที่ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าแตกต่างกันตามพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง โดยในช่วงวันที่ 14-16 มิถุนายน พ.ศ.2540 เป็นช่วงน้ำตายซึ่งมีพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงต่ำ (ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำขึ้นสูงสุดและระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าน้อยที่สุด) ประมาณ 1.6-1.7 เมตร ทำให้อิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลง ขึ้นถึงกิโลเมตรที่ 75.85 (ดังรูปที่ 5.16) บริเวณอำเภอโพธาราม (ประมาณ 61 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) ซึ่งส่งผลไม่รุนแรงเท่ากับช่วงน้ำเกิด (spring tide) ซึ่งมีพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงสูงสุด ในช่วงวันที่ 21-24 มิถุนายน พ.ศ.2540 มีพิสัยประมาณ 2.8-3.1 เมตร ส่งผลต่อค่าระดับน้ำถึงกิโลเมตรที่ 72.85 บริเวณอำเภอโพธาราม (ประมาณ 64 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) ดังนั้น อิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงที่มีต่อแม่น้ำขึ้นอยู่กับค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง นั่นเอง



รูปที่ 5.14 แสดงค่าระดับน้ำของแม่น้ำแม่กลองบริเวณกิโลเมตรที่ 72.85 ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 5.15 แสดงค่าระดับน้ำของแม่น้ำแม่กลองบริเวณกิโลเมตรที่ 72.85 ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2541



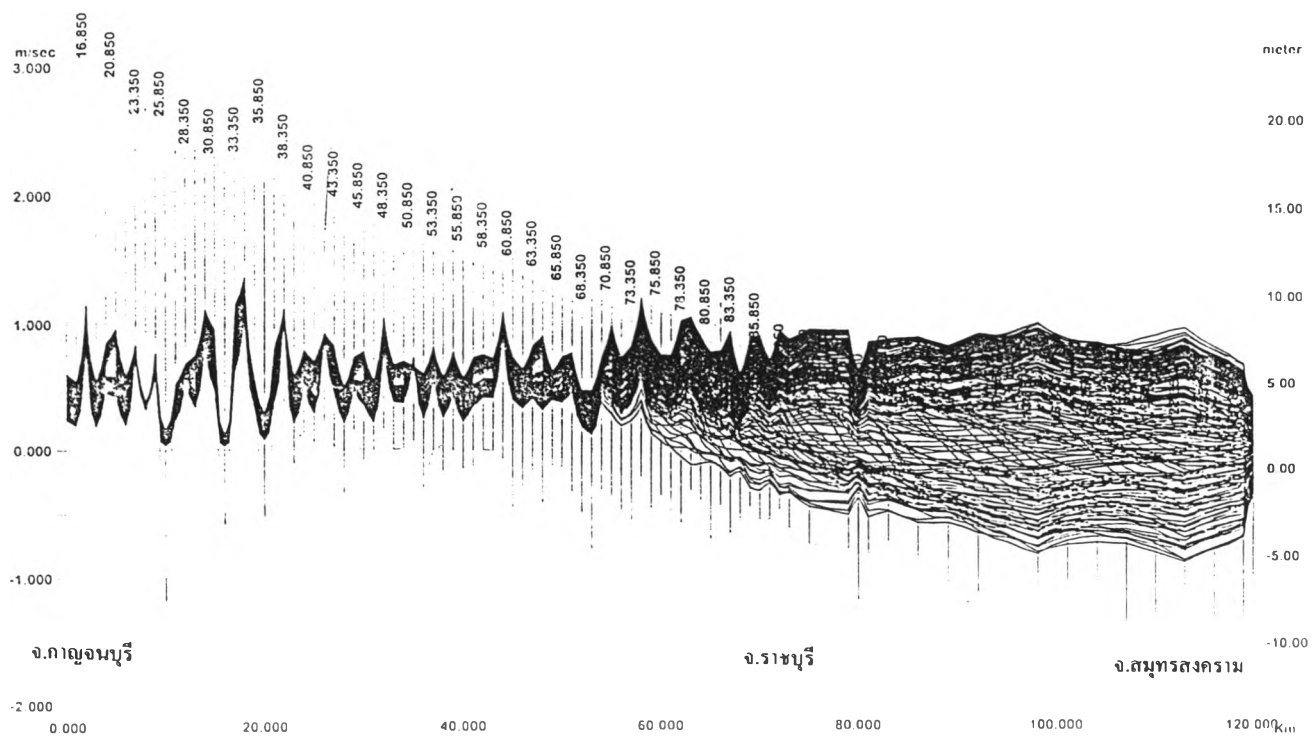
รูปที่ 5.16 แสดงค่าระดับน้ำของแม่น้ำแม่กลองบริเวณกิโลเมตรที่ 75.85 ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2540

เมื่อพิจารณาความถูกต้องและความเป็นไปได้ของผลการจำลองลักษณะทางอุทกศาสตร์ของแบบจำลองโดยตรวจสอบความเร็วของกระแสน้ำ พบว่า จากการศึกษาข้อมูลและการสำรวจสภาพของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ไม่มีจุดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนระดับน้ำหรือการไหลของน้ำอย่างฉับพลัน เช่น ฝาย เขื่อน เป็นต้น ประกอบกับแม่น้ำมีการลาดชันของท้องน้ำค่อนข้างสม่ำเสมอ ดังนั้น ความเร็วการไหลควรมีค่าใกล้เคียงกันและไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันโดยความเร็วควรมีค่าไม่เกิน 1 เมตร/วินาที จึงทำการตรวจสอบกับความเร็วการไหลที่ได้จากแบบจำลองอุทกศาสตร์ พบว่า ความเร็วการไหลมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 เมตร/วินาที และไม่พบการเปลี่ยนแปลงความเร็วแบบฉับพลัน (ดังรูปที่ 5.17) ซึ่งสอดคล้องกับสภาพแม่น้ำข้างต้น

จากรูป 5.17 แสดงให้เห็นว่า ความเร็วการไหลสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ช่วงตอนบนและตอนล่างตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็ว สำหรับตอนบนของแม่น้ำ ความเร็วมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆหรือมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0-1 เมตร/วินาที เนื่องด้วยไม่มีปัจจัยอื่นมารบกวนการไหล ความเร็วการไหลมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นกับลักษณะท้องน้ำเท่านั้น สำหรับช่วงตอนล่างของแม่น้ำ ความเร็วมีค่าผันแปรสูงโดยมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 เมตร/วินาที เนื่องด้วยได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอก (กระแสน้ำขึ้นน้ำลง) ความเร็วการไหลมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้น

กับกระแสน้ำขึ้นน้ำลงและลักษณะท้องน้ำ โดยความเร็วการไหลในช่วงนี้เมื่อเวลาน้ำขึ้นจะมีค่าติดลบ เครื่องหมายลบที่เกิดขึ้นหมายถึงทิศทางการไหลของน้ำในเวลานั้นจะมีการไหลย้อนกลับในแม่น้ำ จากรูปจะเห็นว่า ความเร็วมีค่าแปรผันสูงในบริเวณปากแม่น้ำและลดลงตามระยะแม่น้ำเนื่องด้วยการอ่อนกำลังลงของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงจากทะเล โดยความเร็วที่มีค่าลบหรือการไหลย้อนกลับของน้ำจะส่งผลถึงบริเวณกิโลเมตรที่ 80 (ประมาณอำเภอโพธาราม) ซึ่งอยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกับงานศึกษาข้างต้น จากความเร็วการไหลในตอนบนและตอนล่างที่มีค่าไม่เกิน 1 เมตร/วินาที ชี้ให้เห็นว่าแม่น้ำแม่กลองมีการไหลปกติสอดคล้องกับสภาพจริงของแม่น้ำ

จากเหตุผลข้างต้น จึงสามารถแบ่งแม่น้ำแม่กลองออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่แม่น้ำมีลักษณะการไหลอิสระ คือ บริเวณตอนบนของแม่น้ำแม่กลอง และช่วงที่แม่น้ำได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลง คือบริเวณตอนล่างของแม่น้ำแม่กลอง



รูปที่ 5.17 แสดงความเร็วการไหลของแม่น้ำแม่กลองจากแบบจำลองอุทกศาสตร์

5.2.2 แบบจำลองการแพร่กระจาย

ผลการศึกษาแบบจำลองการแพร่กระจาย สามารถแบ่งได้ตามวิธีดำเนินการศึกษา ดังนี้

5.2.2.1 การปรับเทียบแบบจำลองการแพร่กระจาย

1) ผลการปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลองการแพร่กระจาย โดยอาศัยข้อมูลคุณภาพน้ำ คือ ความเค็มในช่วงวันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 ตามสถานีที่ปรับเทียบ ได้แก่

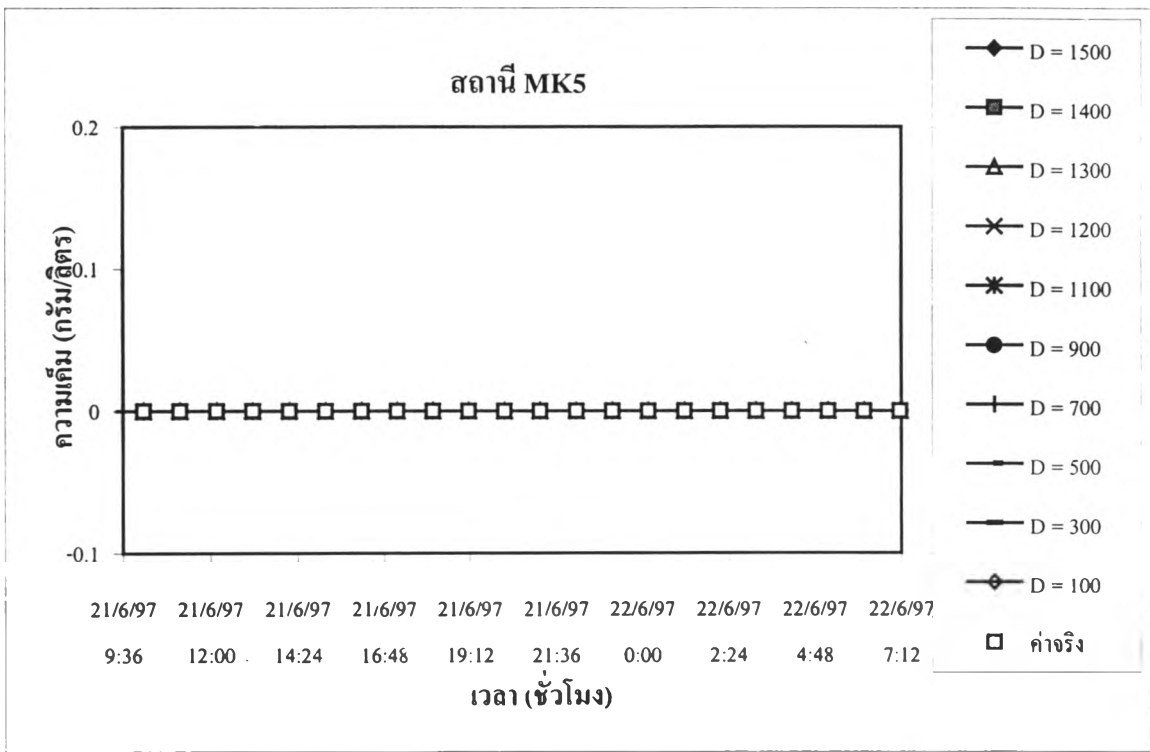
- สถานี MK 2 บริเวณสะพานพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (กิโลเมตรที่ 135.85)
- สถานี MK 3 บริเวณโรงพยาบาลพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (กิโลเมตรที่ 132.85)
- สถานี MK 4 บริเวณที่ว่าการอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม (กิโลเมตรที่ 123.85)

ผลการปรับเทียบแบบจำลองโดยการแปรค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายจนผลที่ได้จากการคำนวณกับการสำรวจจริงมีค่าใกล้เคียงกันตามสถานีปรับเทียบข้างต้น แสดงเป็นขั้นตอน ดังนี้

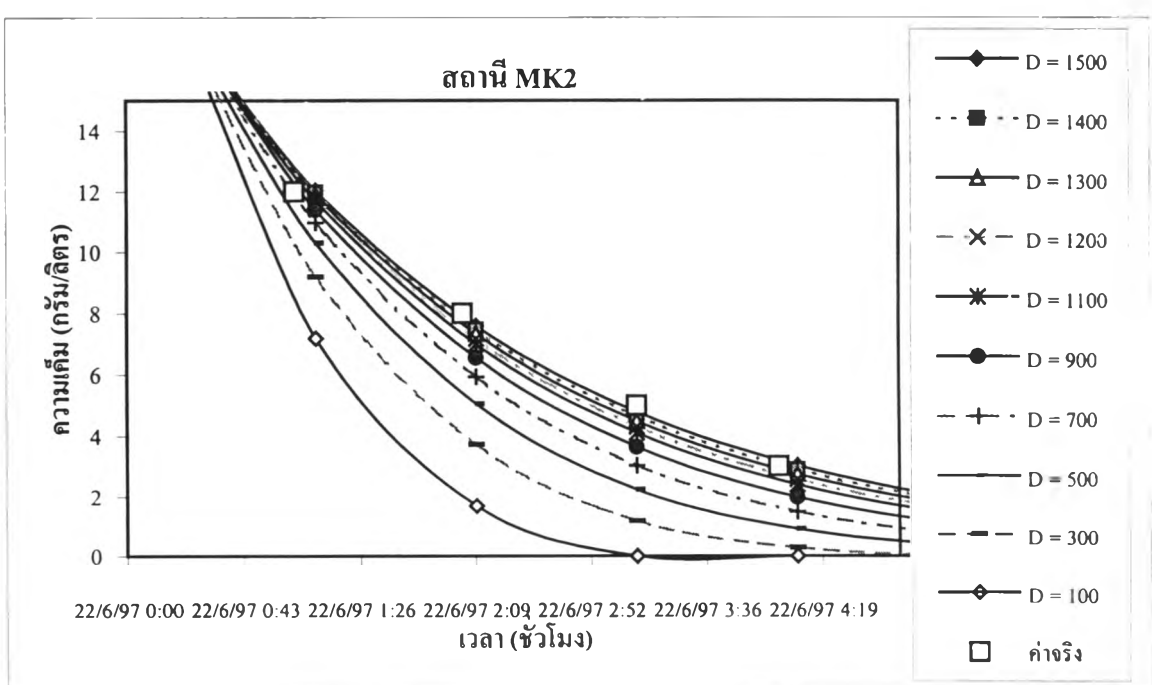
(1) ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับสมการที่ใช้ในแบบจำลอง MIKE 11 ได้แก่ D f และ exp กำหนดให้ค่า exp เท่ากับ 1 เพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์แปรผันตามความเร็วการไหล เนื่องจากความเร็วการไหลมีความผันแปรอย่างรวดเร็วและมีค่าสูง และจากงานศึกษาของ Park และ Jame (1989) และงานศึกษาของ Mossman Holly และ Schnoor (1991) พบว่า การแพร่กระจายของสารมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับความเร็วการไหล ดังนั้น ในการคำนวณ จึงกำหนดให้สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายแปรผันตามความเร็วการไหล ให้ค่า exp เท่ากับ 1

(2) ทดลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ในสเกลหยาบ ได้แก่ 100 300 500 700 900 1100 1200 1300 1400 1500 เมตร^2/วินาที แสดงได้ดังรูปที่ 5.18 และ 5.19

(3) ผลจากการปรับเทียบข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในตอนบนของแม่น้ำหรือสถานี MK5 มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในค่าต่างๆ จึงเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 100 เมตร^2/วินาที เนื่องจากเป็นค่าต่ำที่สุด และสัมประสิทธิ์



รูปที่ 5.18 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณความเค็มจากการแปรสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายต่างๆ แบบระดับสเกลหยาบกับค่าจริง



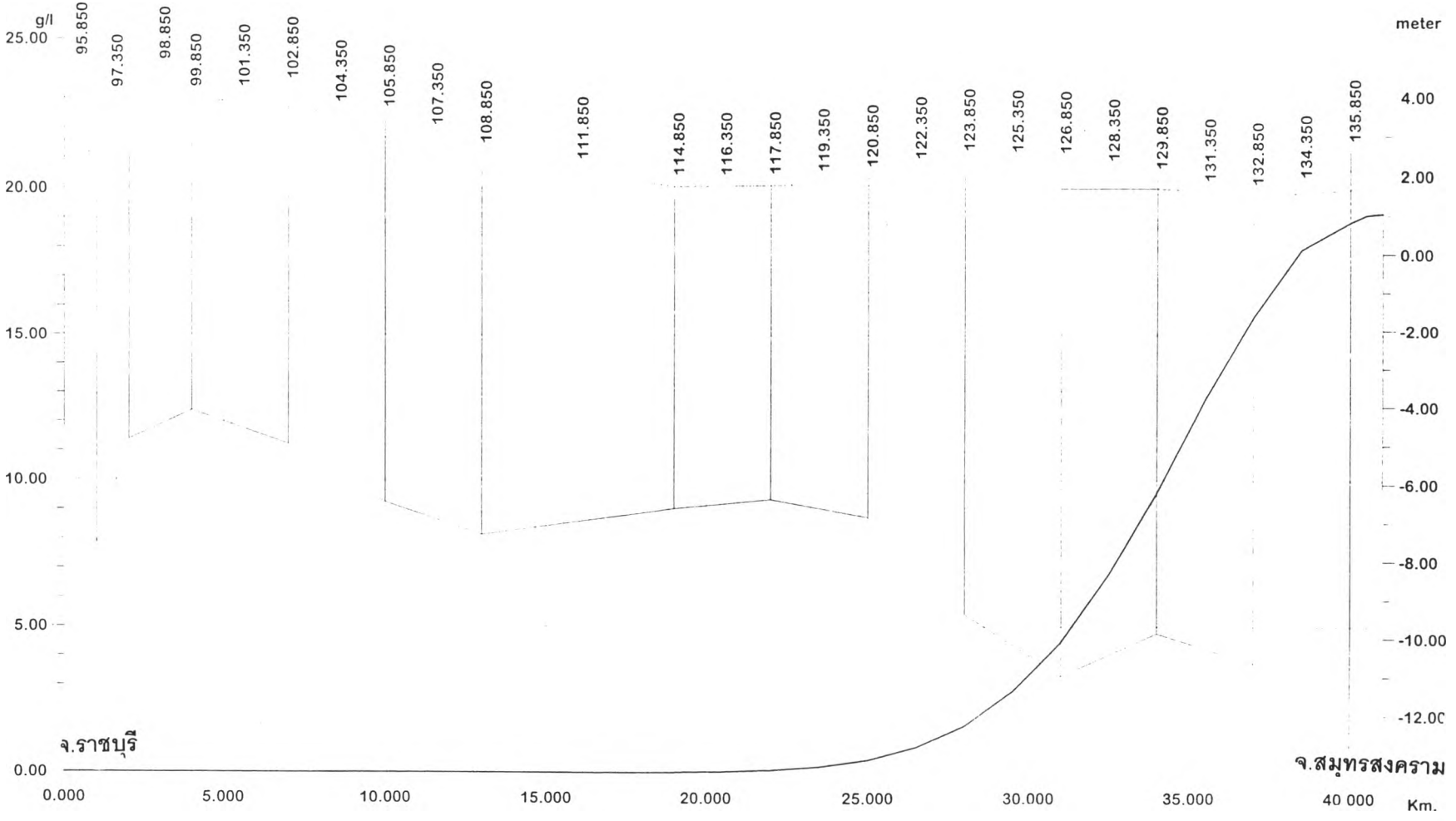
รูปที่ 5.19 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณความเค็มจากการแปรสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายต่างๆ แบบระดับสเกลละเอียดกับค่าจริง

จากการพิจารณาในบริเวณท้ายน้ำหรือสถานี MK 2 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในช่วง 1200 เมตร^2/วินาที ขึ้นไป การเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ไม่ทำให้ปริมาณความเค็มแตกต่างกันอย่างชัดเจน จึงพิจารณาเลือกค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1200 เมตร^2/วินาที สำหรับขอบเขตล่างของแม่น้ำ จากนั้นคำนวณผลอีกครั้งโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่พิจารณาข้างต้น คือ 100-1200 เมตร^2/วินาที เพื่อปรับเทียบความเค็มตามสถานี MK3 และMK4 โดยผลการคำนวณแสดงได้ดังรูปที่ 5.20

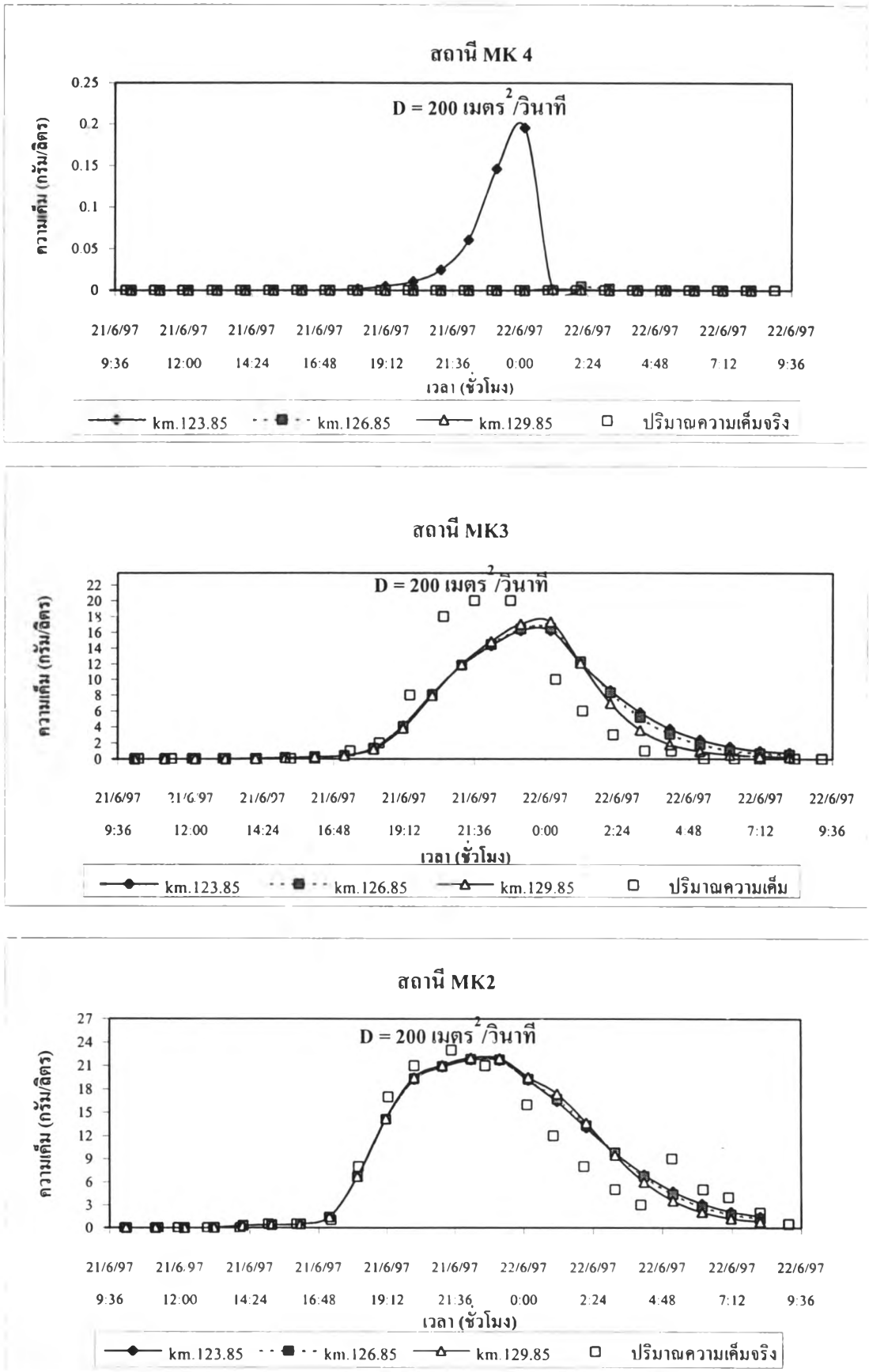
(4) จากรูปข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การรุกของความเค็มเข้าสู่แม่น้ำจากการคำนวณโดยแบบจำลองส่งผลถึงบริเวณกิโลเมตรที่ 117.85 แต่เมื่อพิจารณาสภาพความเป็นจริงจากการเก็บตัวอย่างน้ำ พบว่า ปริมาณความเค็มที่สถานี MK 4 (กิโลเมตรที่ 123.85) มีค่าเท่ากับ 0 กรัม/ลิตร แต่ความเค็มจากแบบจำลองมีค่าประมาณ 1-2 กรัม/ลิตร ดังนั้น สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ใช้ข้างต้นยังไม่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา จึงทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายโดยเลือกกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สำหรับระยะแม่น้ำต่างๆ ในช่วงสถานี MK 4 (กิโลเมตรที่ 123.85) ถึงสถานี MK 3 (กิโลเมตรที่ 132.85) ได้แก่ กิโลเมตรที่ 123.85 126.85 และ 129.85 ตามลำดับ โดยแต่ละจุดให้แปรค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายเท่ากับ 200 300 500 1000 และ 1200 เมตร^2/วินาที โดยให้ผลการคำนวณดังรูปที่ 5.21 ถึง 5.25

(5) จากรูปแสดงให้เห็นว่า การกำหนดสัมประสิทธิ์บริเวณกิโลเมตรที่ 129.85 ผลการคำนวณความเค็มใกล้เคียงกับค่าจากการสำรวจจริง โดยเฉพาะเมื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย 200-300 เมตร^2/วินาที มีความใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุด แต่เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้เป็น 500-1200 เมตร^2/วินาที ผลการคำนวณความเค็มมีค่าลดลง นั่นคือ ถ้าแปรค่าสัมประสิทธิ์ให้สูงขึ้น จะทำให้ค่าการคำนวณคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงมากขึ้น การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมระหว่าง 200 และ 300 เมตร^2/วินาที จะเลือกใช้สัมประสิทธิ์เท่ากับ 300 เมตร^2/วินาที เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ 200 เมตร^2/วินาที จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความเค็มแบบฉันพลันในบริเวณตอนล่างของแม่น้ำ

