

## บทที่ 6

### ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

#### 6.1 ผลการศึกษา

##### 6.1.1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ได้จากการสำรวจ

ในการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนบนเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการปรับเทียบ (Calibration) และตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) ของแบบจำลอง โดยทำการศึกษาคูณภาพน้ำ 2 ช่วงเวลา ในช่วงแรกได้ทำการศึกษาเพื่อนำผลที่ได้มาปรับเทียบแบบจำลอง ซึ่งในช่วงนี้ต้องการข้อมูลอย่างน้อย 15 ค่าติดต่อกัน (กฤษฎา มหาสันหนะ, 2529) ทำการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างในช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และช่วงหลังทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำผลที่ได้มาตรวจสอบแบบจำลอง ในช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ. 2541

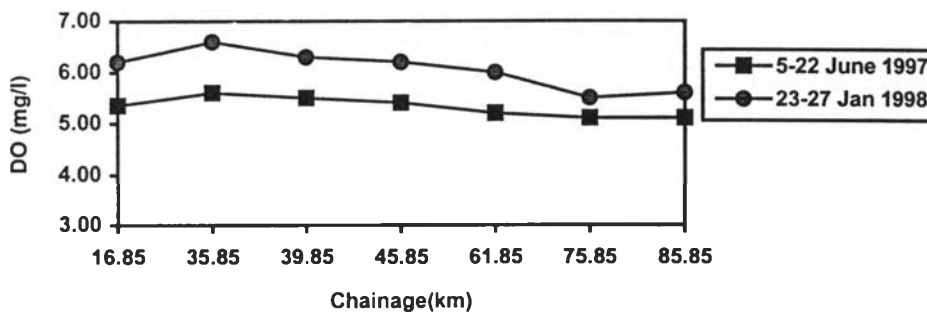
ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนบนโดยพารามิเตอร์ที่ศึกษาได้แก่ ออกซิเจนละลาย บีโอดี พีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียและอุณหภูมิ ได้ผลดังนี้

##### 1.) ออกซิเจนละลาย (Dissolve Oxygen ; DO)

(1.) ผลการตรวจวัดออกซิเจนละลายของแม่น้ำแม่กลองตอนบน ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ. 2540 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.1 - 5.6 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานที่ที่มีค่าออกซิเจนละลายสูงสุด คือ สถานี MK12 (กิโลเมตรที่ 33.85 ) และสถานที่ที่มีค่าออกซิเจนละลายต่ำสุด คือ สถานี MK8 (กิโลเมตรที่ 75.85) และ MK7 (กิโลเมตรที่ 85.85) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของออกซิเจนละลายแต่ละสถานที่ ที่ทำการตรวจวัด ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ข-39

(2.) ผลการตรวจวัดออกซิเจนละลายของแม่น้ำแม่กลองตอนบน ช่วงวันที่ 23 -27 มกราคม พ.ศ.2541 พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.5 - 6.6 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานที่ที่มีค่าออกซิเจนละลายสูงสุด คือ สถานี MK12 (กิโลเมตรที่ 33.85 ) และสถานีที่มีค่าออกซิเจนละลายต่ำสุด คือ สถานี MK8 (กิโลเมตรที่ 75.85) เมื่อเปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายแต่ละสถานที่ที่ทำการตรวจวัด ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ข-40

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของออกซิเจนที่ทำการตรวจวัดทั้งสองช่วงเวลา แสดงผลดังรูป 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

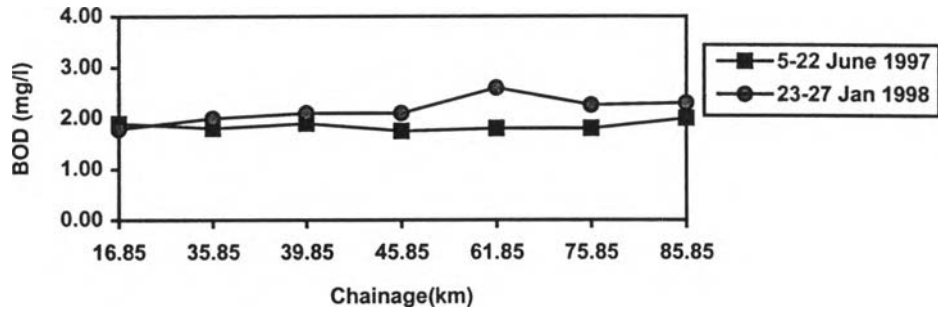
เมื่อนำผลที่ได้จากการตรวจวัด 2 ช่วงมาเฉลี่ยเพื่อหาปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยใน 2 ช่วงเวลา พบว่า มีค่าระหว่าง 5.3 - 6.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานีเก็บตัวอย่างที่มีปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยสูงสุด คือ สถานี MK12 (กิโลเมตรที่ 33.85) ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ย 6.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และสถานีที่มีปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยต่ำสุด คือ สถานี MK 8 (กิโลเมตรที่ 75.85) ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ย 5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