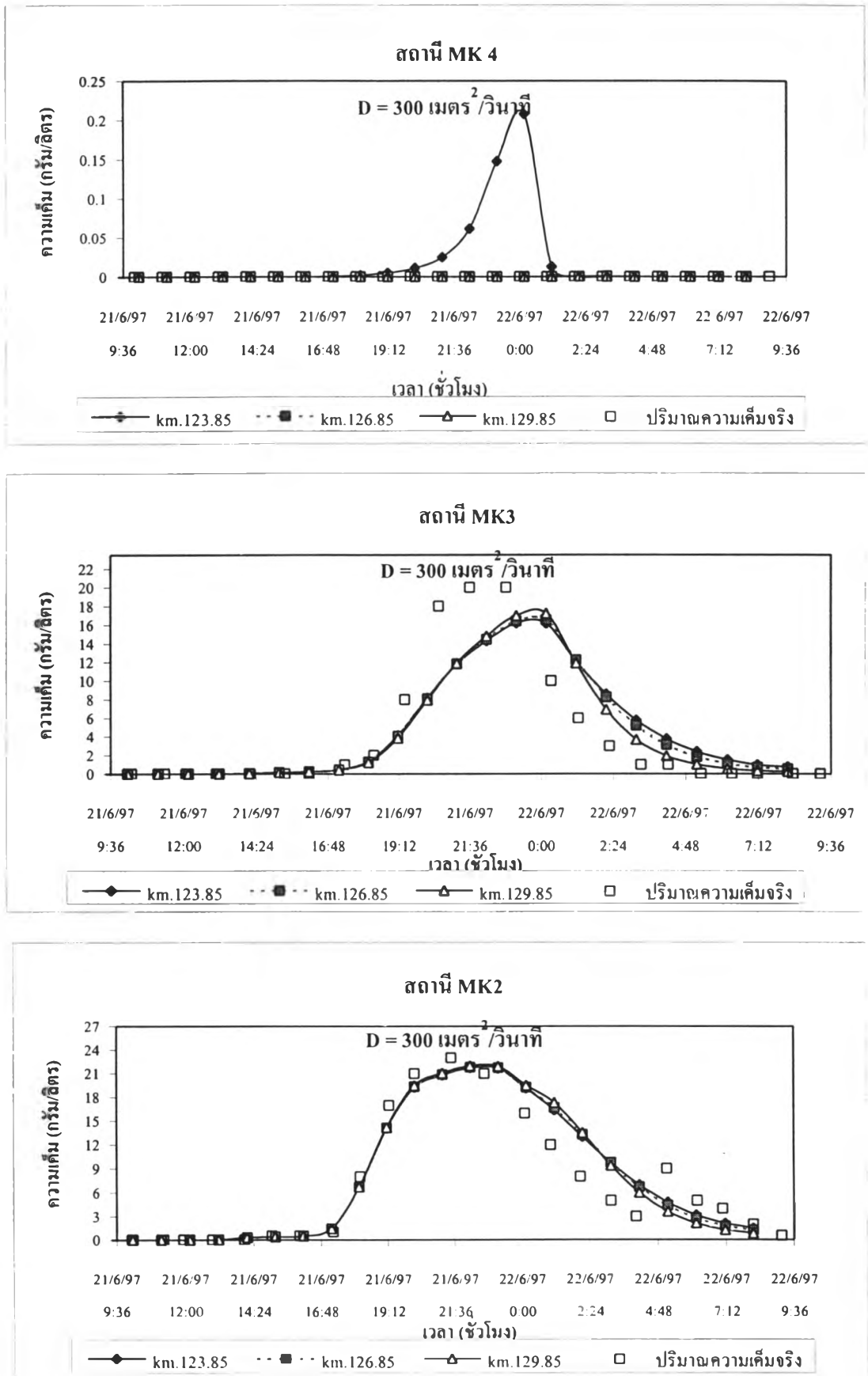
ดังนั้น ผลการปรับเทียบสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงกิโลเมตรที่ 95.85-129.85 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย มีค่าอยู่ในช่วง 100-300 เมตร^2/วินาที และช่วงกิโลเมตรที่ 129.85-136.85 ค่าสัมประสิทธิ์อยู่ในช่วง 300-1,200 เมตร^2/วินาที โดยผลการปรับเทียบแสดงได้ดังรูปที่ 5.26 ถึง 5.28



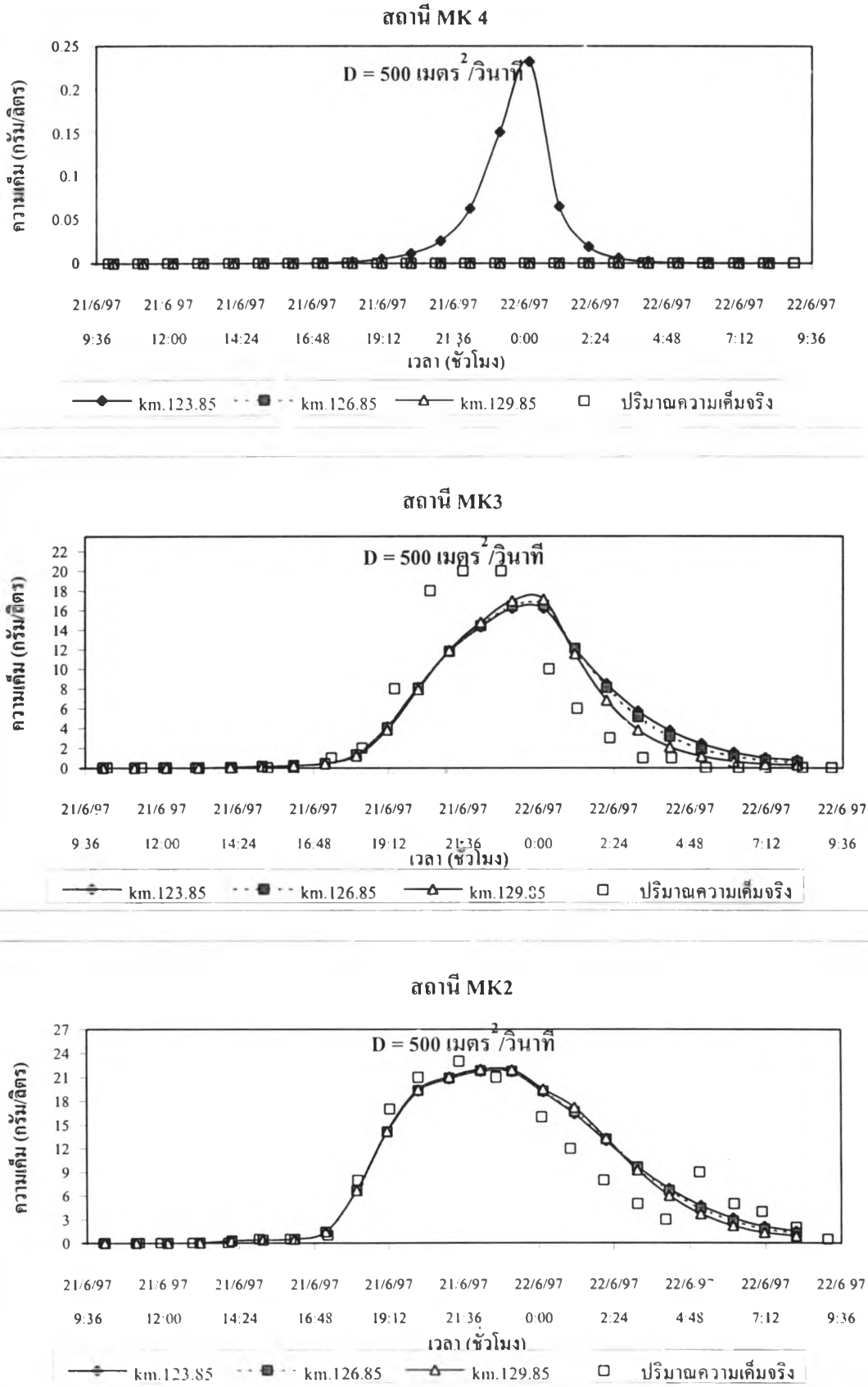
รูปที่ 5.20 แสดงผลการคำนวณปริมาณความเค็มตามระยะทางเมื่อใช้สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในช่วง 100-1,200 เมตร/วินาที



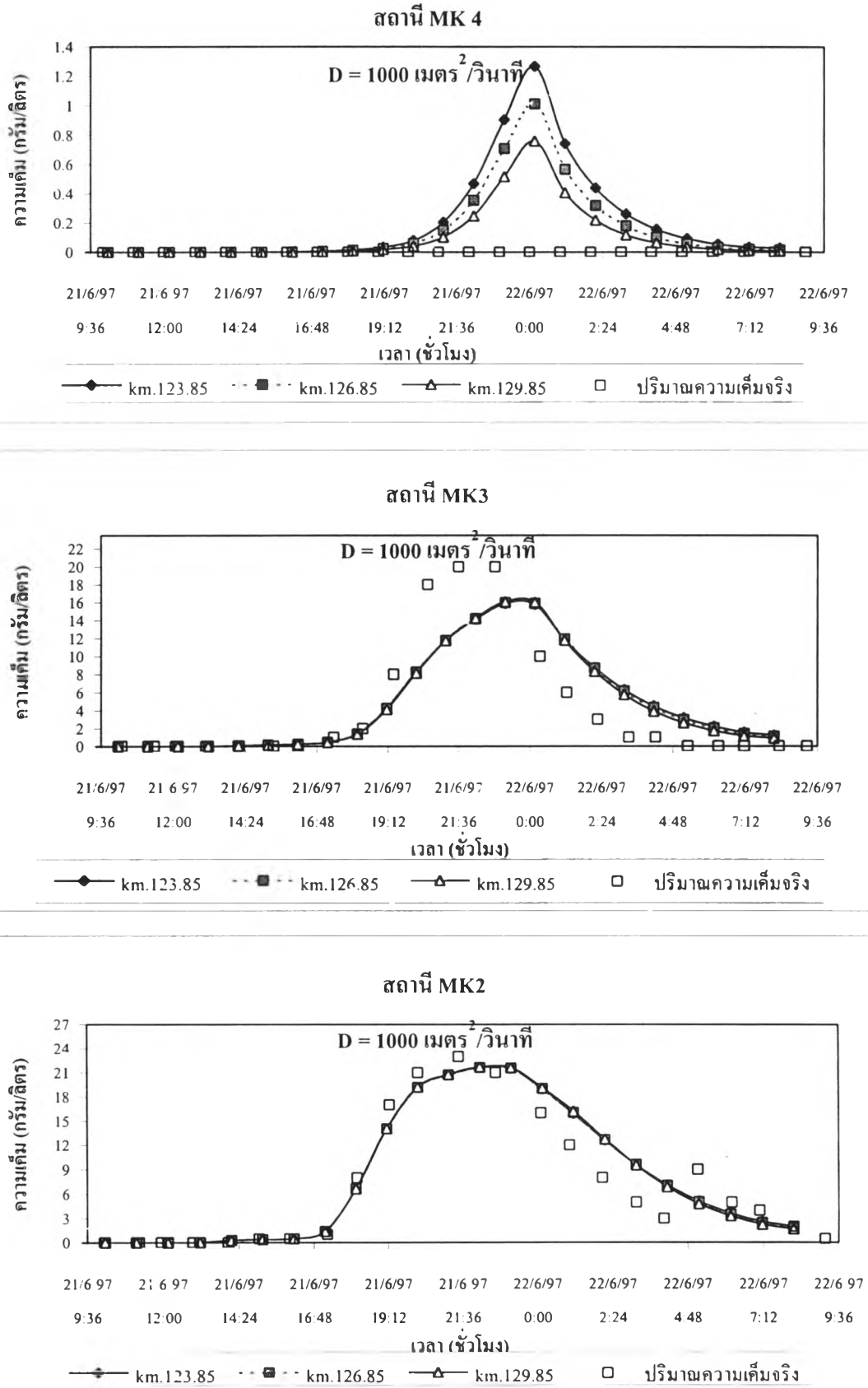
รูปที่ 5.21 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบความเค็มจากแบบจำลองกับค่าจริง โดยแปรจุดกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ที่ 200 เมตร^2/วินาที ตามสถานีปรับเทียบต่างๆ



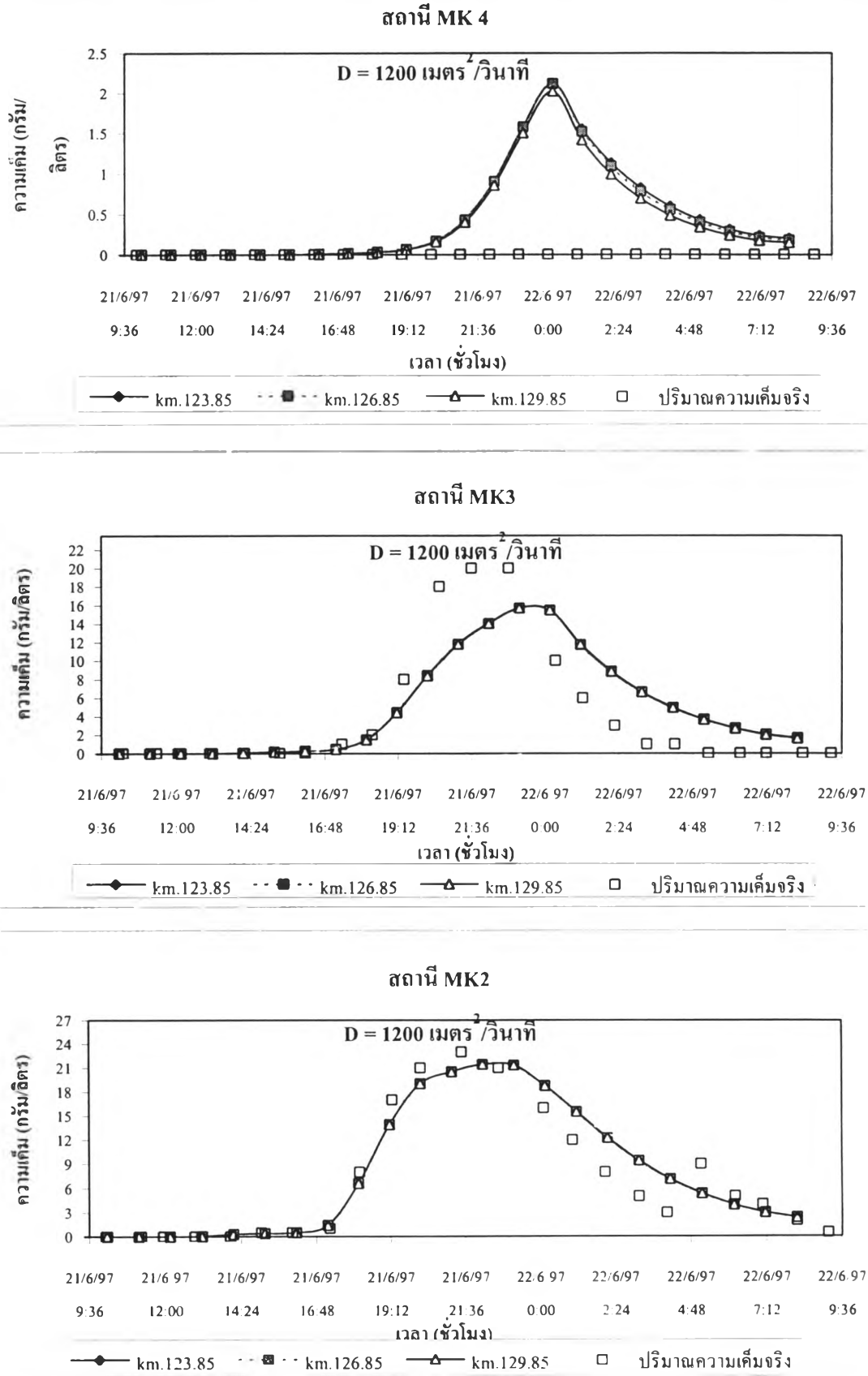
รูปที่ 5.22 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบความเค็มจากแบบจำลองกับค่าจริง โดยแปรจุดกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ที่ 300 เมตร^2/วินาที ตามสถานีปรับเทียบต่างๆ



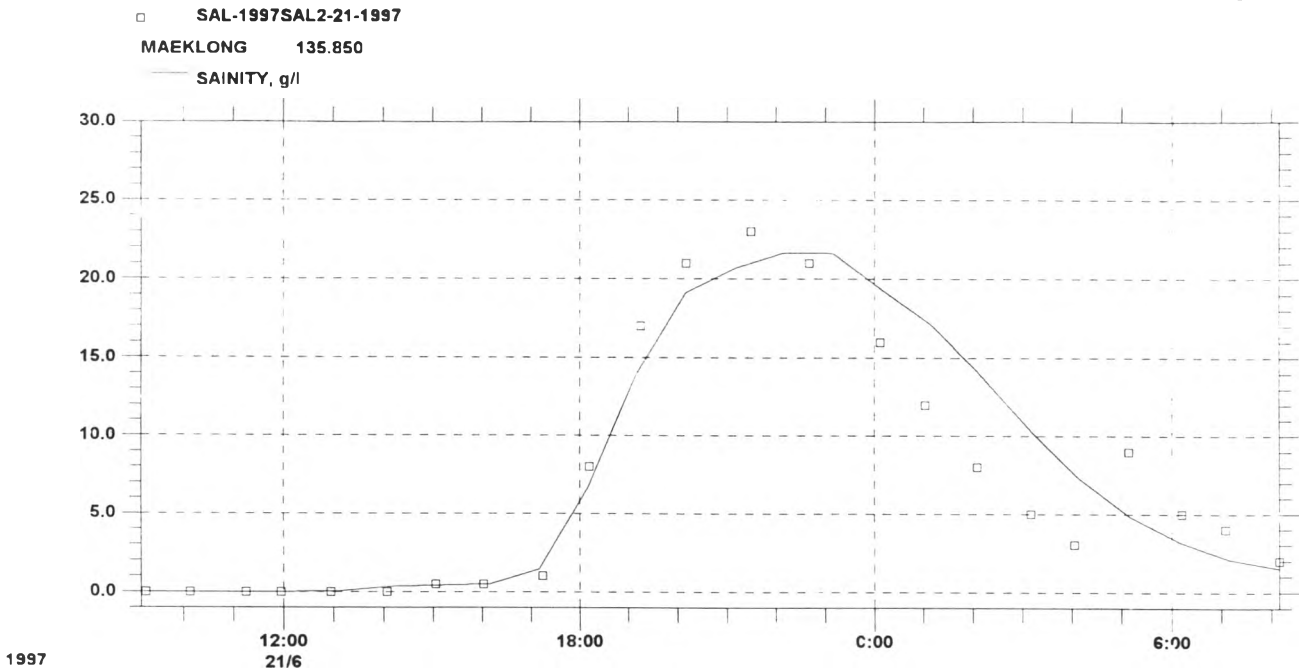
รูปที่ 5.23 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบความเค็มจากแบบจำลองกับค่าจริง โดยแปรจุดกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ที่ 500 เมตร^2/วินาที ตามสถานีปรับเทียบต่างๆ



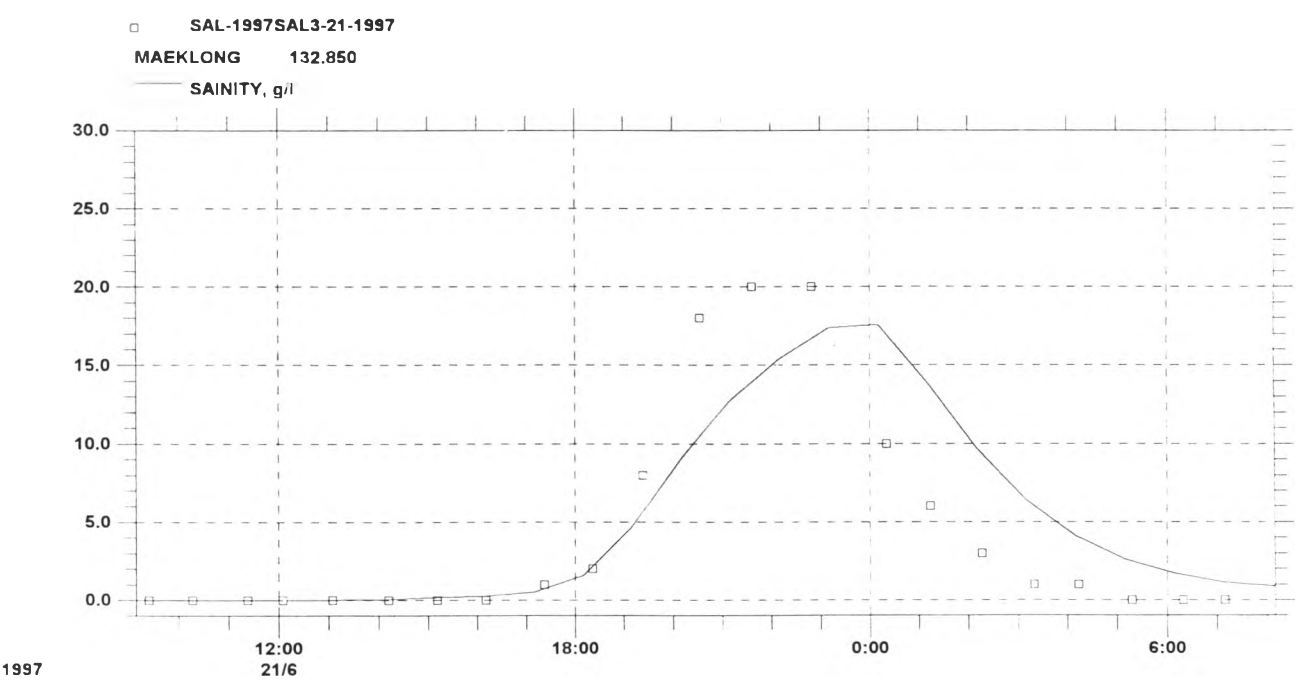
รูปที่ 5.24 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบความเค็มจากแบบจำลองกับค่าจริงโดยแปรจุดกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ที่ 1000 เมตร^2/วินาที ตามสถานีปรับเทียบต่างๆ



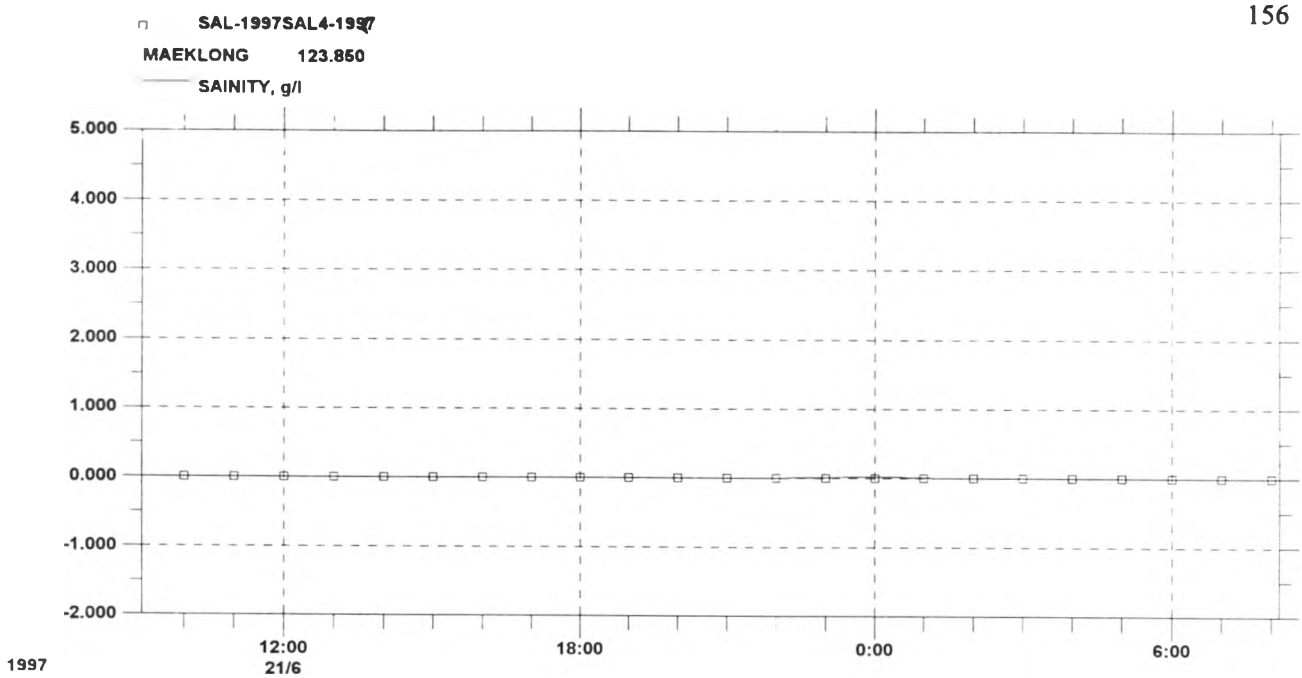
รูปที่ 5.25 กราฟแสดงผลเปรียบเทียบความเค็มจากแบบจำลองกับค่าจริงโดยแปรจุดกำหนดสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ที่ 1200 เมตร^2/วินาที ตามสถานีปรับเทียบต่างๆ



รูปที่ 5.26 แสดงผลเปรียบเทียบความเค็มที่สถานี MK 2 ในช่วงวันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ. 2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองการแพร่กระจาย)



รูปที่ 5.27 แสดงผลเปรียบเทียบความเค็มที่สถานี MK 3 ในช่วงวันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ. 2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองการแพร่กระจาย)



รูปที่ 5.28 แสดงผลเปรียบเทียบความเค็มที่สถานี MK 4 ในช่วงวันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ. 2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองการแพร่กระจาย)

2) การพิจารณาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของค่าสัมประสิทธิ์

2.1) พิจารณาจากลักษณะแม่น้ำ

จากลักษณะของแม่น้ำแม่กลองตอนล่างและปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย สามารถอธิบายได้ดังนี้

(1) อัตราการไหลของน้ำ

จากลักษณะการไหลของแม่น้ำแม่กลอง พบว่า ตอนบนของแม่น้ำมีอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปตามการปล่อยน้ำจากเขื่อนวชิราลงกรณ์ ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงต่ำ ส่วนในทางตอนล่างของแม่น้ำ มีอัตราการไหลของน้ำสูงกว่าทางตอนบน เนื่องจากแม่น้ำแม่กลองในบริเวณตอนล่างจากรูปแม่น้ำแนวยาว (ดังรูปที่ 5.10) มีความชันมากกว่าทางตอนบน ความเร็วของน้ำจึงสูง ประกอบกับทางตอนล่างได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเลอย่างมาก แสดงให้เห็นว่า แนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในตอนล่างของแม่น้ำมีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์ในตอนบนของแม่น้ำ

(2) สถานที่

จากหลักการที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 ในส่วนของปัจจัยต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่กล่าวว่า ค่าสัมประสิทธิ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะทาง หรือ ค่า

สัมประสิทธิ์มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นในทางตอนล่างของแม่น้ำ (Martin และคณะ, 1990) ดังรูปที่ 2.9 ด้วยเหตุนี้ ในตอนล่างของแม่น้ำแม่กลอง ค่าสัมประสิทธิ์จึงควรมีค่ามากกว่าตอนบนของแม่น้ำ

(3) กระแสน้ำขึ้นน้ำลงและความเร็วลม

ในบริเวณตอนล่างของแม่น้ำ ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงอย่างมาก ความเร็วการไหลของน้ำมีความแปรผันสูง ประกอบกับได้รับอิทธิพลจากกระแสลม เนื่องจากเป็นพื้นที่ติดทะเล ลมจึงค่อนข้างแรง แนวโน้มค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายมีค่าสูงกว่าและผันแปรมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์บริเวณตอนบนของแม่น้ำซึ่งได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงและกระแสลมน้อยกว่า

เนื่องจาก ความแตกต่างของลักษณะแม่น้ำแม่กลองช่วงบนและช่วงล่าง พบว่า ในช่วงล่างจากบริเวณปากแม่น้ำขึ้นมาประมาณ 7 กิโลเมตร (กิโลเมตรที่ 129.85-136.85) ลักษณะแม่น้ำมีการแผ่กว้างออก ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงสูง แม่น้ำมีการเปลี่ยนแปลงระดับอยู่ตลอดเวลา ประกอบกับกระแสลมที่ค่อนข้างแรง ทำให้แนวโน้มค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในบริเวณนี้มีค่าสูงและมีความผันแปรค่าสัมประสิทธิ์เป็นอย่างมาก ส่วนในช่วงบนซึ่งอยู่ในบริเวณถัดขึ้นไปจนถึงขอบเขตบนของพื้นที่ศึกษา (ประมาณกิโลเมตรที่ 95.85 - 129.85) ลักษณะแม่น้ำ ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงและกระแสลมลดความรุนแรงลงอย่างมาก เนื่องจากมีระยะทางห่างจากทะเลมากขึ้นและลักษณะแม่น้ำค่อยๆลู่เข้าจากบริเวณปากแม่น้ำ ทำให้แม่น้ำแคบกว่ามากและแม่น้ำเริ่มมีความคดเคี้ยวมากขึ้น เป็นลักษณะของโค้งหักศอกและโค้งกลับไปกลับมาซึ่งลดอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงอีกทางหนึ่ง ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในช่วงบนจึงมีแนวโน้มที่มีค่าต่ำกว่าและมีความผันแปรน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงล่าง

2.2) พิจารณาจากการประมาณค่าโดยสมการ

การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่เลือกใช้ เพื่อเป็นการตรวจสอบค่า จึงทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์จากสมการของ Fischer ดังได้กล่าวแล้วในส่วนของทฤษฎี คือ

$$D_x = \frac{0.011 v^2 W^2}{du^*} \qquad (2.50)$$

$$v^* = \sqrt{gds} \qquad (2.51)$$

(1) ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในช่วงที่ 2 (ประมาณ 7 กิโลเมตรจากขอบเขตล่างถึงขอบเขตบน)

$$D_x = \frac{(0.011)*(0.362^2)*(200^2)}{7*\sqrt{9.8*7*0.00015}}$$ กรณี ความเร็วการไหลเฉลี่ย

$$= 81.20 \approx 80 \text{ เมตร}^2/\text{วินาที}$$

$$D_x = \frac{(0.011)*(0.8)*(200)^2}{7*\sqrt{9.8*7*0.00015}}$$ กรณี ความเร็วการไหลสูงสุด

$$= 397 \approx 400 \text{ เมตร}^2/\text{วินาที}$$

ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในช่วงกิโลเมตรที่ 95.85-129.85 จากการคำนวณ ควรมีค่าอยู่ในช่วง 80-400 เมตร^2/วินาที

(2) ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในช่วงแรก (ประมาณ 7 กิโลเมตรจากขอบเขตล่าง)

$$D_x = \frac{(0.011)*(0.367^2)*(300^2)}{11*\sqrt{9.8*11*0.00015}}$$ กรณี ความเร็วการไหลเฉลี่ย

$$= 95.33 \approx 100 \text{ เมตร}^2/\text{วินาที}$$

$$D_x = \frac{(0.011)*(1)*(300)^2}{11*\sqrt{9.8*11*0.00015}}$$ กรณี ความเร็วการไหลสูงสุด

$$= 707.76 \approx 710 \text{ เมตร}^2/\text{วินาที}$$

ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในช่วงกิโลเมตรที่ 129.85-136.85 จากการคำนวณ ควรมีค่าอยู่ในช่วง 100-710 เมตร^2/วินาที

จากผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายข้างต้น ชี้ให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์ในช่วงที่ 2 มีค่าสูงกว่าในช่วงแรก แต่สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ใช้ปรับเทียบอาจมีค่าไม่เท่ากับค่าที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากการคำนวณเป็นเพียงการกำหนดค่าโดยประมาณเท่านั้น เนื่องด้วยสาเหตุดังนี้

(ก) ในช่วงกิโลเมตรที่ 95.85-129.85 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายจากการคำนวณมีค่าไม่เท่ากับค่าจากการปรับเทียบแบบจำลองแต่มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือ สมการที่ใช้ในการประมาณค่ามีความเหมาะสมกับตอนบนของแม่น้ำ คือ แม่น้ำได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงน้อยและเป็นแม่น้ำที่มีการไหลอิสระ

(ข) ในช่วงกิโลเมตรที่ 129.85-136.85 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายจากการคำนวณมีค่าไม่เท่ากับค่าจากการปรับเทียบแบบจำลองและสัมประสิทธิ์มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก เนื่องจากสมการที่ใช้ประมาณค่าอาจไม่เหมาะสมกับลักษณะแม่น้ำแม่กลองในทางตอนล่างที่มีปัจจัยอื่นๆมาเกี่ยวข้อง เช่น กระแสน้ำขึ้นน้ำลง กระแสลม เป็นต้น แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง พบว่า สัมประสิทธิ์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ สัมประสิทธิ์ในช่วงนี้มีค่ามากกว่าในช่วงแรกนั่นเอง

ดังจะเห็นได้จากค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสำหรับแม่น้ำต่างๆ ดังตารางที่ 2.9 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ได้จากการปรับเทียบกับค่าจากการคำนวณโดยสมการมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณจะบอกเพียงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่านั้น ไม่อาจบอกเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ ประกอบกับในสภาพความเป็นจริง มีปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ที่สมการไม่ครอบคลุมถึงปัจจัยนั้นๆ เช่น กระแสลม เป็นต้น

2.3) พิจารณาจากงานศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ได้จากแบบจำลองและจากงานศึกษาที่ผ่านมา ดังตารางที่ 2.9 และ 2.10 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ได้มีค่าอยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในตาราง โดยจากตารางจะสังเกตเห็นว่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายเป็นค่าที่มีการแปรผันสูงและสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสำหรับเอสทูรี่จะมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแม่น้ำ

นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายจากแบบจำลองกับงานศึกษาภายในประเทศ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และความใกล้เคียงกับค่าจากงานศึกษา ดังเช่น ในงานศึกษาของกฤษฎา มหาสันทนะ (2538) ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสำหรับแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจากการปรับเทียบแบบจำลอง MIKE 11 มีค่าอยู่ใน

ช่วง 1,300-1,600 เมตร^2/วินาที และงานศึกษาของอิศรา พิริยะพิเศษพงศ์ (2540) เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสำหรับแหล่งน้ำบริเวณเหมืองแม่เมาะ มีค่าอยู่ในช่วง 700-900 เมตร^2/วินาที

จากค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ได้ แสดงให้เห็นว่า แม่น้ำแม่กลองตอนล่างในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลจะมีการแพร่กระจายและผสมผสานของมลสารสูงมาก เนื่องด้วยอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นและน้ำลง ส่วนในตอนบนของแม่น้ำการแพร่กระจายและการผสมผสานจะเกิดจากอิทธิพลจากการไหลของน้ำในแม่น้ำ ดังนั้นความสามารถในการแพร่กระจายในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ มีค่ามากกว่าในตอนบนของพื้นที่

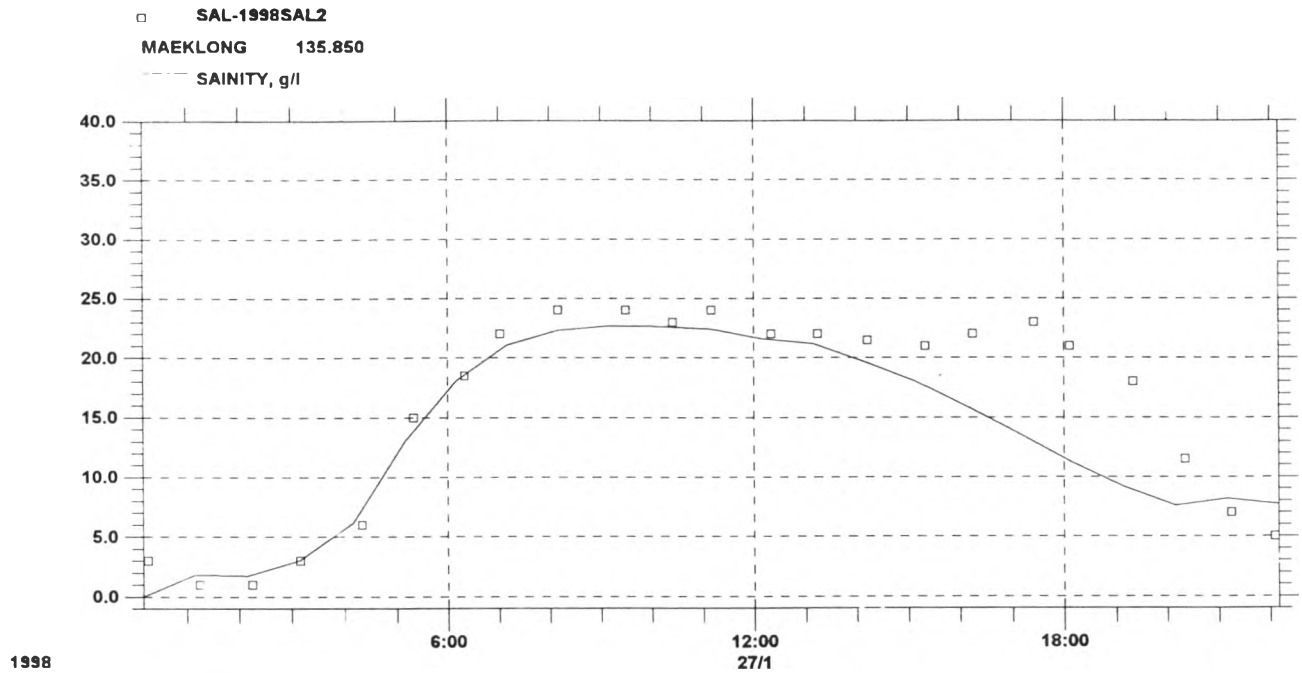
5.2.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการแพร่กระจาย

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการแพร่กระจาย โดยอาศัยข้อมูลคุณภาพน้ำ คือ ความเค็ม ในช่วงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2541 ตามสถานีที่ปรับเทียบ ได้แก่

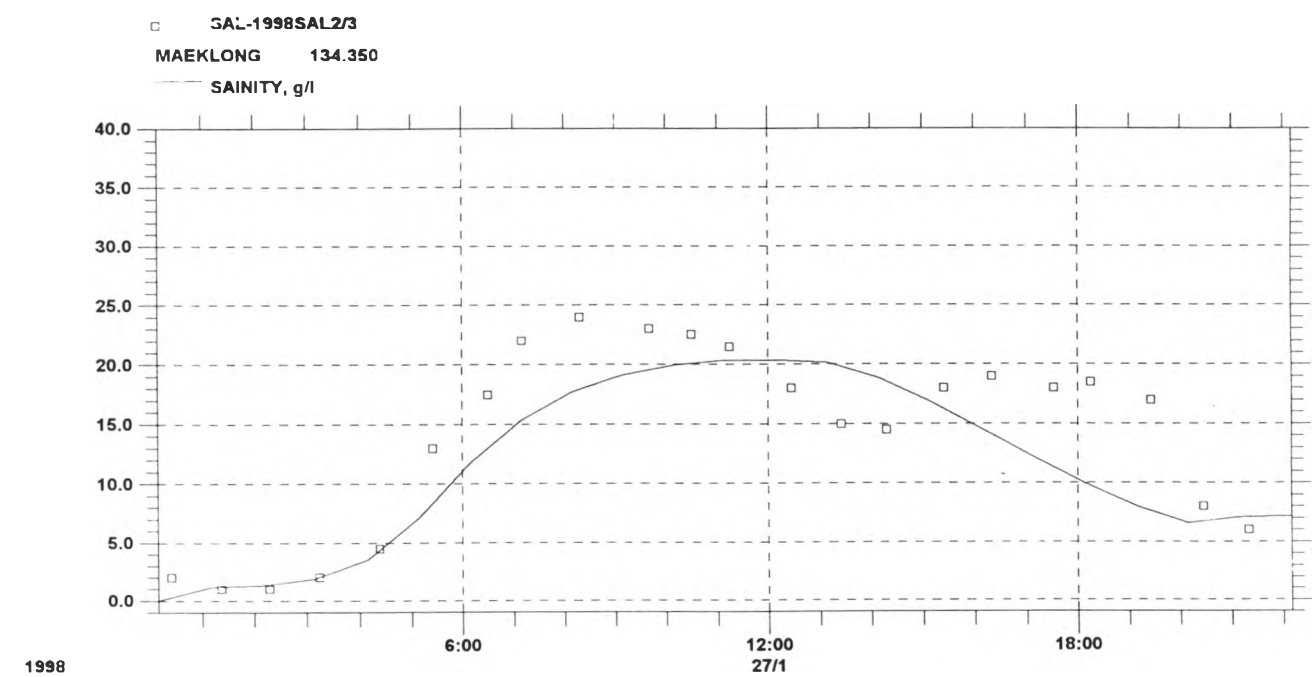
- สถานี MK 2 บริเวณสะพานพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (กิโลเมตรที่ 135.85)
- สถานี MK 2/3 หน้าสถานีน้ำมันเชลล์ จังหวัดสมุทรสงคราม (กิโลเมตรที่ 134.35)
- สถานี MK 3 บริเวณโรงพยาบาลพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (กิโลเมตรที่ 132.85)

แล้วดำเนินการแบบจำลอง MIKE 11 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ได้จากขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง โดยผลการคำนวณความเค็มจากแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 5.29 ถึง 5.31

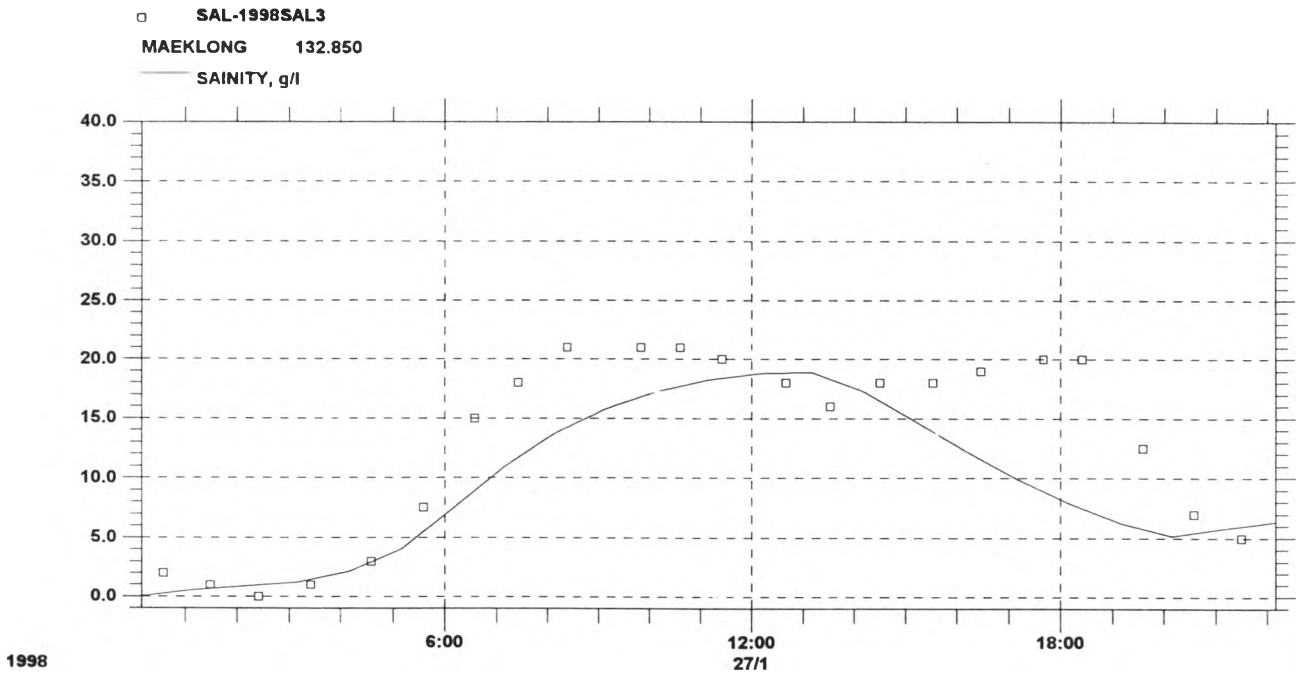
จากรูปแสดงให้เห็นว่า ค่าความเค็มที่สถานี MK2 สถานี MK2/3 และสถานี MK3 จากการคำนวณโดยแบบจำลอง มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเค็มจากการสำรวจจริง แต่ผลการคำนวณความเค็ม มีค่าคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริง โดยยอดความเค็มสูงสุด (peak) จากการสำรวจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกระแสน้ำขึ้นน้ำลง แต่ยอดความเค็มจากการคำนวณเพิ่มขึ้นช้ากว่าข้อมูลจริง ประมาณ 1-2 ชั่วโมง อาจเนื่องจากความผิดพลาดจากการจำลองสภาพของแบบจำลองอุทกศาสตร์และจากอิทธิพลของอัตราการไหลบริเวณตอนบน



รูปที่ 5.29 แสดงผลเปรียบเทียบความเค็มที่สถานี MK 2 ในช่วงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2541
(กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการแพร่กระจาย)



รูปที่ 5.30 แสดงผลเปรียบเทียบความเค็มที่สถานี MK 2/3 ในช่วงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2541
(กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการแพร่กระจาย)



รูปที่ 5.31 แสดงผลเปรียบเทียบความเค็มที่สถานี MK 3 ในช่วงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการแพร่กระจาย)

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติระหว่างผลการคำนวณโดยแบบจำลองและค่าจากการสำรวจจริง พบว่า ที่สถานี MK 2 สถานี MK2/3 และสถานี MK3 มีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (root mean square error [RMSE]) เท่ากับ 3.49 3.86 และ 7.62 ppt. ตามลำดับ จากค่า RMSE แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากแม่น้ำซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่มีค่าลดลงเช่นเดียวกัน การวิเคราะห์ผลโดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงว่า ผลการคำนวณและค่าจริงมีความสัมพันธ์กันเชิงบวกในระดับสูง โดยมีค่า r เท่ากับ 0.92 0.88 และ 0.87 ตามลำดับ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากความผิดพลาดจากการจำลองความเค็มในขั้นตอนการปรับเทียบและความผิดพลาดจากการจำลองผลทางอุทกศาสตร์

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ความเค็มจากการคำนวณโดยแบบจำลอง มีค่าไม่แตกต่างจากระดับน้ำจากการสำรวจจริงอย่างมีนัยสำคัญ (t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่ได้จากการปรับเทียบสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงกิโลเมตรที่ 95.85-129.85 สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย มีค่าอยู่ในช่วง 100-300 เมตร^2/วินาที และช่วงกิโลเมตรที่ 129.85-136.85 ค่าสัมประสิทธิ์อยู่ในช่วง 300-1,200 เมตร^2/วินาที เป็นค่าเหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

5.2.2.3 การวิจารณ์ผลการศึกษาแบบจำลองการแพร่กระจาย

ผลจากการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของความเค็มตามสถานีตรวจวัดของแม่น้ำแม่กลองตอนล่างในรอบ 1 วัน (ดังรูปข้างต้น) แสดงให้เห็นว่า การแพร่ของน้ำเค็ม มีความแปรผันค่อนข้างมากตามอิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเล กล่าวคือ ในช่วงน้ำลง ค่าความเค็มของแม่น้ำตามสถานีต่างๆมีค่าลดลงจนเป็นน้ำจืด มีค่าความเค็ม ประมาณ 0-2 ppt. และในช่วงเวลาน้ำขึ้น อาจมีค่าความเค็มถึง 21-24 ppt. ด้วยเหตุนี้ การแพร่กระจายของความเค็ม จึงแปรผันโดยตรงกับค่าระดับน้ำ เมื่อทำการทดสอบระดับความสัมพันธ์ทางสถิติ ได้ผลแสดงในตารางที่ 5.5

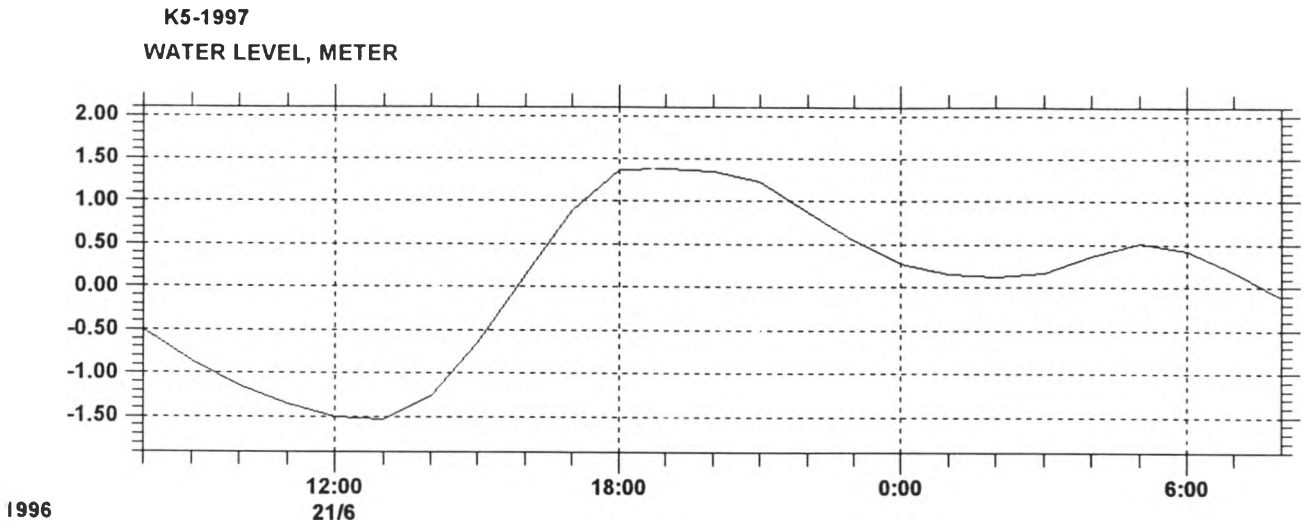
ตารางที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและระดับน้ำ ณ สถานีต่างๆ

สถานีวัดคุณภาพน้ำ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	
	21/6/40	27/1/41
MK 1	0.682	0.536
MK 2	0.726	0.457
MK 3	0.531	0.465

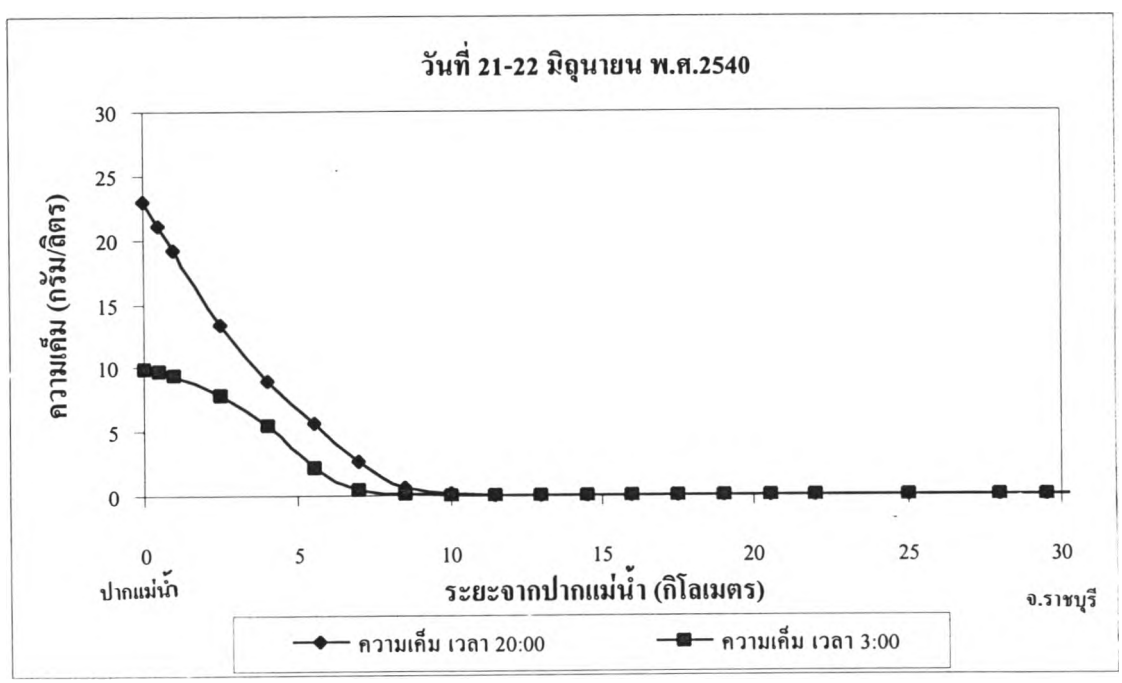
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้ ชี้ให้เห็นว่า ความเค็มและระดับน้ำมีความสัมพันธ์กันทางบวก คือ เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้น (ช่วงน้ำขึ้น) ความเค็มมีค่ามากขึ้น และเมื่อระดับน้ำลดลง (ช่วงน้ำลง) ความเค็มมีค่าลดลง ดังรูปที่ 5.32 ถึง 5.35 ที่แสดงว่า ช่วงน้ำขึ้น ความเค็มและระยะการแพร่ของน้ำเค็มสูงกว่าช่วงน้ำลง แต่จากค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.46-0.72 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (มีค่าในช่วง 0.3-0.7)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์รายสถานี ชี้ให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มลดต่ำลงตามลำดับ จากสถานี MK1 (บริเวณปากแม่น้ำ) จนถึงสถานี MK3 (บริเวณเทศบาลเมืองสมุทรสงคราม) แสดงว่า อิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงมีแนวโน้มลดต่ำลงตามระยะทางการแพร่ ดังรูปที่ 5.33 และ 5.35

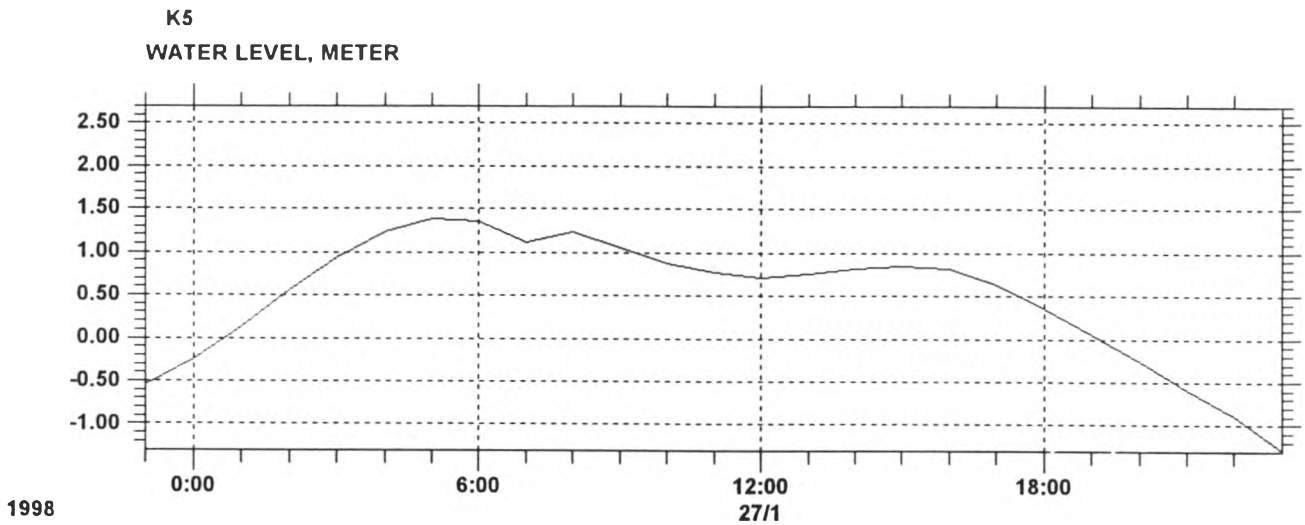
จากรูปแสดงให้เห็นว่า ความเค็มมีค่าลดลงตามระยะทางจากปากแม่น้ำ เนื่องจากอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงที่ค่อยๆอ่อนกำลังลงตามระยะทาง และการรุกของน้ำเค็มยังขึ้นกับเวลา นั่นคือ ช่วงน้ำขึ้น ความเค็มมีปริมาณและระยะการรุกสูงกว่าช่วงน้ำลง



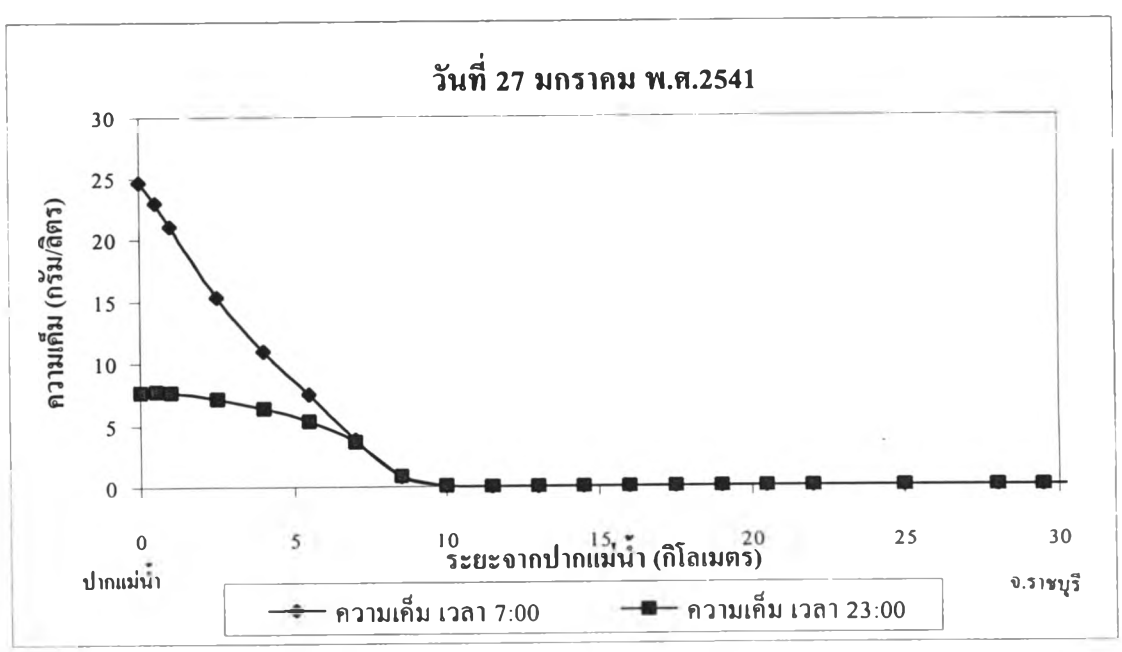
รูปที่ 5.32 แสดงระดับน้ำที่สถานี K5 (บริเวณหน้าวัดศรัทธาธรรม) ในช่วงวันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 5.33 แสดงปริมาณความเค็มตามระยะทางจากปากแม่น้ำ (วันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ.2540)



รูปที่5.34 แสดงระดับน้ำที่สถานี K5 (บริเวณหน้าวัดศรัทธาธรรม) ในช่วงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2541



รูปที่ 5.35 แสดงปริมาณความเค็มตามระยะทางจากปากแม่น้ำ (วันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2541)

จากการแพร่ของความเค็มข้างต้น อาจกล่าวในเทอมของสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายได้ว่า สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายมีค่าผันแปรอย่างมากตามกระแสน้ำขึ้นน้ำลงและระยะทางจากปากแม่น้ำ นั่นคือ ช่วงบนของแม่น้ำซึ่งได้รับกระแสน้ำขึ้นน้ำลงต่ำ ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าค่อนข้างคงที่และมีแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์ที่เพิ่มขึ้นตามระยะทางจนถึงบริเวณปากแม่น้ำซึ่งได้รับกระแสน้ำขึ้นน้ำลงรุนแรง ค่าสัมประสิทธิ์จึงมีแนวโน้มค่าสูงกว่าช่วงบนของแม่น้ำ นอกจากนี้ การผันแปรของสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายยังขึ้นอยู่กับช่วงเวลา คือ ในช่วงน้ำลง ค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าต่ำกว่าช่วงน้ำขึ้น จากรูปแสดงให้เห็นว่า สัมประสิทธิ์มีค่าผันแปรสูงในช่วงประมาณ 7 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ เนื่องจากความเค็มที่เปลี่ยนแปลงอย่างมากนั่นเอง

การพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะการแพร่ของน้ำเค็ม พบว่า ในช่วงที่ศึกษา คือ วันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และวันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2541 มีค่าปริมาณน้ำต้นน้ำ ที่สถานี K11A เท่ากับ 290-300 ลูกบาศก์เมตร/วินาที และ 86 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ตามลำดับ จากข้อมูลสำรวจแสดงให้เห็นว่า แนวโน้มการแพร่ของน้ำเค็มเมื่ออัตราการไหลต่ำจะทำให้ค่าความเค็มสูงกว่าการแพร่ของน้ำเค็มเมื่ออัตราการไหลสูง ดังกราฟข้างต้น พบว่า ความเค็มในช่วงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2541 มีค่าสูงกว่าความเค็มในช่วงวันที่ 21-22 มิถุนายน พ.ศ.2540

เมื่อพิจารณาการแพร่ของน้ำเค็มในช่วงที่ทำการศึกษาข้างต้น พบว่า ผลจากแบบจำลองการแพร่กระจาย แสดงถึงระยะการรุกของน้ำเค็มที่สามารถขึ้นถึงกิโลเมตรที่ 122.35 บริเวณอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม (ประมาณ 14.5 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) โดยมีค่าความเค็มประมาณ 0.01 ppt. และการแพร่ความเค็มที่ระดับความเข้มข้น 2 ppt. ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ต้องควบคุม ซึ่งกำหนดโดยกองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา กรมชลประทานที่มีจุดควบคุมบริเวณปากคลองดำเนินสะดวก (ประมาณกิโลเมตรที่ 114.85) พบว่า ความเค็มจากผลการคำนวณโดยแบบจำลองจะอยู่บริเวณกิโลเมตรที่ 127 (บริเวณตำบลบ้านปรก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม) โดยในบริเวณกิโลเมตรที่ 127 จนถึงปากแม่น้ำ ความเค็มมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีระดับความเข้มข้นสูง (มากกว่า 2 กรัม/ลิตร) ทำให้คุณภาพน้ำของแม่น้ำโดยเฉพาะช่วงน้ำขึ้นมีสภาพที่เป็นอันตรายต่อพืชที่มีความไว (ไม่ทนต่อความเค็ม) แต่เนื่องจากการปลูกพืชในบริเวณนี้โดยส่วนใหญ่เป็นพืชที่ทนต่อความเค็มได้ดีหรือพืชทนเค็ม ได้แก่ มะพร้าว พื้นที่การเกษตรในบริเวณดังกล่าวจึงได้รับผลกระทบจากความเค็มน้อย

5.2.3 แบบจำลองคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาแบบจำลองคุณภาพน้ำ สามารถแบ่งได้ตามวิธีดำเนินการศึกษา ดังนี้

5.2.3.1 การปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ

1) ผลการปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ โดยพิจารณาพารามิเตอร์ ได้แก่ ออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิ อาศัยข้อมูลจากการสำรวจระหว่างวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 ทำการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์คุณภาพน้ำตามสถานีปรับเทียบ ดังนี้

- สถานี MK 2 บริเวณสะพานพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (กิโลเมตรที่ 135.85)
- สถานี MK 3 หน้าโรงพยาบาลพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (กิโลเมตรที่ 132.85)
- สถานี MK 4 บริเวณที่ว่าการอำเภออัมพวา (กิโลเมตรที่ 123.85)
- สถานี MK 5 บริเวณสะพานอรุณอมรินทร์ อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม (กิโลเมตรที่ 114.85)

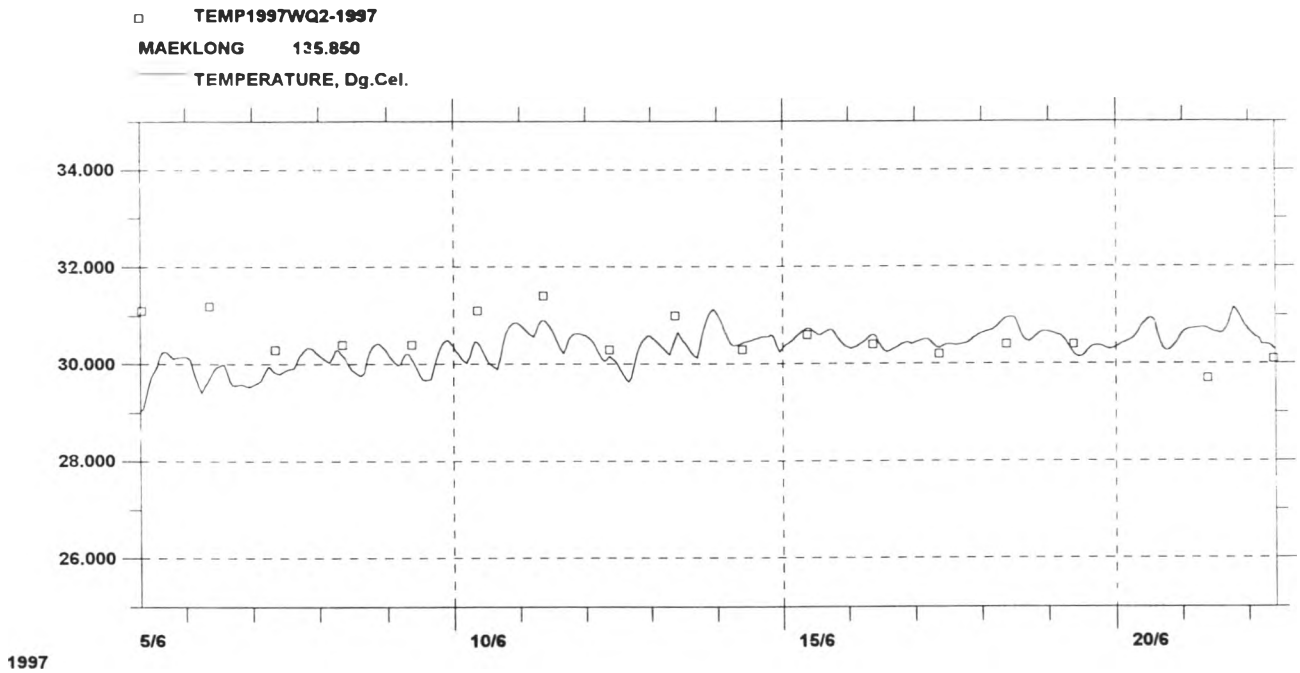
ผลที่ได้จากการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆสำหรับแบบจำลองคุณภาพน้ำ ได้แก่ สัมประสิทธิ์การเติมอากาศ (K_a) ผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (P_{max}) อัตราการหายใจของพืชและสัตว์น้ำที่ 20°C (R_{20}) และสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ (K_d) ภายหลังการปรับเทียบแบบจำลอง จนได้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริง โดยผลการปรับเทียบแสดงเป็นขั้นตอน ดังนี้

1.1) การจำลองอุณหภูมิของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง โดยกำหนดละติจูดที่แม่น้ำตั้งอยู่คือ 13.5 องศา โดยให้ผลการคำนวณโดยแบบจำลอง ดังรูป 5.36 ถึง 5.39 จากรูปแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิจากการคำนวณโดยแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริง แสดงว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 สามารถจำลองอุณหภูมิของแม่น้ำแม่กลองตอนล่างได้อย่างดี

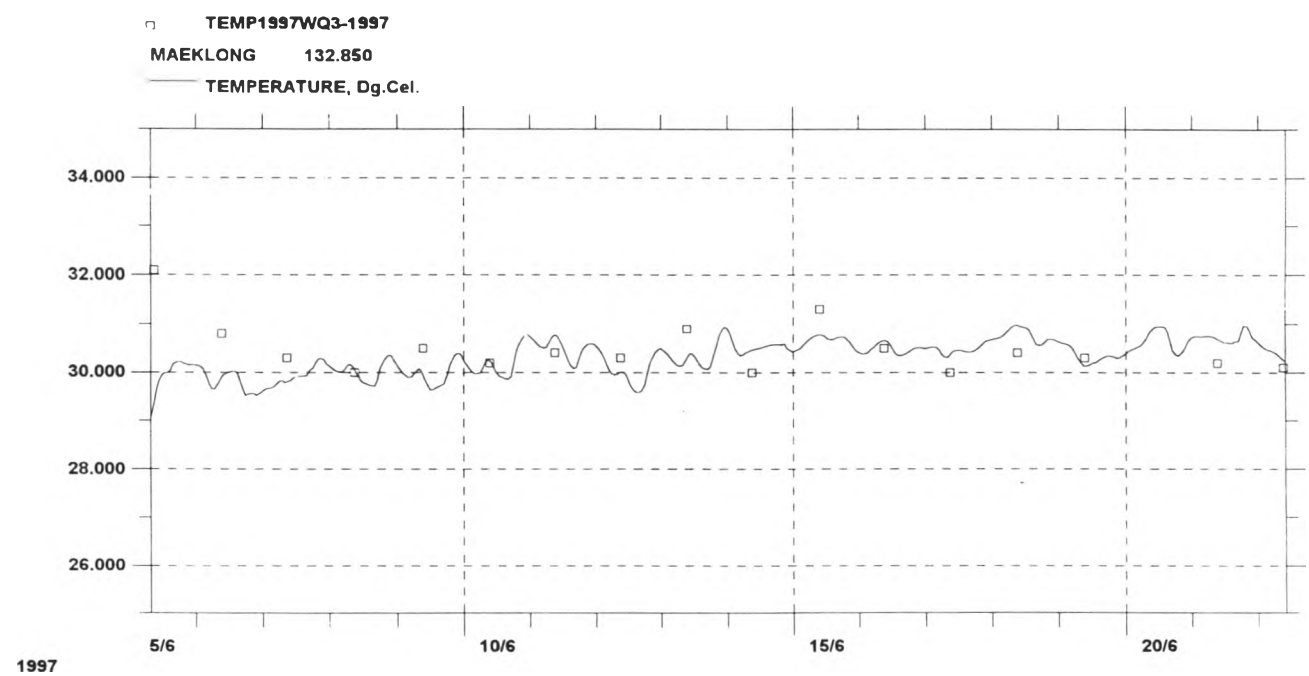
1.2) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์

การปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ดำเนินการโดยทดลองค่าโดยให้ค่าเท่ากับ 0.1 0.15 0.20 0.25 และ 0.30 วัน$^{-1}$ ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.40 ถึง 5.43

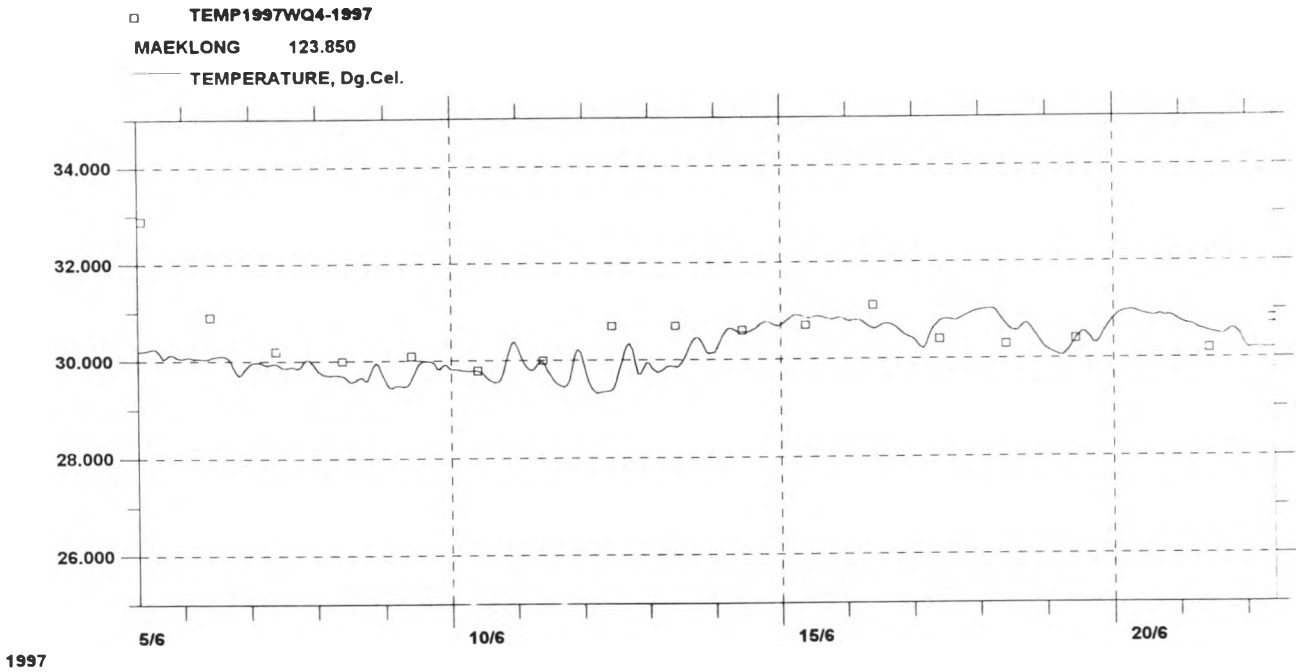
จากรูปแสดงให้เห็นว่า บีโอดีจากการสำรวจจริงมีค่าผันแปรอยู่ในช่วงค่าสัมประสิทธิ์ที่ทำการทดสอบข้างต้น จึงพิจารณาเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่กึ่งกลางช่วง คือ 0.20 วัน$^{-1}$ โดยให้ผลการคำนวณใกล้เคียงที่สุดกับข้อมูลจริง ดังรูปที่ 5.44 ถึง 5.47



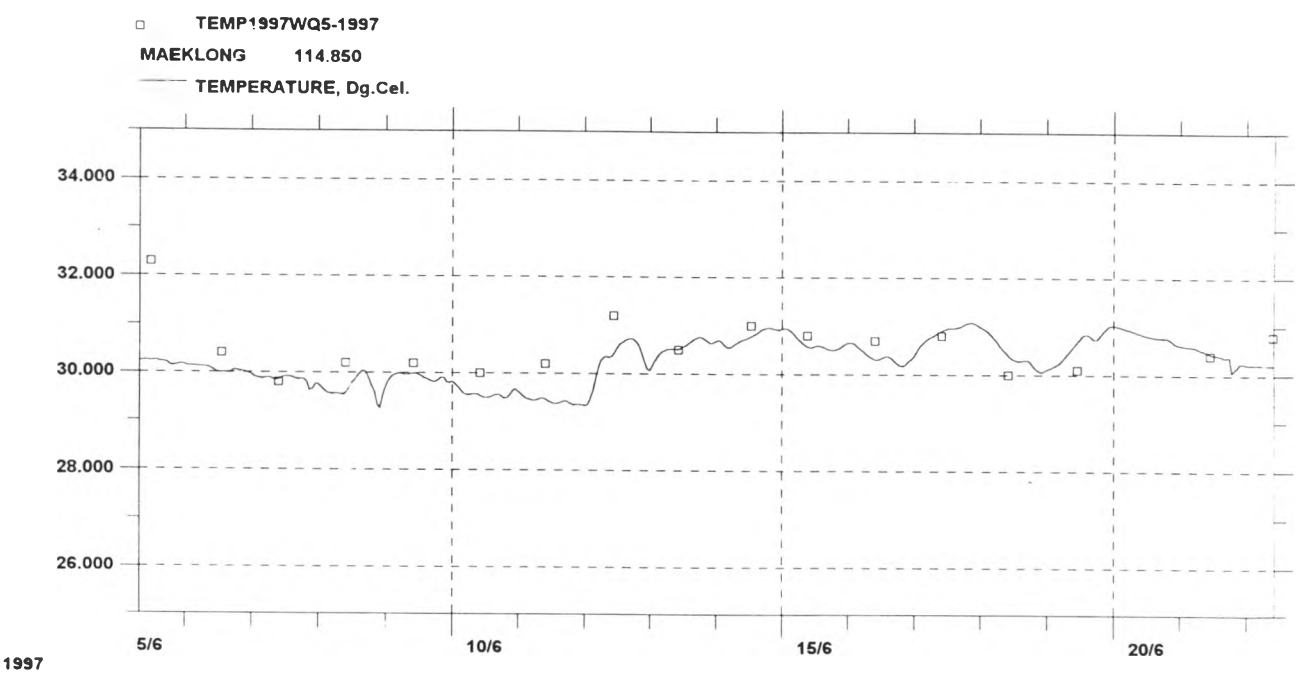
รูปที่ 5.36 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของสถานีปรับเทียบที่ MK 2 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



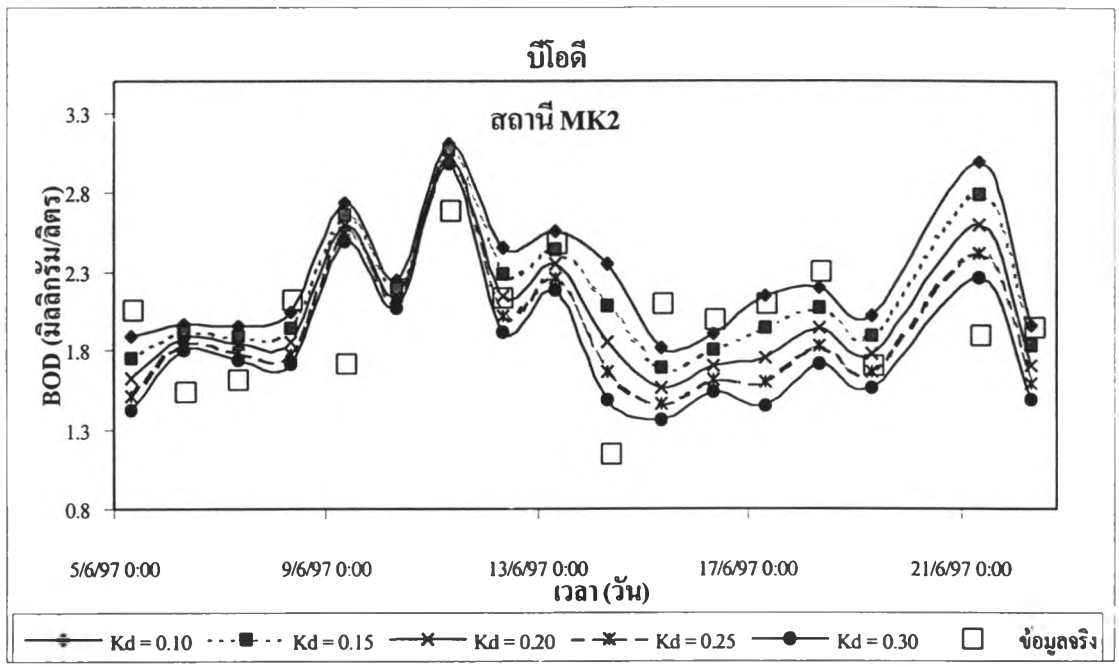
รูปที่ 5.37 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของสถานีปรับเทียบที่ MK 3 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



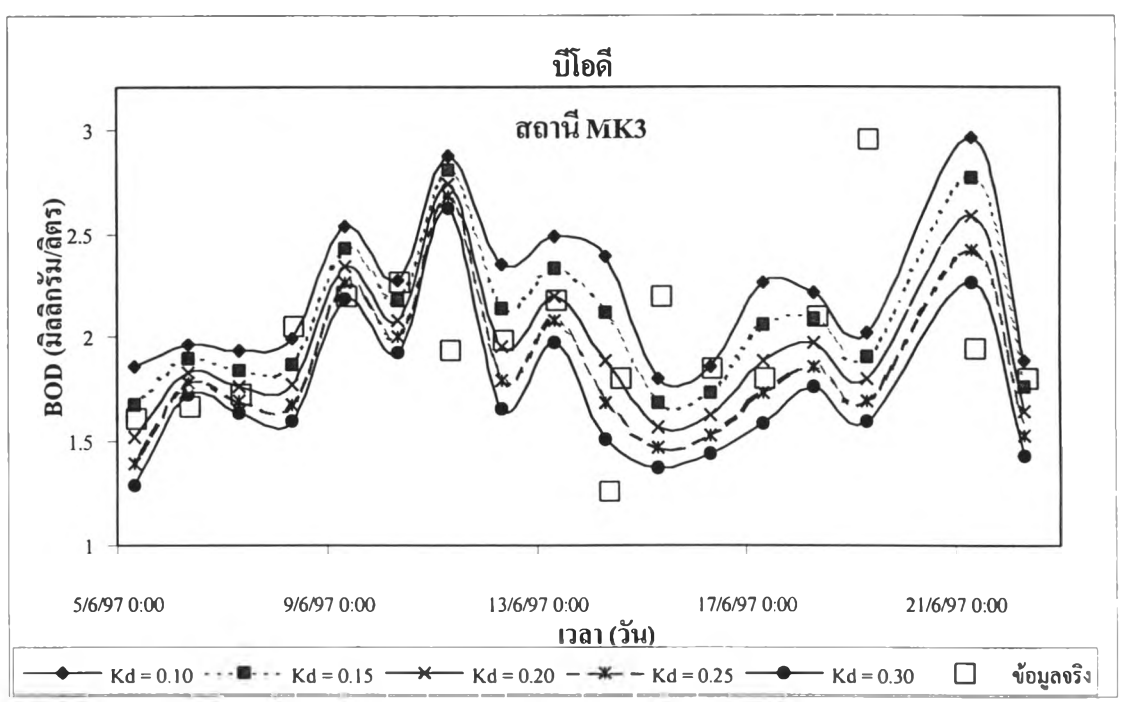
รูปที่ 5.38 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของสถานีปรับเทียบที่ MK 4 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



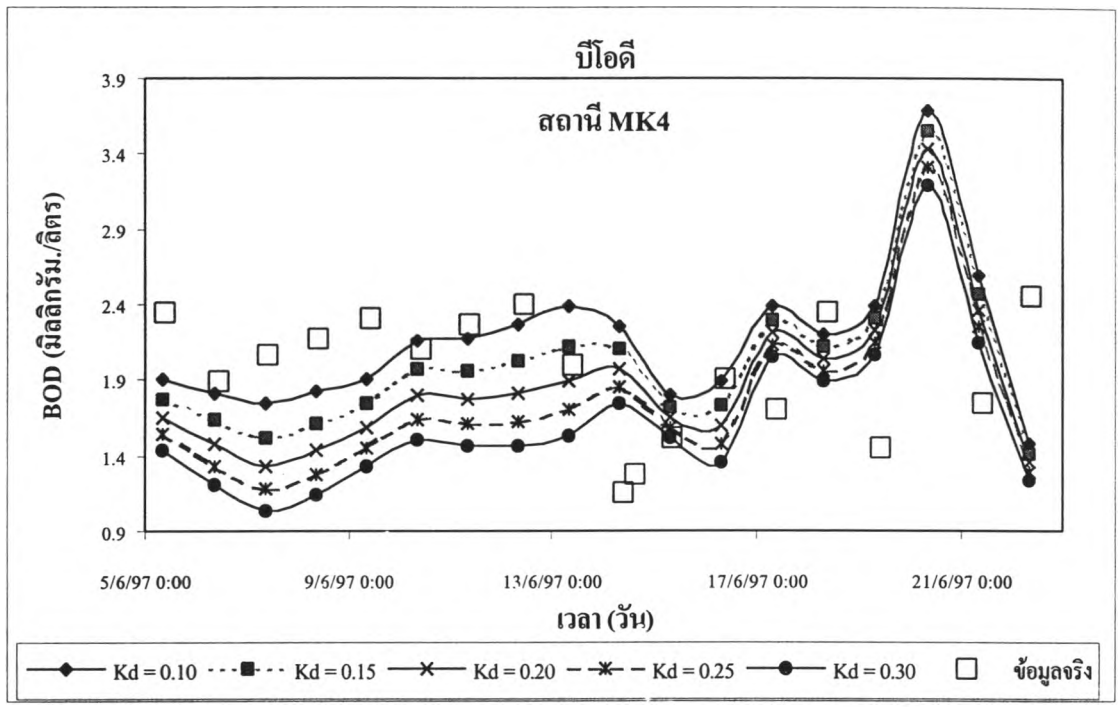
รูปที่ 5.39 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของสถานีปรับเทียบที่ MK 5 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



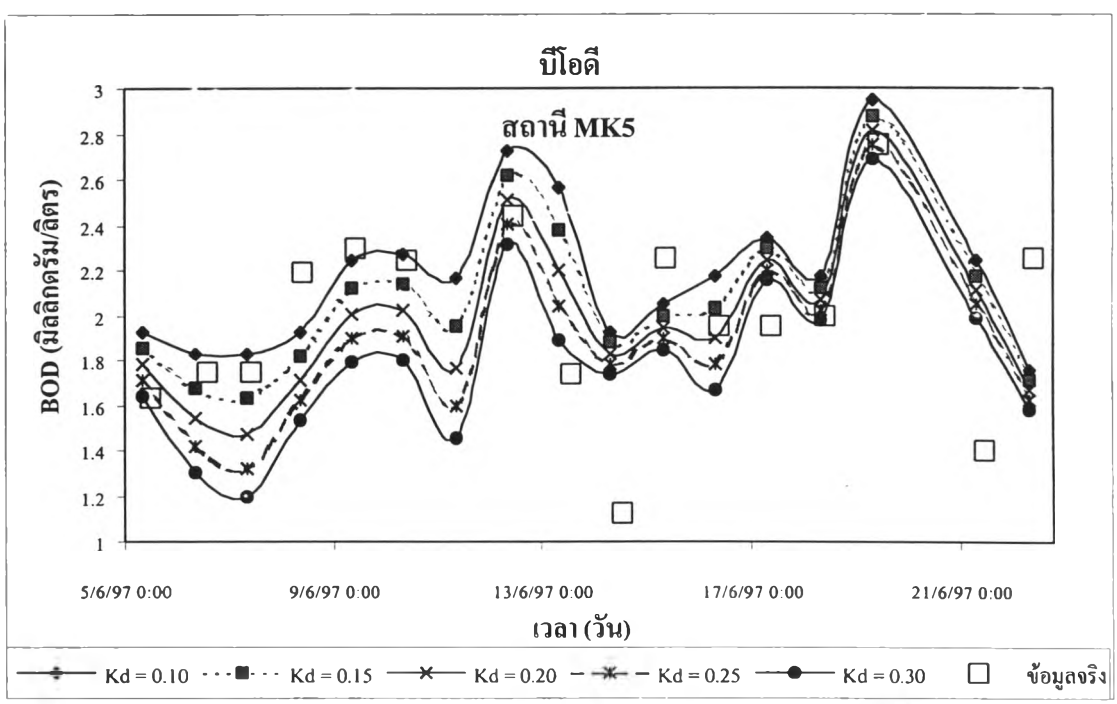
รูปที่ 5.40 กราฟเปรียบเทียบค่าบีโอดีที่สถานี MK2 เมื่อแปรสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย



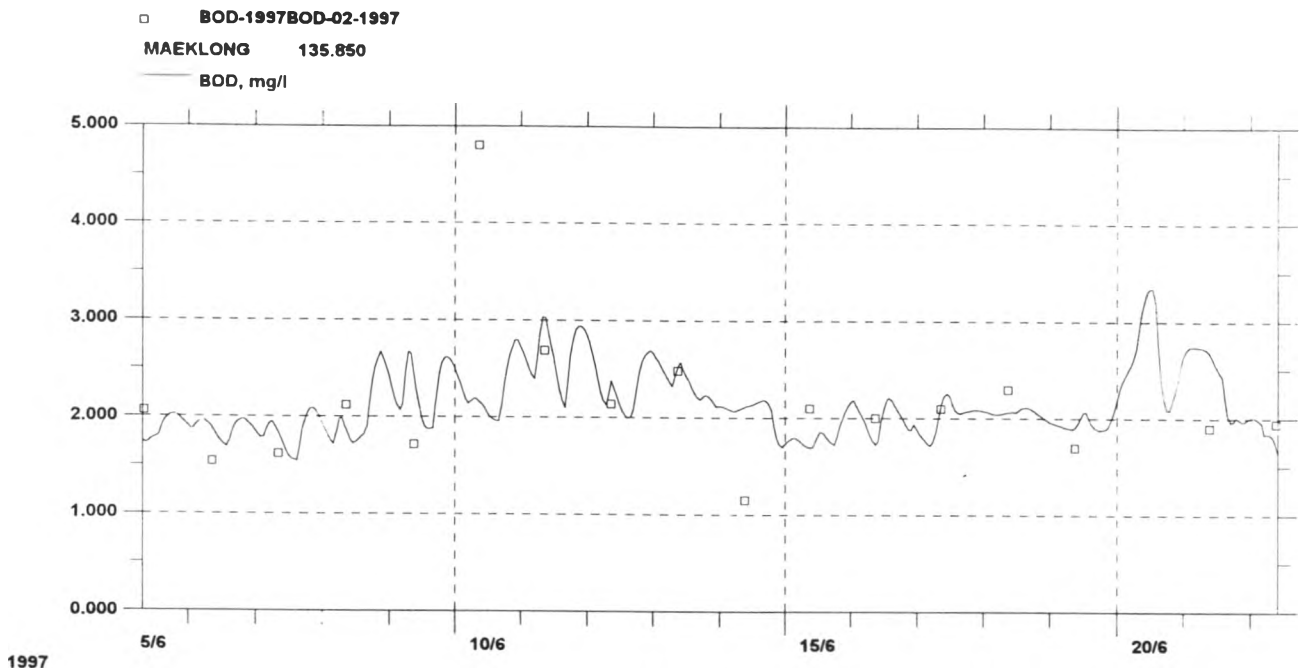
รูปที่ 5.41 กราฟเปรียบเทียบค่าบีโอดีที่สถานี MK3 เมื่อแปรสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย



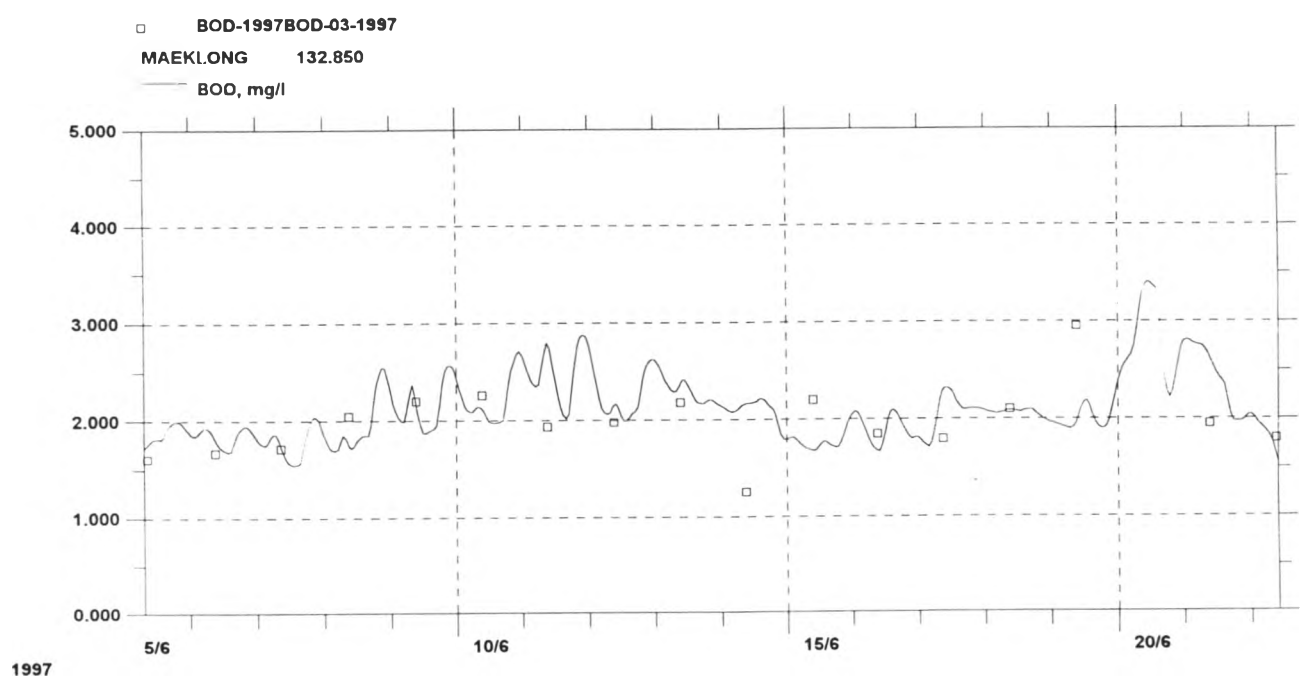
รูปที่ 5.42 กราฟเปรียบเทียบค่าบีโอดีที่สถานี MK4 เมื่อแปรสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย



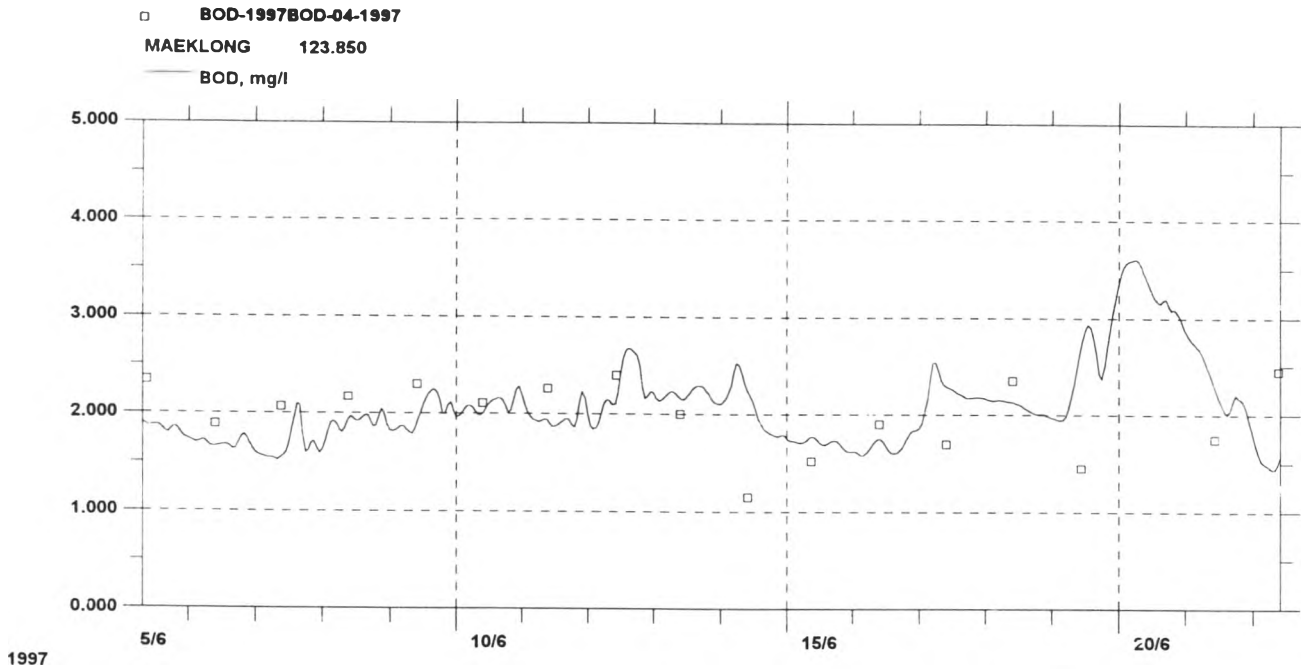
รูปที่ 5.43 กราฟเปรียบเทียบค่าบีโอดีที่สถานี MK5 เมื่อแปรสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย



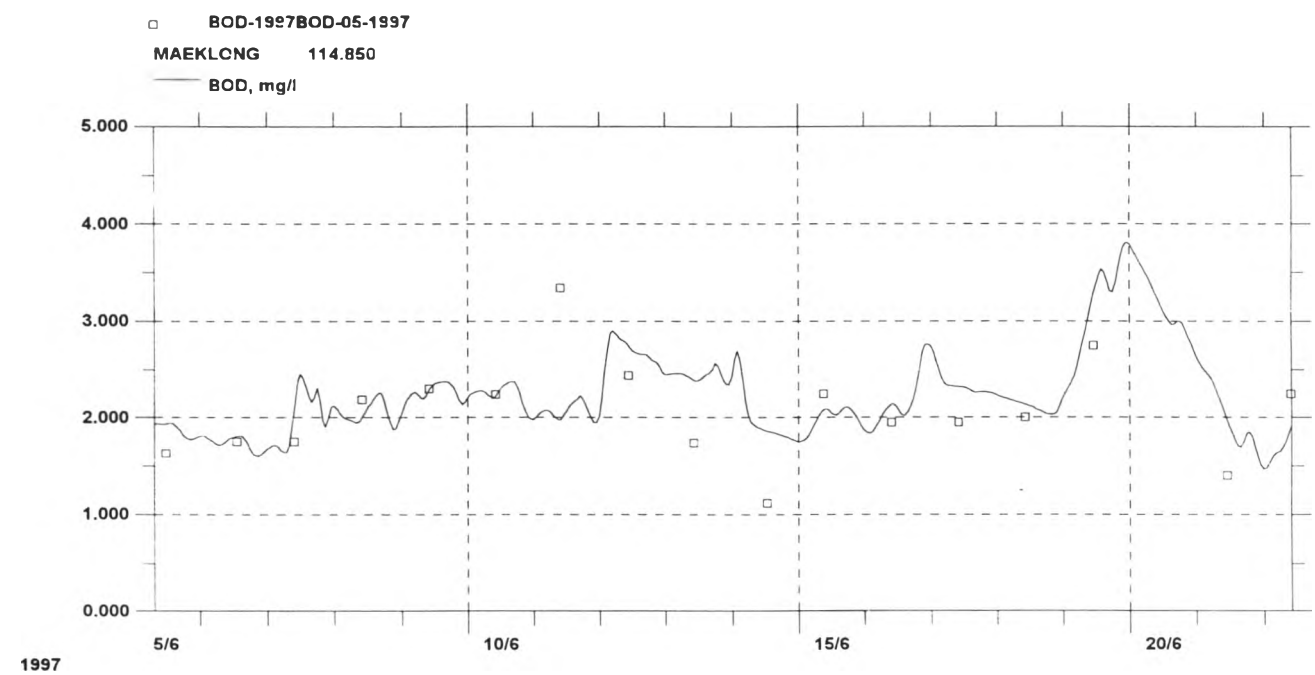
รูปที่ 5.44 แสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีของสถานีปรับเทียบที่ MK 2 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



รูปที่ 5.45 แสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีของสถานีปรับเทียบที่ MK 3 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



รูปที่ 5.46 แสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีของสถานีปรับเทียบที่ MK 4 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



รูปที่ 5.47 แสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีของสถานีปรับเทียบที่ MK 5 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)

1.3) ผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของพืชและสัตว์ที่ 20 ^{o}C

การปรับเทียบค่าออกซิเจนละลายเพื่อหาผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจที่เหมาะสม ดำเนินการโดยพิจารณาเลือกสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ไม่ได้รับน้ำเสียจากพื้นที่หรือได้รับน้อยที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนสภาพธรรมชาติของแม่น้ำ โดยจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่ศึกษา พบว่า สถานีที่เหมาะสมได้แก่ สถานี MK 4 จึงเลือกใช้เพื่อปรับค่าอัตราข้างต้น โดยได้ผลการปรับเทียบเป็นขั้นตอน ดังนี้

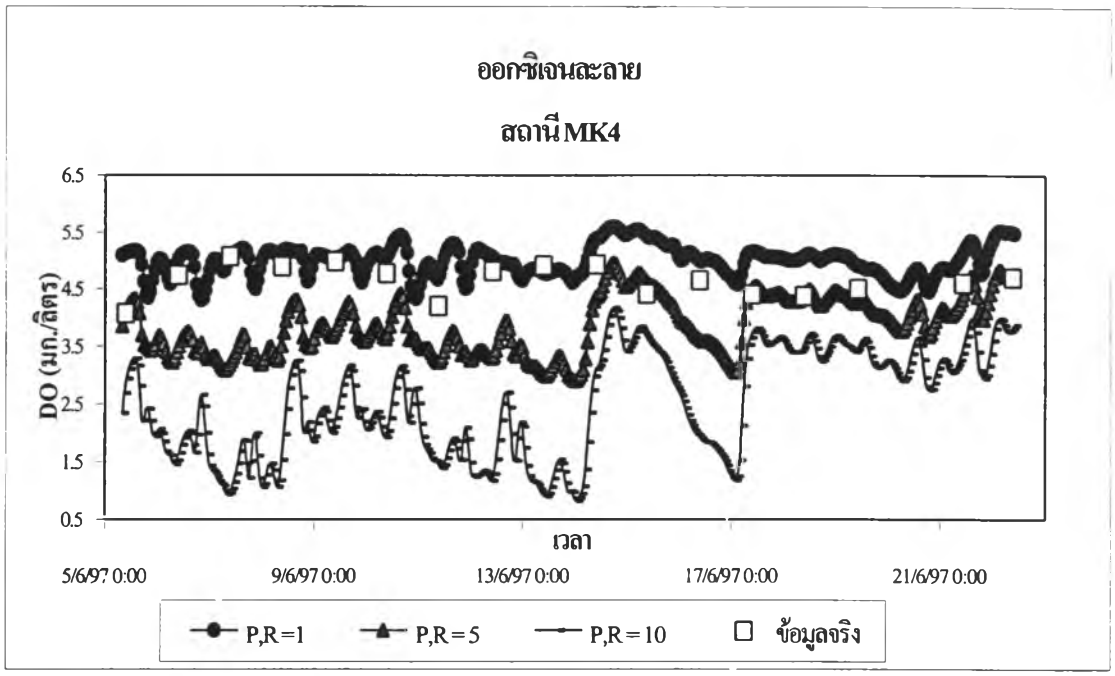
(1) การทดลองค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจ ทำการกำหนดค่าแบบสเกลหยาบโดยแปรค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจ ดังตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.48

ตารางที่ 5.6 แสดงการแปรค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจในระดับสเกลหยาบ

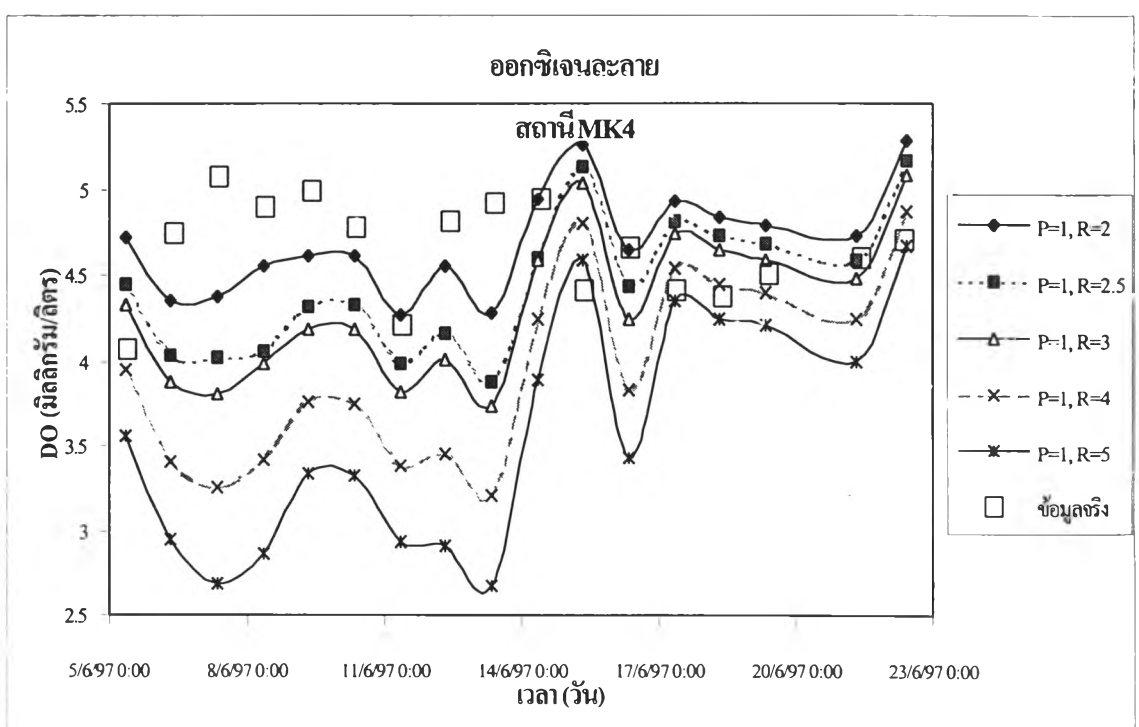
ผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (P) (กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน)	1	5	10
อัตราการหายใจ (R) (กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน)	1	5	10

จากรูปแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจ ควรมีค่าใกล้เคียง 1 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน และอัตราการหายใจควรมีค่ามากกว่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและมีค่าไม่เกิน 5 กรัมออกซิเจน/เมตร^2/วัน จากนั้นทำการแปรค่าสัมประสิทธิ์แบบสเกลละเอียดขึ้นโดยใช้ผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง 1 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน และแปรอัตราการหายใจให้มีค่ามากกว่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ได้แก่ 2 2.5 3 4 และ 5 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน ดังรูปที่ 5.49

(2) จากรูปแสดงให้เห็นว่า ค่าออกซิเจนละลายจากการสำรวจ มีค่าโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่างค่าออกซิเจนละลายที่ได้จากการแปรผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจข้างต้น แสดงว่า การใช้ผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงเท่ากับ 1 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน และจากการแปรค่าอัตราการหายใจ พิจารณาเลือกใช้ค่า 2.5 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน เป็นค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 5.48 กราฟเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลาย ที่สถานี MK4 เมื่อแปรผลผลิตของออกซิเจน โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจแบบระดับสเกลหยาบ



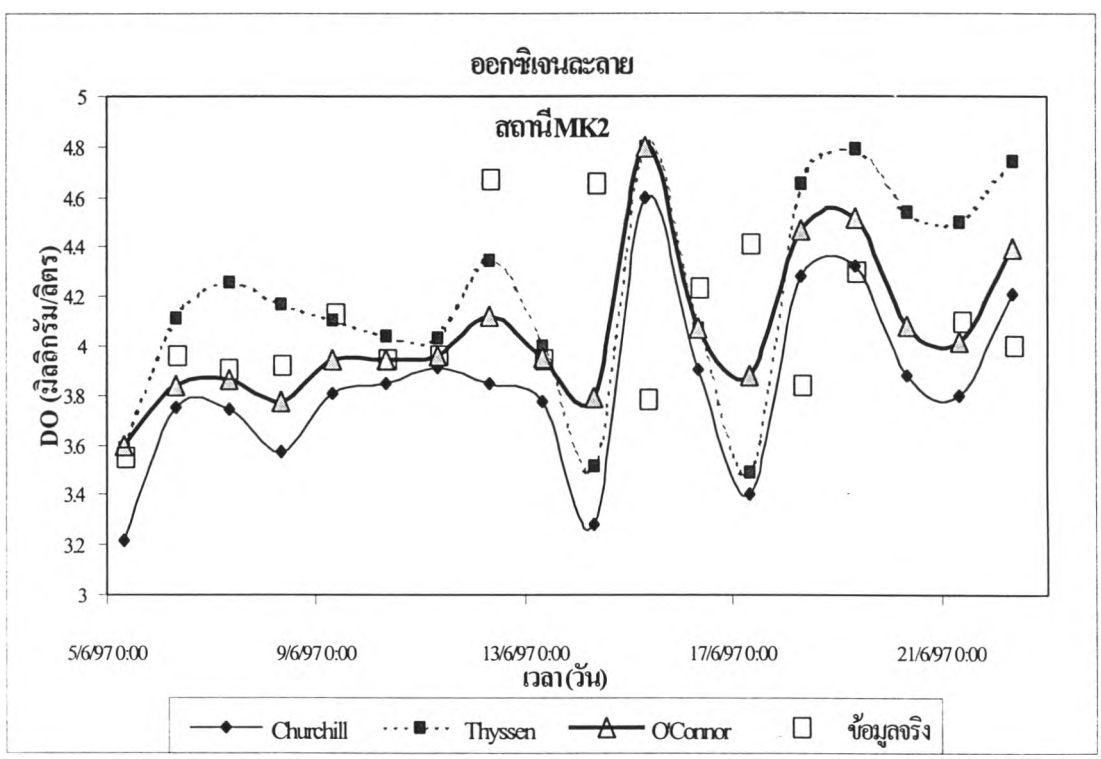
รูปที่ 5.49 กราฟเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลาย ที่สถานี MK4 เมื่อแปรผลผลิตของออกซิเจน โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจแบบระดับสเกลละเอียด

1.4) ค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ

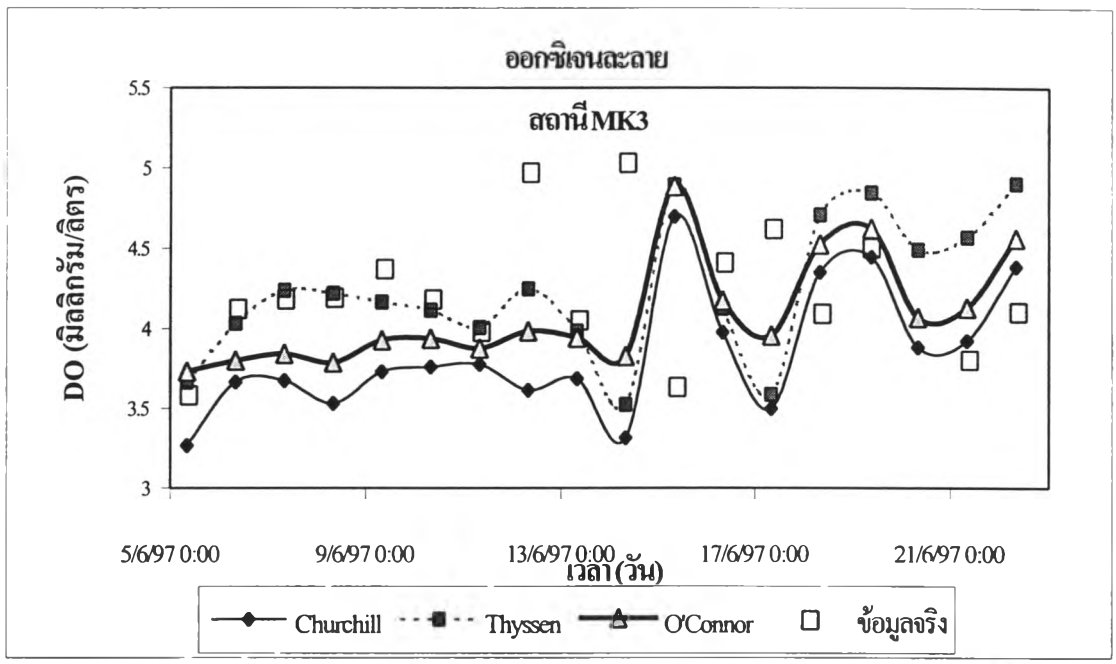
การปรับเทียบค่าออกซิเจนละลาย เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ ซึ่งในแบบจำลองประกอบด้วยสมการทั่วไปที่ใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ คือ สมการ Thyssen สมการของ O'Connor & Dubbins และสมการของ Churchill จึงทำการทดสอบสมการทั้งสาม โดยพิจารณาสถานี MK2 MK3 และ MK5 ให้ผลการคำนวณดังรูปที่ 5.50 ถึง 5.52

จากรูปแสดงผลเปรียบเทียบออกซิเจนละลายจากการคำนวณโดยใช้สมการการเติมอากาศทั้งสามกับค่าจากการสำรวจจริง พบว่า ผลจากการสำรวจมีค่าเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ O'Connor & Dubbins มากกว่าผลการคำนวณด้วยสมการ Thyssen และ Churchill จึงเลือกใช้สมการ O'Connor & Dubbins ในการคำนวณสัมประสิทธิ์

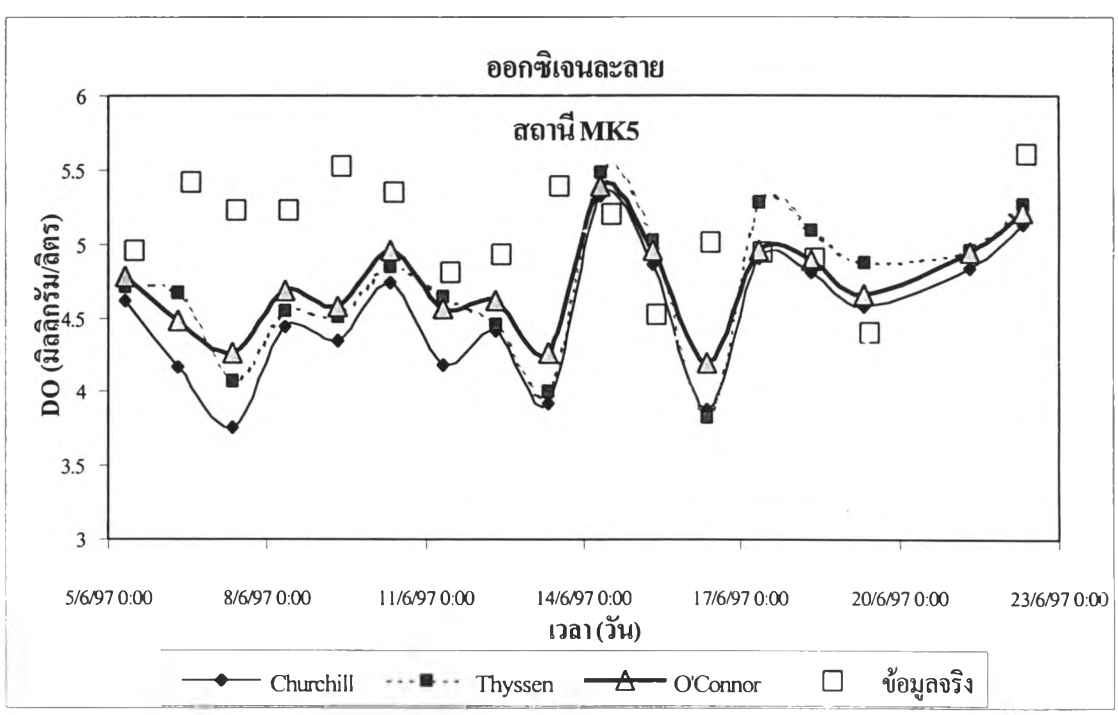
ดังนั้น ผลการปรับเทียบค่าออกซิเจนละลายโดยใช้ผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง อัตราการหายใจและสัมประสิทธิ์การเติมอากาศจากการปรับเทียบข้างต้นแสดงได้ดังรูปที่ 5.53 ถึง 5.56



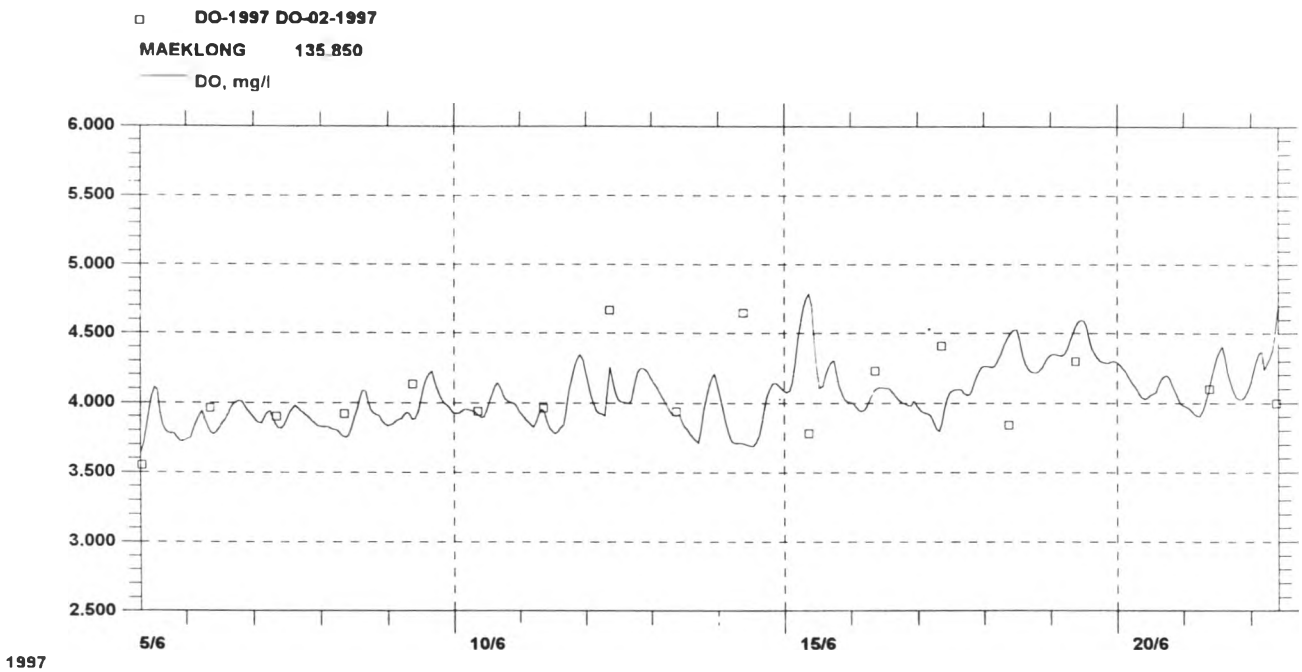
รูปที่ 5.50 กราฟเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลาย ที่สถานี MK2 เมื่อแปรสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ



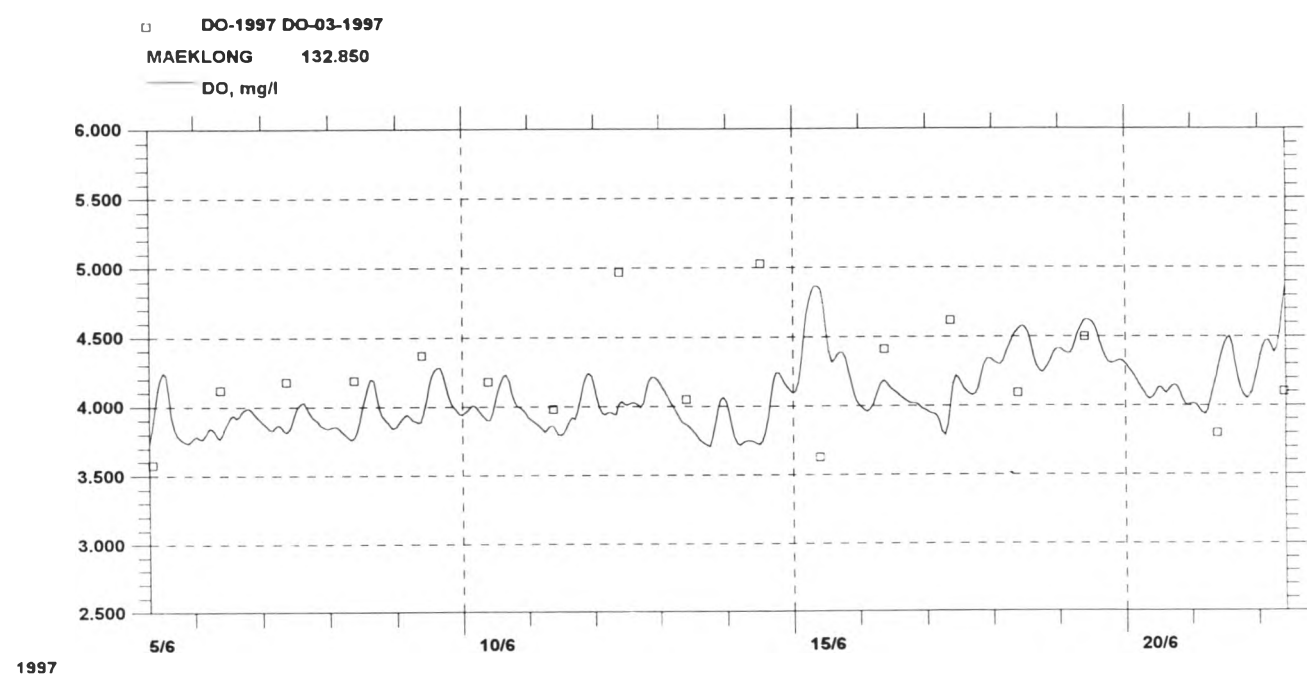
รูปที่ 5.51 กราฟเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลาย ที่สถานี MK3 เมื่อแปรสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ



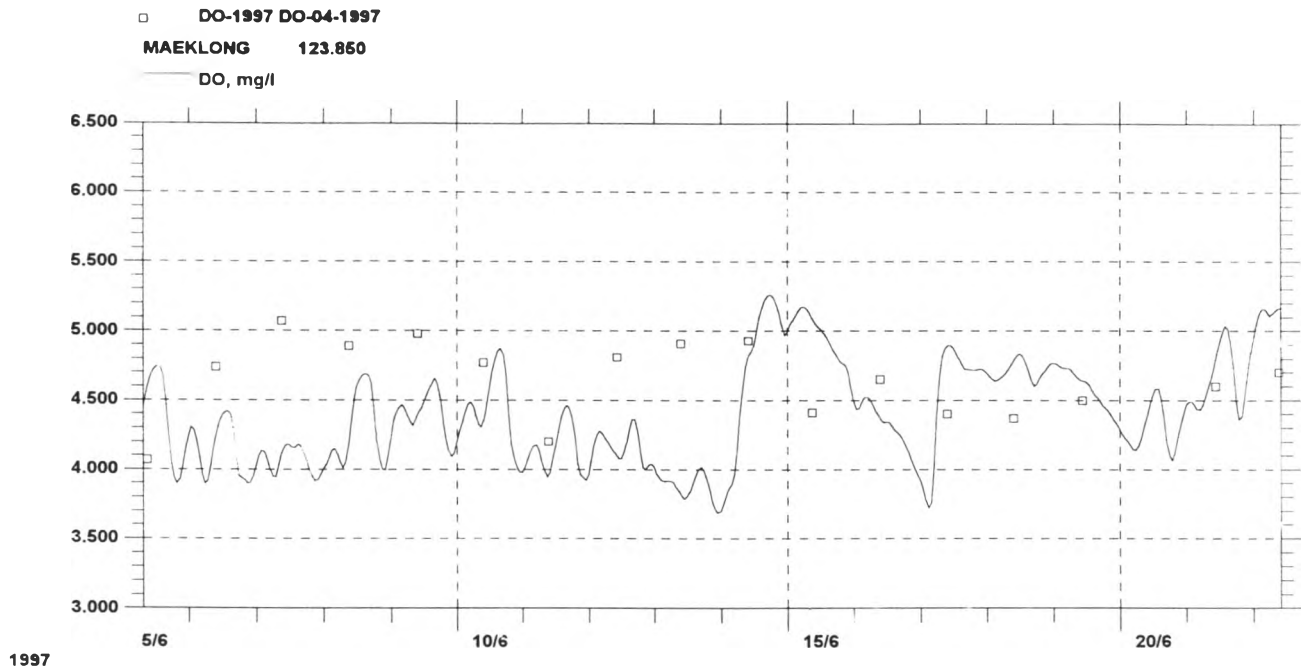
รูปที่ 5.52 กราฟเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลาย ที่สถานี MK5 เมื่อแปรสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ



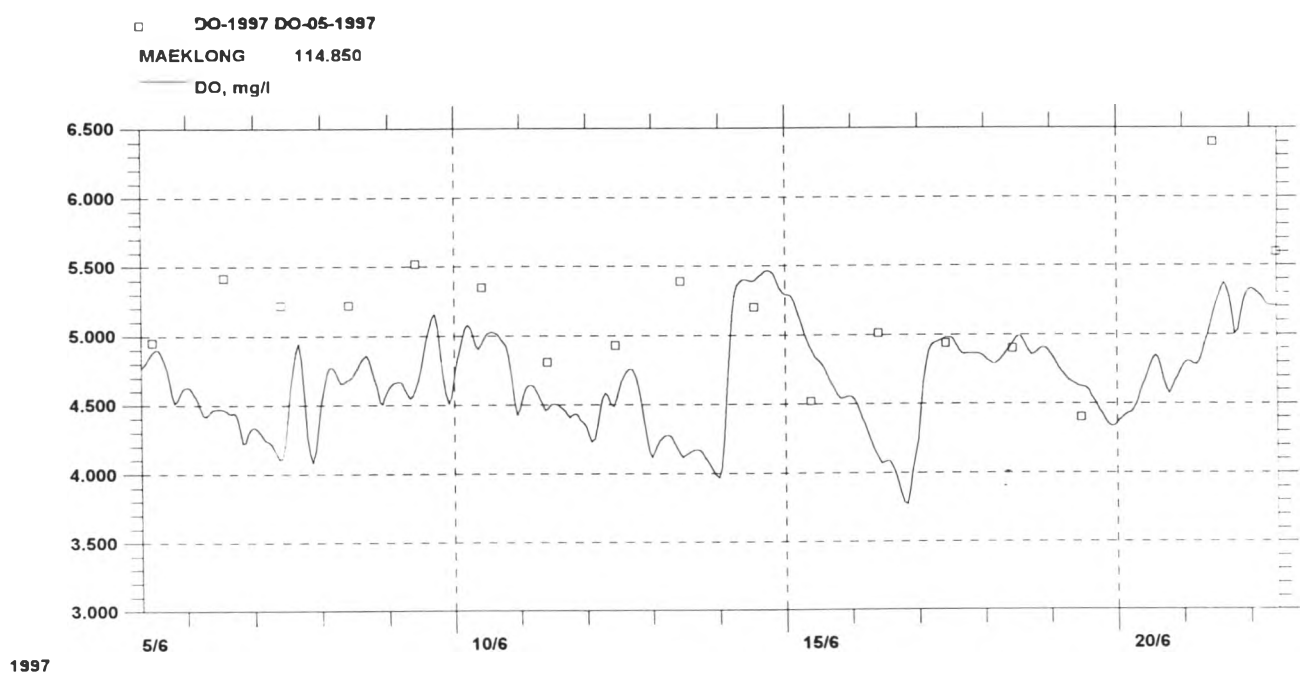
รูปที่ 5.53 แสดงผลเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายของสถานีปรับเทียบที่ MK 2 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



รูปที่5.54 แสดงผลเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายของสถานีปรับเทียบที่ MK 3 ในช่วงวันที่ 5-22 มิถุนายน พ.ศ.2540 (กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



รูปที่ 5.55 **แสดงผลเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายของสถานีปรับเทียบที่ MK 4 ในช่วงวันที่** 5-22 **มิถุนายน พ.ศ.**2540 **(กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)**



รูปที่ 5.56 **แสดงผลเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายของสถานีปรับเทียบที่ MK 5 ในช่วงวันที่** 5-22 **มิถุนายน พ.ศ.**2540 **(กรณีการปรับเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำ)**

2) การพิจารณาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของค่าสัมประสิทธิ์

(1) สัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์

สัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ได้จากการปรับเทียบมีค่าเท่ากับ 0.20 วัน$^{-1}$ ค่าที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากงานศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ดังตารางที่ 2.11 จะเห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าแตกต่างกันตามพื้นที่ศึกษา จากงานศึกษาของ Bowie และคณะ (1985) สัมประสิทธิ์การย่อยสลายโดยทั่วไปควรมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.4 วัน$^{-1}$ Camp (1963) กำหนดว่า ค่าสัมประสิทธิ์ควรอยู่ในช่วง 0.01-0.3 วัน$^{-1}$ และ Thomann และ Mueller (1987) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย ขึ้นอยู่กับระดับความลึก โดยที่ความลึกน้อยกว่า 5 ฟุต ควรมีค่าสัมประสิทธิ์อยู่ในช่วง 0.5-3.0 วัน$^{-1}$ และที่ความลึกมากกว่า 5 ฟุต ควรมีค่าสัมประสิทธิ์อยู่ในช่วง 0.1-0.5 วัน$^{-1}$ จากช่วงสัมประสิทธิ์การย่อยสลายข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการปรับเทียบ พบว่า อยู่ในช่วงค่าสัมประสิทธิ์ที่อ้างอิง ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จึงอยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์จากงานวิจัยต่างๆ

นอกจากนี้ยังมีงานศึกษาของกฤษฎา มหาสันทนะ (2538) ที่ศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 0.22 วัน$^{-1}$ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์จากงานศึกษานี้ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง จึงอยู่ในช่วงยอมรับได้

(2) ผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง

ผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 1.0 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน โดยทำการพิจารณาความเป็นไปได้ของค่าที่ได้จากการปรับเทียบกับวิธีการประมาณค่าต่างๆ พบว่า

(ก) พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

การประมาณผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงจากสมการ โดยพิจารณาเลือกใช้สมการที่ 2.67 ในการคำนวณผล เป็นดังนี้

$$P \approx 2\Delta C \qquad \text{สำหรับ } K_a < 2$$

จากสมการข้างต้น สามารถประมาณผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (P) ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.7 แสดงผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงจากการทดลองและการคำนวณ

สถานี	ความแตกต่างของค่าออกซิเจนละลาย (ΔC)		ผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (P) จากการคำนวณ	
	14/6/40	**21/6/40**	**14/6/40**	**21/6/40**
MK 1	0.65	0.40	1.30	0.80
MK 2	0.64	0.55	1.28	1.10
MK 3	0.68	0.70	1.36	1.40
MK 4	0.36	-	0.72	-
ค่าเฉลี่ย	**0.57**		**1.14**	

ผลการคำนวณข้างต้น ได้ค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงจากสมการ มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.14 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการปรับเทียบ

(ข) พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา

จากงานวิจัยที่ผ่านมาโดยรวบรวมค่าค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของแม่น้ำสายต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.12 จะเห็นว่า ค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงมีความแตกต่างกันมากสำหรับแหล่งน้ำแต่ละแห่ง และจากงานวิจัยของ Thomann และ Mueller (1987) พบว่า ค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงควรมีค่าอยู่ในช่วง 0.3-3 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน เมื่อการสังเคราะห์แสงปานกลาง และอาจมีค่าสูงถึง 10 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน เมื่อการสังเคราะห์แสงสูง ค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ได้จากการปรับเทียบอยู่ในช่วงที่ยอบรับได้ของงานวิจัยต่างๆ แต่ค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ได้การปรับเทียบมีค่าอยู่ในระดับต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับงานศึกษาข้างต้น

นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบค่าค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงจากแบบจำลองกับงานศึกษาภายในประเทศ โดยงานศึกษาของ Pescod (1969) ทำการศึกษาเพื่อหาค่าค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง บริเวณสะพานพุทธฯ พบว่า ค่าค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการ

สังเคราะห์แสงมีค่าอยู่ในช่วง 0.2-0.78 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน เมื่อเปรียบค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ได้จากการปรับเทียบและตัวเลขจากงานวิจัยข้างต้น พบว่า ค่าทั้งสองมีความใกล้เคียงและสอดคล้องกันอย่างดี ดังนั้น ค่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เลือกใช้จึงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

(3) อัตราการหายใจของพืชและสัตว์น้ำที่ 20 ^oC

อัตราการหายใจของพืชและสัตว์น้ำที่ 20^{o}C ที่ได้จากการปรับเทียบมีค่าเท่ากับ 2.5 กรัมออกซิเจน/เมตร^2/วัน ในการตรวจสอบค่าอัตราการหายใจที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองเป็นการยากที่จะใช้สมการเพื่อประมาณค่า เนื่องจากข้อสมมติของการคำนวณที่พิจารณาเฉพาะการหายใจของแพลงค์ตอนเท่านั้น หากแต่ในความเป็นจริงแม่น้ำแม่กลองตอนล่างเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญ เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชัง โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งซึ่งมีปริมาณสัตว์น้ำในระดับสูงและอยู่บริเวณริมแม่น้ำ ทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนในปริมาณที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นการคำนวณอัตราการหายใจเฉพาะแพลงค์ตอนเท่านั้นไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแทนของอัตราการหายใจทั้งหมด ในงานศึกษานี้พิจารณาตรวจสอบอัตราการหายใจจากงานวิจัยที่ผ่านมา ดังตารางที่ 2.12

จากตารางแสดงให้เห็นว่า อัตราการหายใจมีค่าผันแปรค่อนข้างสูง สำหรับค่าที่ได้จากงานศึกษานี้มีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และเปรียบเทียบอัตราการหายใจจากงานศึกษาของกฤษฎา มหาสันทนะ (2538) ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง MIKE 11 มีค่าเท่ากับ 2.7 กรัมออกซิเจน/เมตร^2/วัน จะเห็นว่าอัตราการหายใจจากงานศึกษาที่ผ่านมากับอัตราการหายใจที่ได้จากการปรับเทียบมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน

(4) สัมประสิทธิ์การเติมอากาศ

สัมประสิทธิ์การเติมอากาศ พิจารณาเลือกใช้สมการ O'Connor & Dubbins สำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง เนื่องจากเป็นสมการที่ใช้สำหรับลำน้ำทั่วไปและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยสมการมีข้อกำหนด ดังนี้

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบข้อกำหนดของสมการ O'Connor & Dubbins และสภาพของพื้นที่ศึกษา

ข้อกำหนดสำหรับสมการ O'Connor & Dubbins	*สภาพของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง*
1.ใช้กับความลึก(H)ปานกลางจนถึงลำน้ำที่มีความลึกสูง $0.3 \leq H \leq 10$ เมตร	1. ความลึกโดยเฉลี่ยในช่วง 7-9 เมตร
2. ความเร็วการไหล มีค่าในช่วง $0.5 \leq u \leq 1.6$ ฟุต /วินาที หรือ $0.15 \leq u \leq 0.49$ ม. /วินาที	2. ความเร็วการไหลอยู่ในช่วง 0.26-0.42 ม. /วินาที

จากข้อกำหนดข้างต้น พบว่า แม่น้ำแม่กลองตอนล่างมีความเหมาะสมที่จะใช้สมการ O'Connor & Dubbins

ค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ เป็นดังนี้

$$K_a = 3.9\ v^{0.5} h^{-1.5}$$
$$= 3.9\ (1)^{0.5} (8.45)^{-1.5} \quad \text{กรณีการไหล สูงสุด}$$
$$= 0.157 \ /\text{day}$$

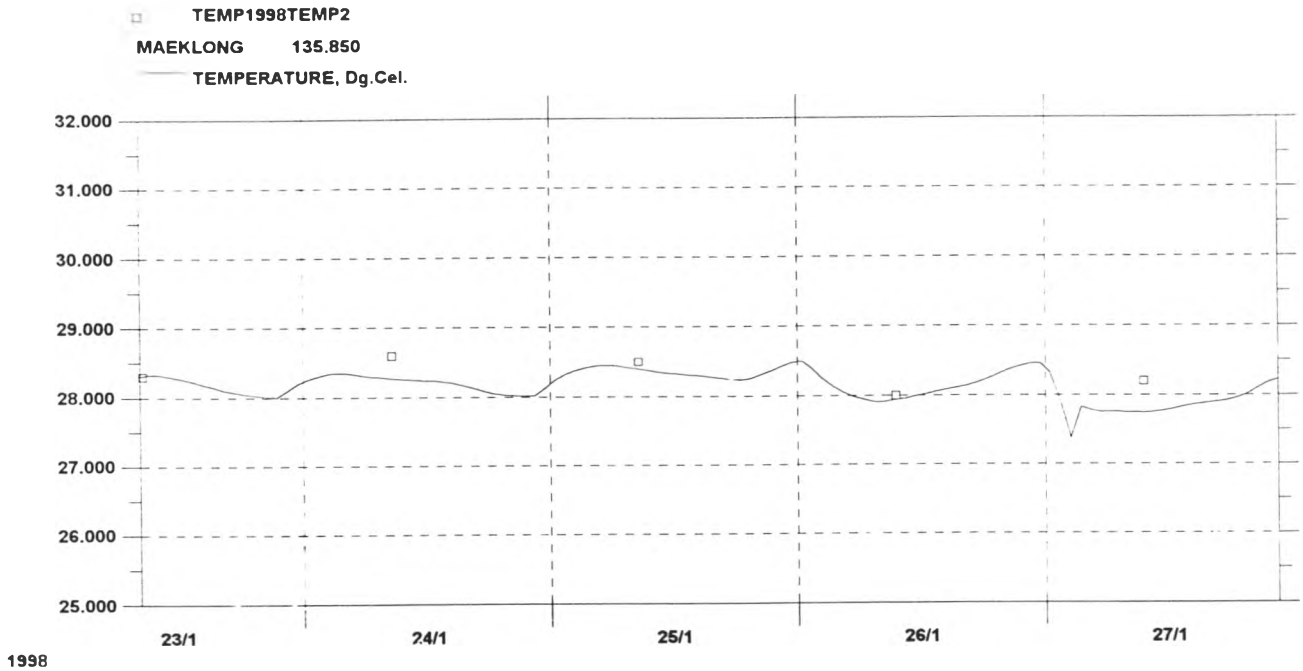
เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์จาก Thomann และ Mueller (1987) ที่กำหนดว่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศควรมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-12.2 วัน$^{-1}$ และสัมประสิทธิ์การเติมอากาศของแม่น้ำแม่กลองตอนล่างจากการคำนวณโดยสมการ O'Connor & Dubbins มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.157 วัน$^{-1}$ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

จากงานศึกษาที่ผ่านมา พบว่า สมการ O'Connor & Dubbins เป็นสมการที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ดังเช่น ในงานศึกษาของกฤษฎา มหาสันทนะ (2538) เลือกใช้สมการ O'Connor & Dubbins ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศสำหรับแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง และในงานศึกษาของพรยศ เทียนทอง (2539) ใช้สมการ O'Connor & Dubbins สำหรับแม่น้ำป่าสักตอนล่างเช่นกัน

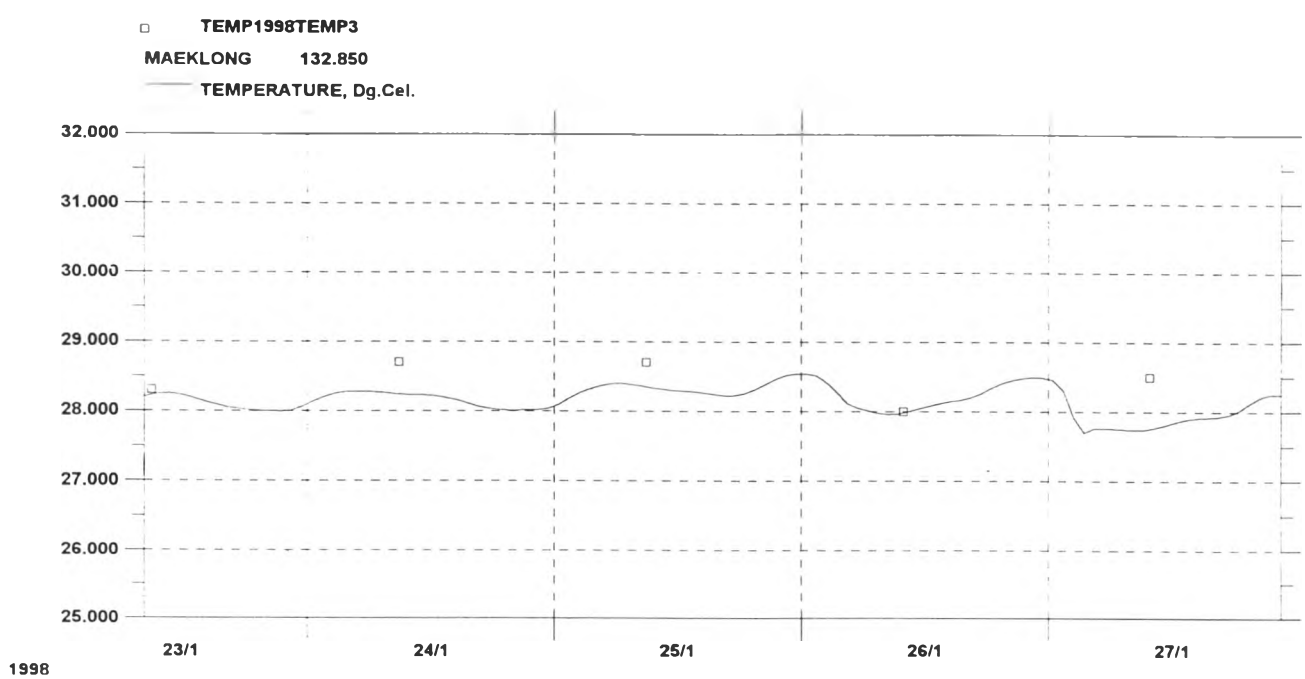
จากค่าสัมประสิทธิ์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่า แม่น้ำแม่กลองตอนล่างมีความสามารถในการทำความสะอาดตัวเองในระดับปานกลาง ดังจะเห็นได้จากค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการขจัดสารอินทรีย์ในลำน้ำที่มีค่าปานกลาง ผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงมีค่าค่อนข้างต่ำ ประกอบกับอัตราการหายใจที่มีค่ามากโดยมีค่ามากกว่าผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ความสามารถในการทำความสะอาดตัวเองของแม่น้ำแม่กลองขึ้นอยู่กับความสามารถในการเติมอากาศซึ่งมีค่าปานกลางและแปรผันตามความเร็วการไหล

5.2.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ

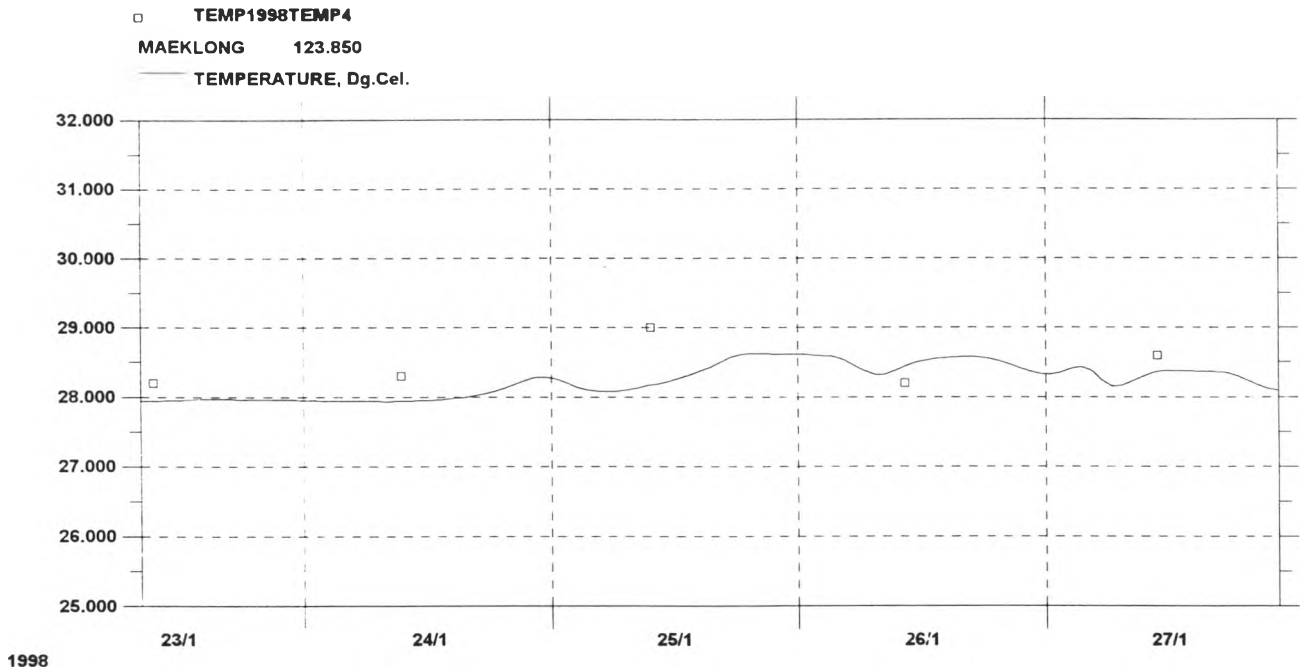
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำโดยพิจารณาพารามิเตอร์ ได้แก่ ออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิ อาศัยข้อมูลจากการสำรวจระหว่างวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 ทำการตรวจสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำตามสถานีตรวจสอบ ได้แก่ สถานี MK2 ถึง สถานี MK5 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์ ผลผลิตของออกซิเจนโดยการสังเคราะห์แสงสูงสุด อัตราการหายใจและสัมประสิทธิ์การเติมอากาศที่ได้จากขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง ภายหลังการคำนวณได้ผล ดังรูปที่ 5.57 ถึง 5.68



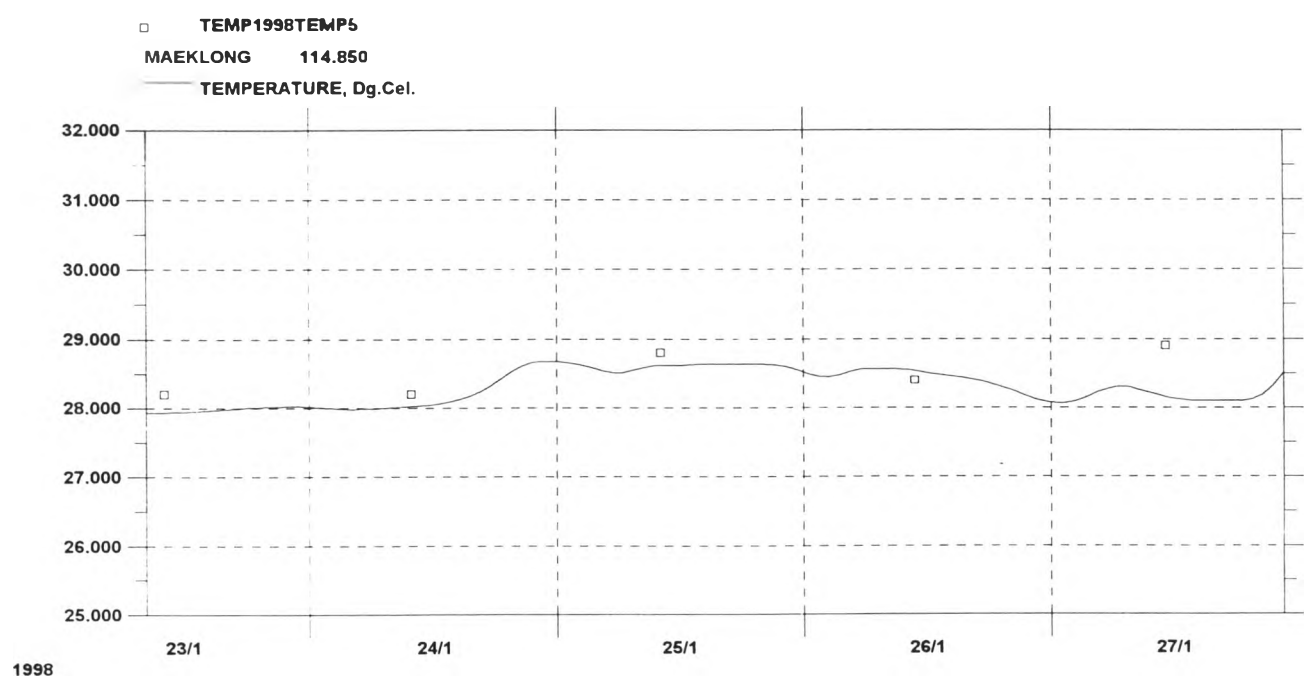
รูปที่ 5.57 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของสถานีปรับเทียบที่ MK 2 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



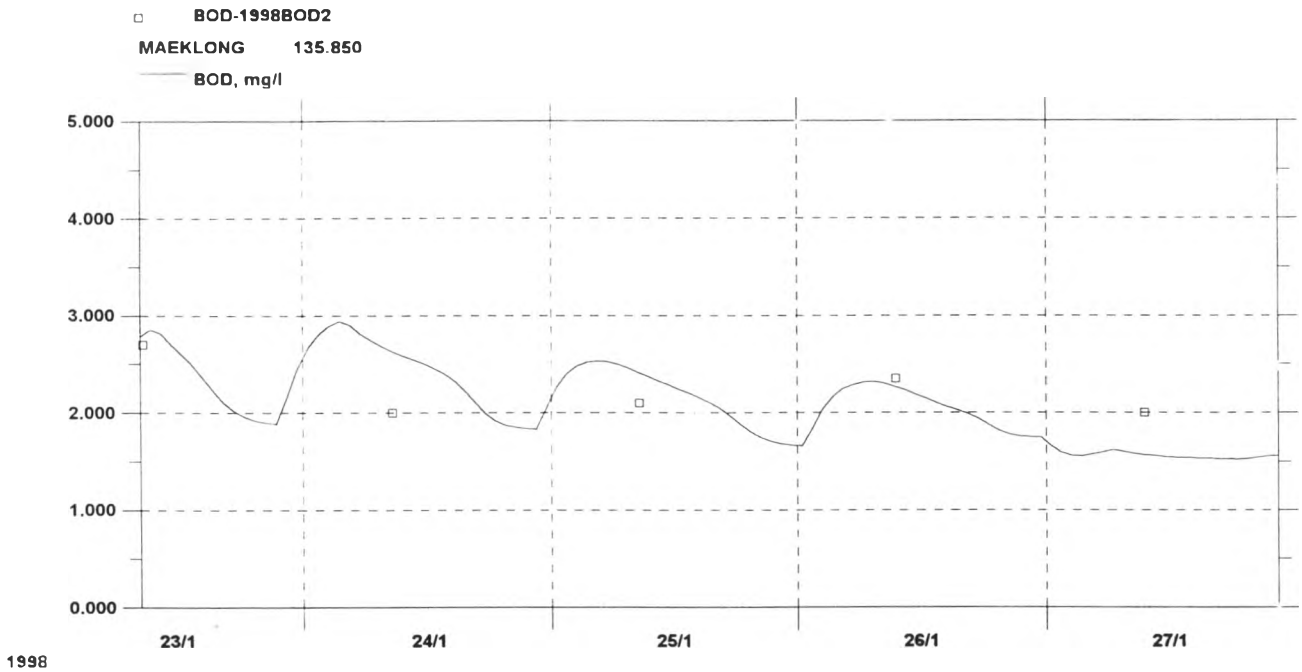
รูปที่ 5.58 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของสถานีปรับเทียบที่ MK 3 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



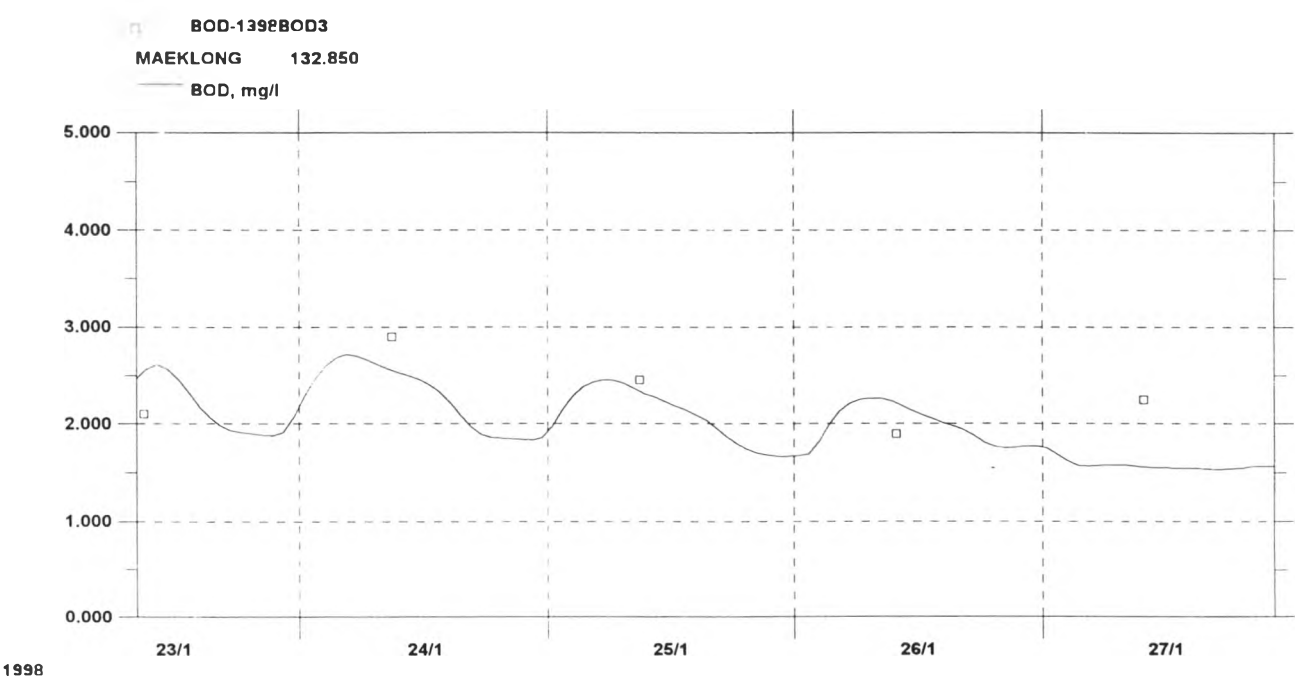
รูปที่ 5.59 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของสถานีปรับเทียบที่ MK 4 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



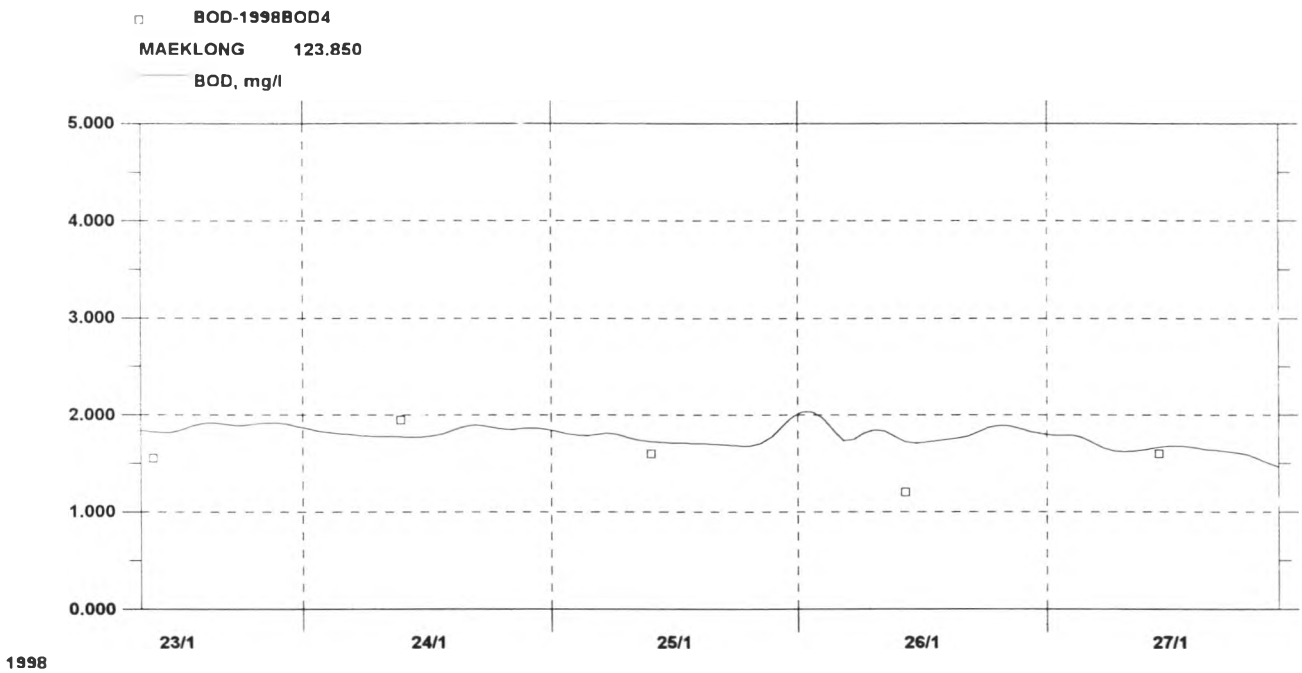
รูปที่ 5.60 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของสถานีปรับเทียบที่ MK 5 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



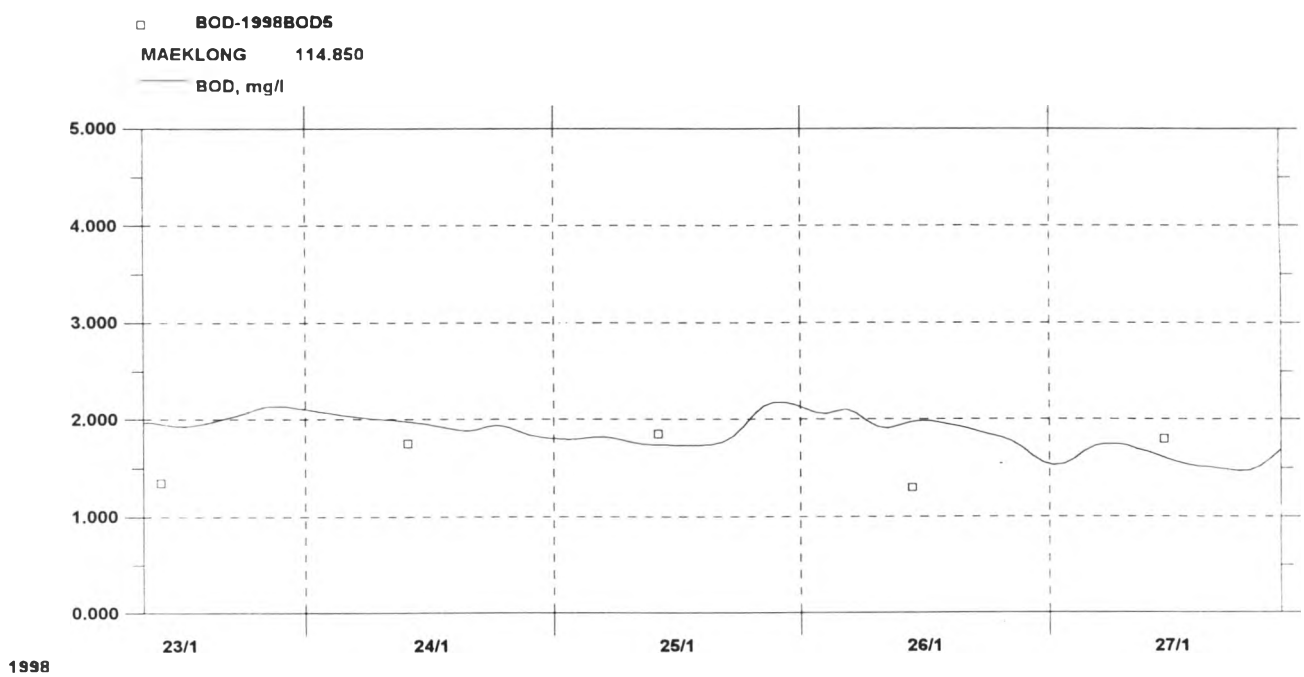
รูปที่ 5.61 แสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีของสถานีปรับเทียบที่ MK 2 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



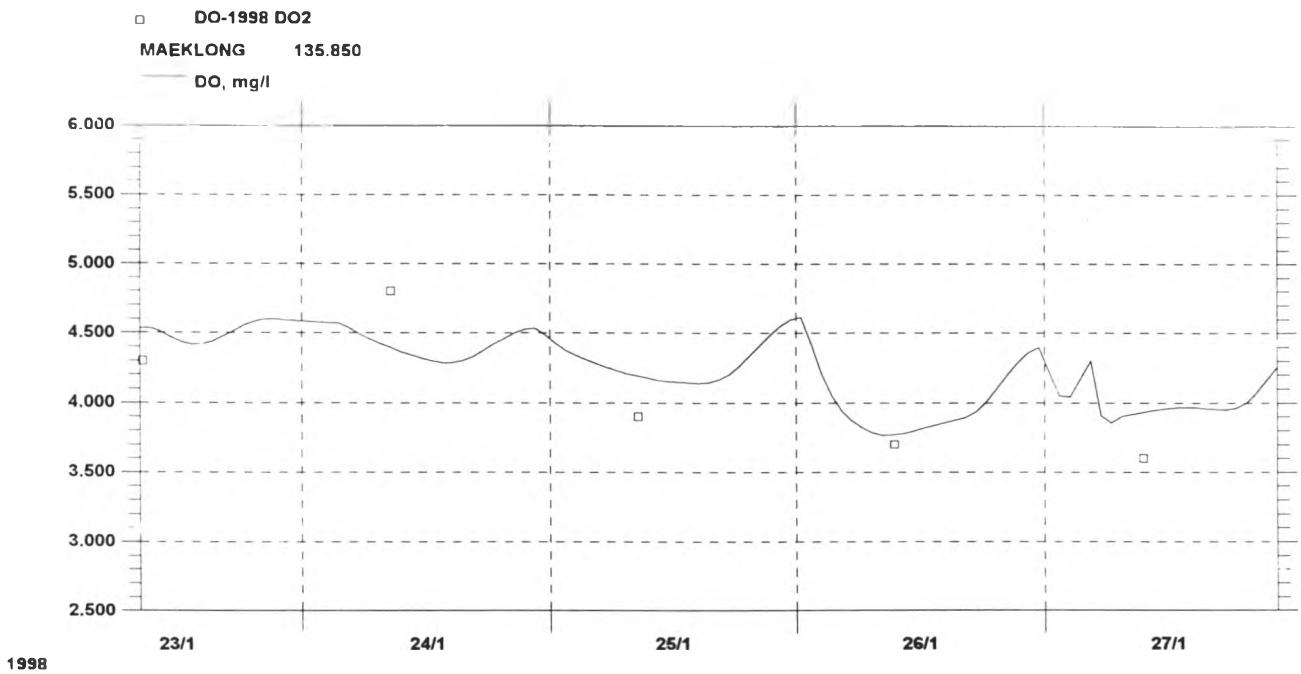
รูปที่ 5.62 แสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีของสถานีปรับเทียบที่ MK 3 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



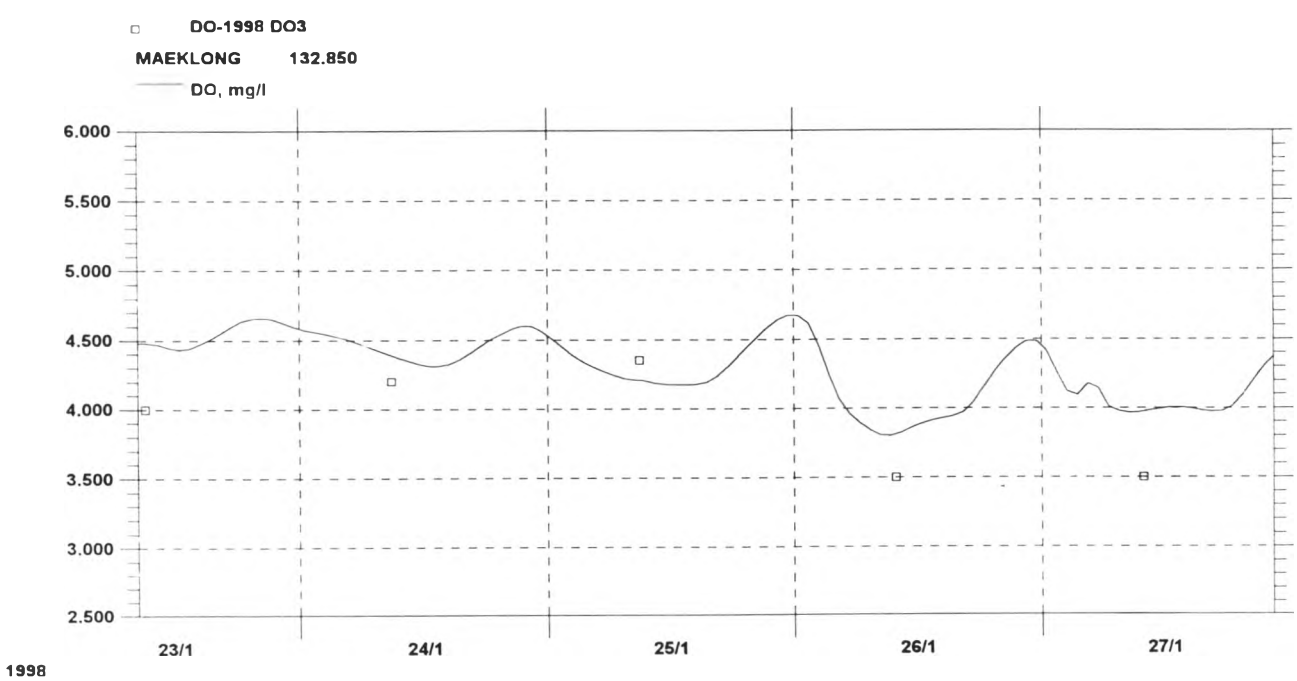
รูปที่ 5.63 แสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีของสถานีปรับเทียบที่ MK 4 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



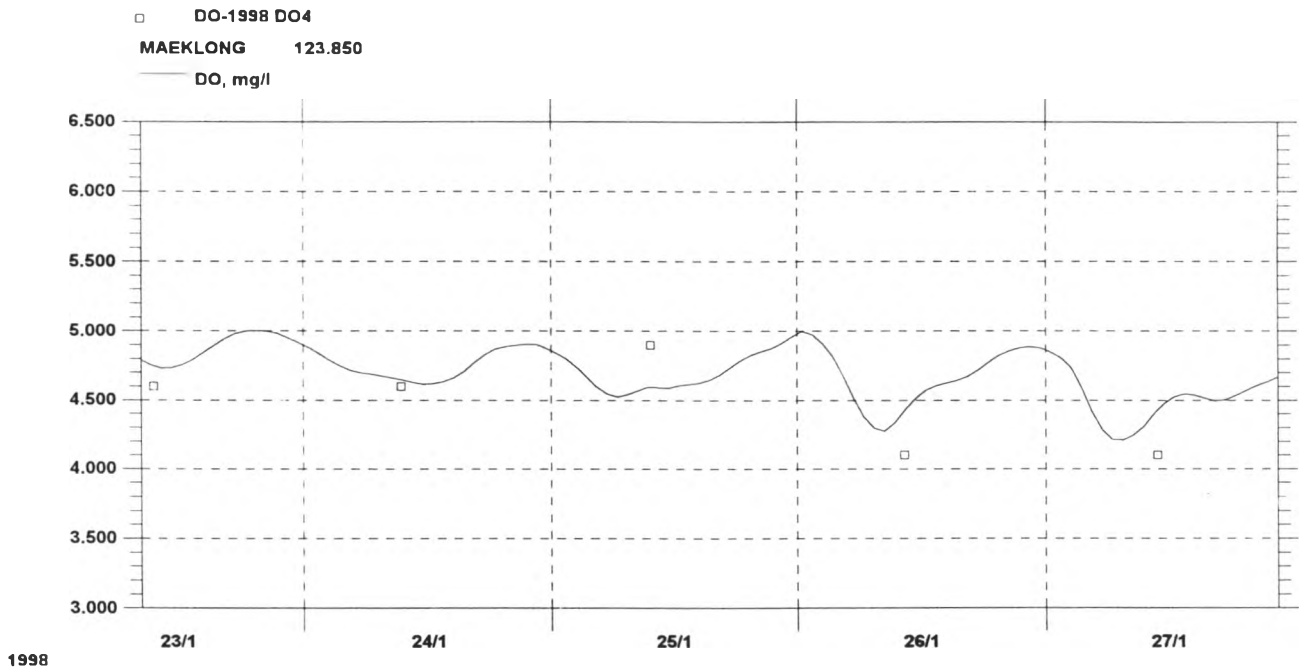
รูปที่ 5.64 แสดงผลเปรียบเทียบค่าบีโอดีของสถานีปรับเทียบที่ MK 5 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



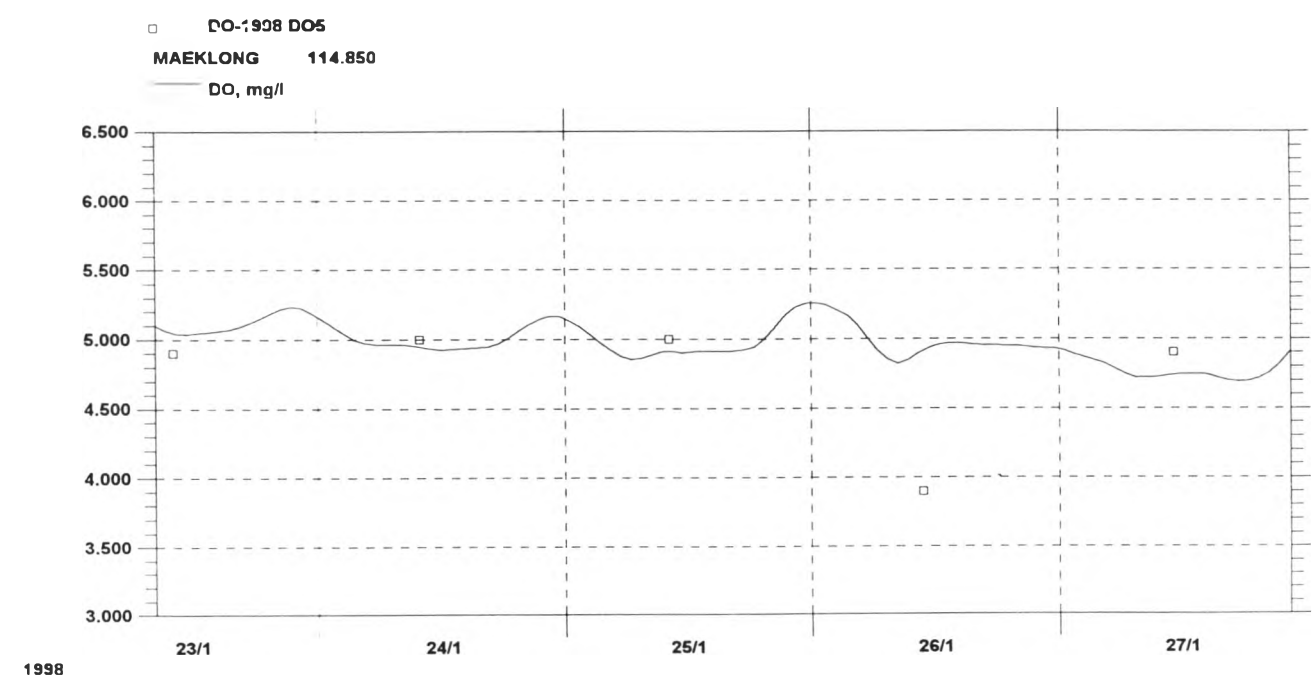
รูปที่ 5.65 แสดงผลเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายของสถานีปรับเทียบที่ MK 2 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



รูปที่ 5.66 แสดงผลเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายของสถานีปรับเทียบที่ MK 3 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



รูปที่ 5.67 แสดงผลเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายของสถานีปรับเทียบที่ MK 4 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)



รูปที่ 5.68 แสดงผลเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายของสถานีปรับเทียบที่ MK 5 ในช่วงวันที่ 23-27 มกราคม พ.ศ.2541 (กรณีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ)

จากรูปแสดงให้เห็นว่า ค่าออกซิเจนละลาย บีโอดี และอุณหภูมิ ที่สถานี MK2 ถึง สถานี MK5 จากการคำนวณโดยแบบจำลอง มีค่าใกล้เคียงกับผลจากการสำรวจจริง เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ออกซิเจนละลายตามสถานีปรับเทียบมีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (RMSE) อยู่ในช่วง 0.16-0.54 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าบีโอดี มีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ อยู่ในช่วง 0.32-0.38 มิลลิกรัม/ลิตร และอุณหภูมิ มีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ อยู่ในช่วง 0.19-0.39 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 5.9 และผลจากการคำนวณโดยแบบจำลองมีค่าไม่แตกต่างจากค่าจากการสำรวจจริงที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

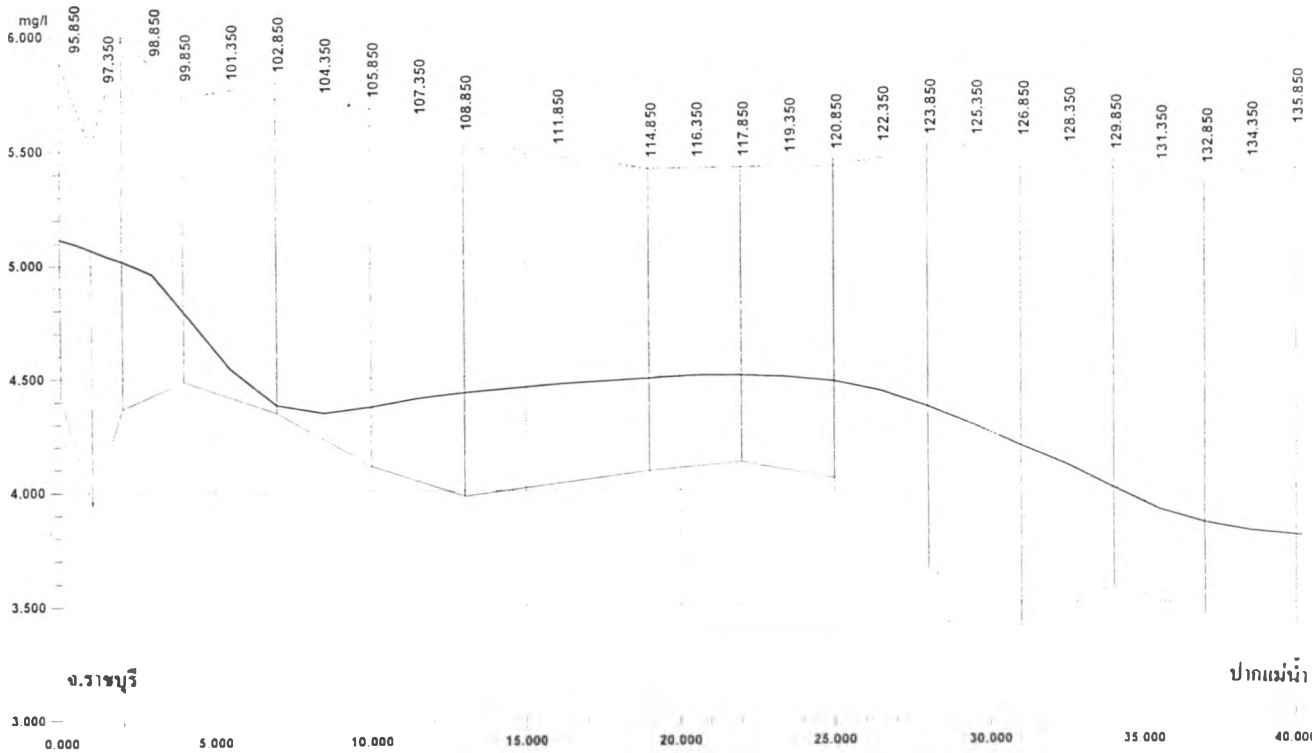
ตารางที่ 5.9 แสดงความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (RMSE) ของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำตามสถานีปรับเทียบจากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

พารามิเตอร์	ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์			
	สถานี MK 2	สถานี MK 3	สถานี MK 4	สถานี MK 5
ออกซิเจนละลาย	0.376	0.159	0.261	0.544
บีโอดี	0.225	0.378	0.295	0.223
อุณหภูมิ	0.188	0.317	0.312	0.253

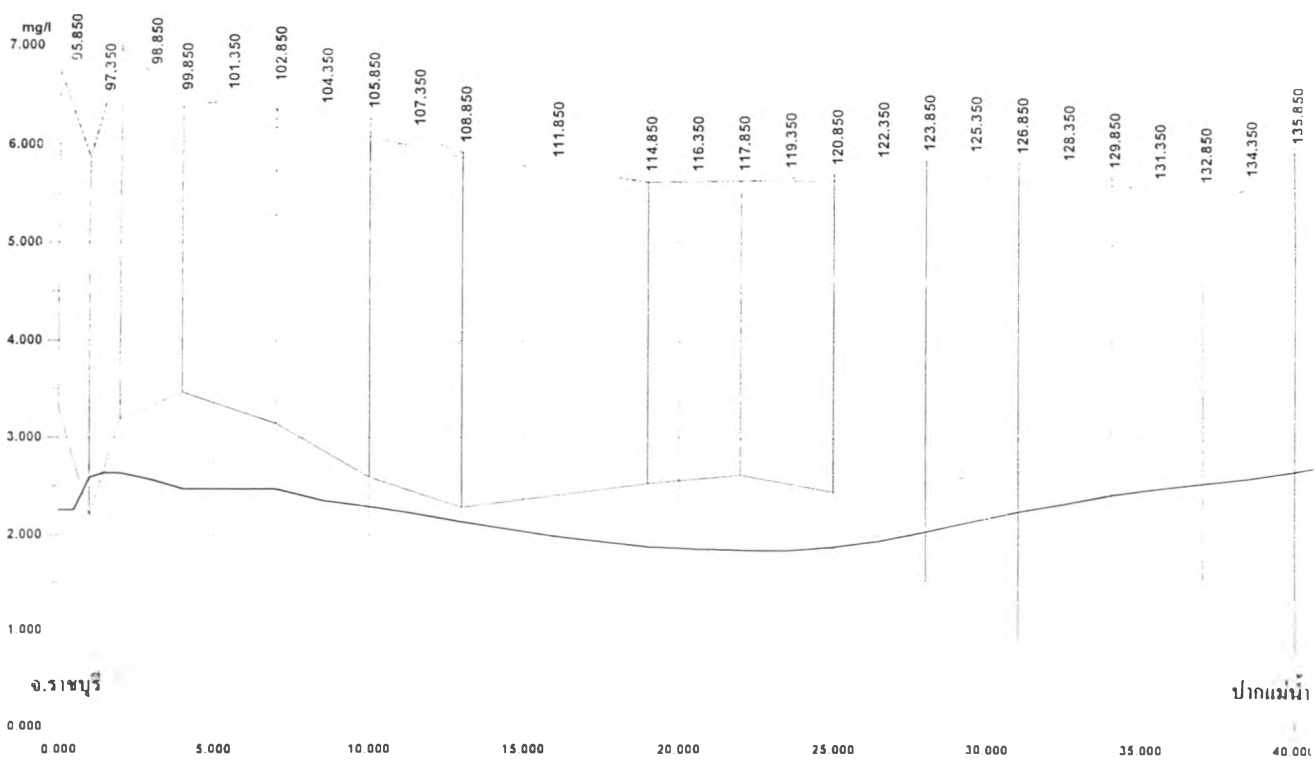
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองคุณภาพน้ำของ MIKE 11 สามารถจำลองคุณภาพน้ำของแม่น้ำแม่กลองตอนล่างได้อย่างดี ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนต่ำ ดังนั้น สัมประสิทธิ์การย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 0.20 วัน$^{-1}$ ผลผลิตของออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงมีค่าเท่ากับ 1.0 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน อัตราการหายใจที่ 20°C มีค่าเท่ากับ 2.5 กรัม ออกซิเจน/เมตร^2/วัน และสัมประสิทธิ์การเติมอากาศอาศัยการคำนวณจากสมการของ O'Connor & Dubbins โดยค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้เป็นสัมประสิทธิ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง

5.2.3.3 การวิจารณ์ผลการศึกษาแบบจำลองคุณภาพน้ำ

ผลจากการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคุณภาพน้ำ พบว่า คุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนล่างมีแนวโน้มที่คุณภาพลดต่ำลงตามระยะทาง ดังรูปที่ 5.69 และ 5.70



รูปที่ 5.69 แสดงค่าออกซิเจนละลายจากแบบจำลองตามระยะทาง



รูปที่ 5.70 แสดงค่าบีโอดีจากแบบจำลองตามระยะทาง

การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายและบีโอดีในรูป พบว่า ในบริเวณช่วงกิโลเมตรที่ 97.85 (บริเวณเทศบาลเมืองราชบุรี) และบริเวณช่วงกิโลเมตรที่ 126.85 จนถึงขอบเขตล่างของพื้นที่ คือ บริเวณกิโลเมตรที่ 136.85 อยู่ในเขตอำเภออัมพวาและอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงครามเป็นบริเวณที่คุณภาพน้ำต่ำที่สุด เนื่องด้วยในบริเวณดังกล่าวเป็นที่ตั้งของชุมชนเมืองที่สำคัญของพื้นที่ศึกษา มีการปล่อยทิ้งน้ำเสียในปริมาณสูง ส่งผลให้คุณภาพน้ำลดต่ำลง

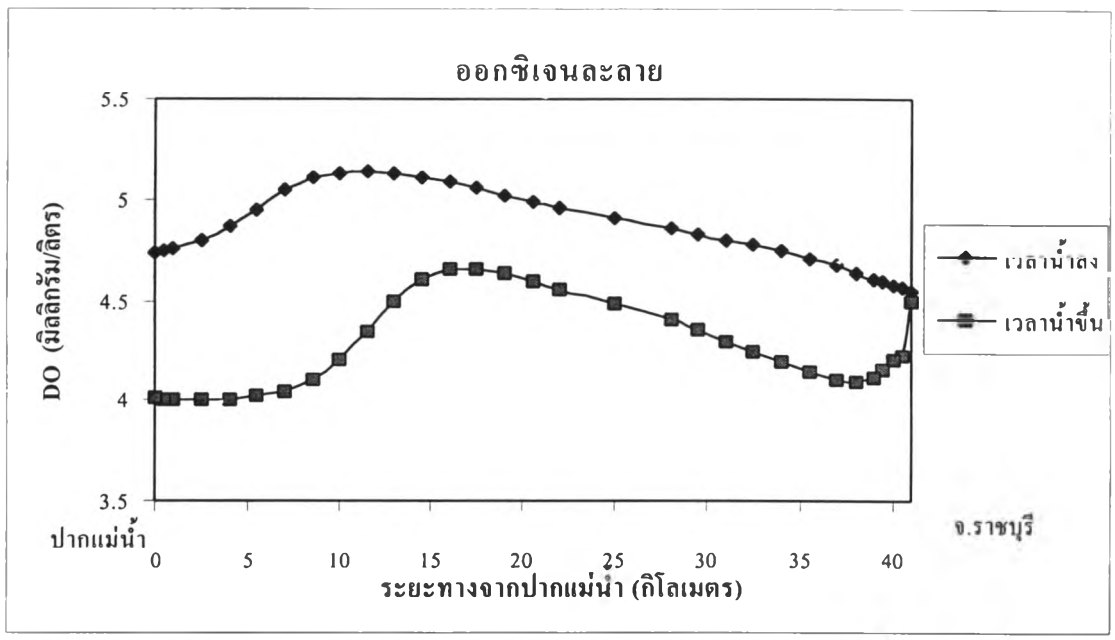
ผลการจำลองคุณภาพน้ำ พบว่า ในวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ.2540 ผลจากการคาดการณ์ค่าจากแบบจำลอง พบว่า บีโอดีมีค่าประมาณ 5 มิลลิกรัม/ลิตร และในวันที่ 25 มกราคม พ.ศ.2541 บีโอดีมีค่าประมาณ 3.3 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงให้เห็นถึงความวิกฤตของคุณภาพน้ำโดยจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำระดับที่ 5 แต่เป็นความวิกฤตเพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น

สาเหตุความวิกฤตข้างต้น เนื่องมาจากค่าบีโอดีที่วัดได้ในขอบเขตบน (สถานี MK6) มีค่าบีโอดีค่อนข้างสูง คือ 2.63 มิลลิกรัม/ลิตร และ 2.1 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เป็นผลมาจากคุณภาพน้ำที่ต่ำสืบเนื่องจากตอนบนของแม่น้ำ

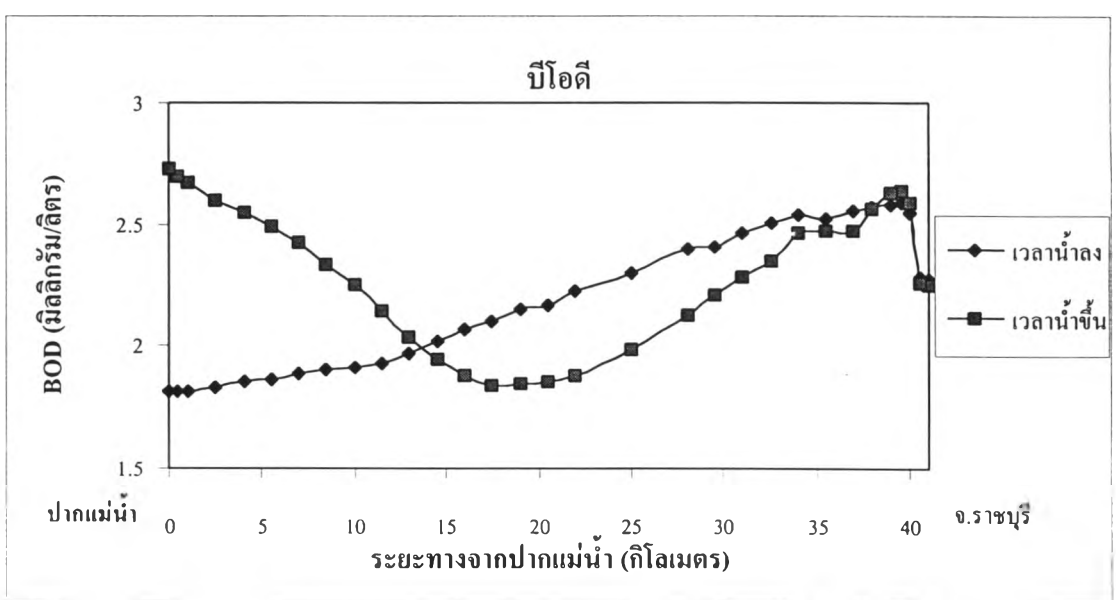
เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบจากการขึ้นลงของน้ำ พบว่า กระแสน้ำขึ้นน้ำลงส่งผลต่อคุณภาพน้ำอย่างมาก โดยเฉพาะบริเวณตอนล่างที่ได้รับอิทธิพลรุนแรง กล่าวคือ ในช่วงน้ำขึ้น คุณภาพน้ำลดต่ำลง (ค่าออกซิเจนละลายลดลงและค่าบีโอดีเพิ่มขึ้น) เพราะเมื่อระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น จะเกิดการเอ่อของน้ำ ทำให้น้ำทิ้งที่ปล่อยออกไม่สามารถเคลื่อนที่ออกสู่ทะเล แต่จะถูกกระแสน้ำผลักดันให้ไหลกลับเข้าไปในแม่น้ำส่วนบนและช่วงน้ำขึ้นมีระดับความเค็มสูงทำให้ลดความสามารถในการละลายของออกซิเจน ส่งผลต่อคุณภาพน้ำให้ลดต่ำลง ส่วนในช่วงน้ำลง กระแสน้ำจะไหลออกสู่ทะเลและเร่งให้น้ำเสียไหลออกเร็วยิ่งขึ้น เป็นการช่วยลดระดับมลพิษ (flashing) ทำให้คุณภาพน้ำดีกว่าช่วงน้ำขึ้น (ค่าออกซิเจนละลายสูงและค่าบีโอดีต่ำ) ดังรูปที่ 5.71 และ 5.72

เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำตามระยะทางดังกล่าวข้างต้น พบว่า เขตวิกฤตคุณภาพน้ำอยู่ในบริเวณส่วนบนและล่างของพื้นที่ศึกษา คือ บริเวณเทศบาลเมืองราชบุรีและบริเวณเทศบาลเมืองสมุทรสงคราม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ก่อน้ำเสียหลัก เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะปล่อยลงสู่แม่น้ำแม่กลองโดยตรงโดยมิได้ผ่านการบำบัดใดๆ จึงส่งผลอย่างยิ่งต่อปริมาณบีโอดีในแหล่งน้ำที่เกินมาตรฐานและออกซิเจนละลายที่ลดต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้น สาเหตุอีกอันหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำ คือ น้ำเสียในพื้นที่

แนวทางในการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของแม่น้ำแม่กลองตอนล่าง คือ การลดระดับมลพิษที่ปล่อยสู่แม่น้ำ โดยการบำบัดคุณภาพน้ำก่อนปล่อยทิ้ง โดยสามารถจัดลำดับความสำคัญสำหรับพื้นที่เทศบาลทั้งสองแห่งเป็นอันดับแรก เนื่องจากมีสัดส่วนของน้ำเสียทั้งหมด ร้อยละ 29.56 และ 12.44 ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมด และความสกปรก คิดเป็นร้อยละ 24.81 และ 13.69



รูปที่ 5.71 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลาย ในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง



รูปที่ 5.72 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดี ในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง

ของความสกปรกทั้งหมด ตามลำดับ รวมทั้งสองพื้นที่ เป็นสัดส่วนกว่าร้อยละ 40 ของน้ำเสียทั้งหมดและพื้นที่ทั้งสองมีศักยภาพเป็นเทศบาล มีความเป็นไปได้สูงในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

จากการประเมินน้ำเสียของพื้นที่ศึกษา พบว่า น้ำเสียหลักในพื้นที่เทศบาลเป็นน้ำเสียจากชุมชน โดยมีปริมาณและความสกปรกประมาณร้อยละ 99 ของน้ำเสียทั้งหมด ดังนั้น ในการบำบัดจึงพิจารณาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นหลัก จากการรวบรวมข้อมูลศึกษา พบว่า พื้นที่เทศบาลเมืองราชบุรีและสมุทรสงคราม มีแผนการดำเนินการที่จะก่อสร้างโรงบำบัดน้ำเสียอยู่แล้ว โดยได้ดำเนินการศึกษาความเหมาะสมเสร็จสิ้นแล้ว ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติที่เหมาะสม