## 2.) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD)

(1.) ผลการตรวจวัดบีโอดีของแม่น้ำแม่กลองตอนบน ในช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.75 - 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานีที่มีค่าบีโอดีสูงสุด คือ สถานี MK7 (กิโลเมตรที่ 85.85) และ สถานีที่มีค่าบีโอดีต่ำสุด คือ สถานี MK10 (กิโลเมตรที่ 45.85) เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีแต่ละสถานีที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ข-41

(2.) ผลการตรวจวัดบีโอดีของแม่น้ำแม่กลองตอนบน ในช่วงวันที่ 23 -27 มกราคม พ.ศ.2541 พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.79 - 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานีที่มีค่าบีโอดีสูงสุด คือ สถานี MK9 (กิโลเมตรที่ 61.85) และ สถานีที่มีค่าบีโอดีต่ำสุด คือ สถานี MK13 (กิโลเมตรที่ 16.85) เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีแต่ละสถานีที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ข-42

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของบีโอดีที่ทำการตรวจวัดทั้งสองช่วงเวลา แสดงผลดังรูป 6.2



รูปที่ 6.2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยบีโอดี ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน

พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

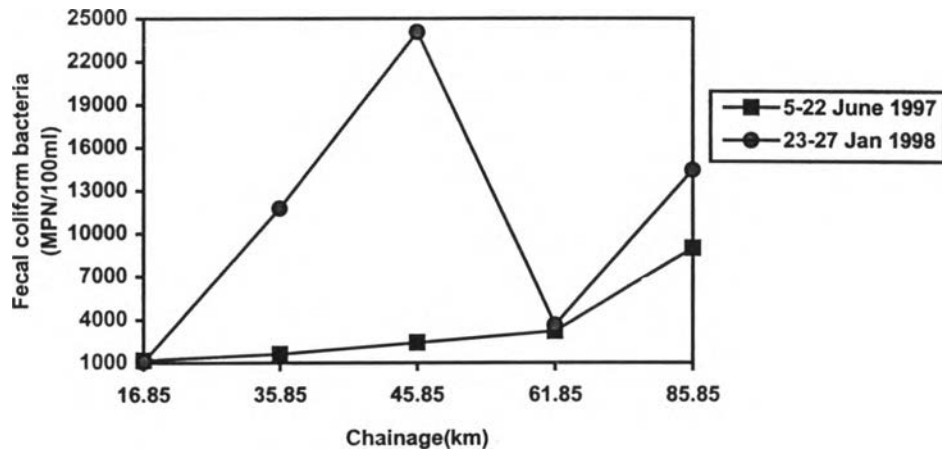
เมื่อนำผลที่ได้จากการตรวจวัด 2 ช่วงมาเฉลี่ย เพื่อหาค่าบีโอดีเฉลี่ยใน 2 ช่วงเวลา พบว่ามีค่าระหว่าง 1.85 - 2.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานีเก็บตัวอย่างที่มีค่าบีโอดีเฉลี่ยสูงสุด คือ สถานี MK9 (กิโลเมตรที่ 61.85) ซึ่งมีปริมาณบีโอดีเฉลี่ย 2.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และสถานีที่มีปริมาณบีโอดีเฉลี่ยต่ำสุด คือ สถานี MK13 (กิโลเมตรที่ 16.85) ซึ่งมีปริมาณบีโอดีเฉลี่ย 1.9 มิลลิกรัมต่อลิตร

### 3.) ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform bacteria)

(1.) ผลการตรวจวัดปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของแม่น้ำแม่กลองตอนบน ในช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ. 2540 พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,182 - 4,982 MPN/100ml โดยสถานีที่มีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุด คือ สถานี MK7 (กิโลเมตรที่ 85.85) และ สถานีที่มีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียต่ำสุด คือ สถานี MK13 (กิโลเมตรที่ 16.85) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียแต่ละสถานีที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ข-43

(2.) ผลการตรวจวัดปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของแม่น้ำแม่กลองตอนบน ในช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,100 - 24,080 MPN/100ml โดยสถานีที่มีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุด คือ สถานี MK10 (กิโลเมตรที่ 45.85) และสถานีที่มีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียต่ำสุด คือ สถานี MK13 (กิโลเมตรที่ 16.85) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียแต่ละสถานีที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ข-44

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทำการตรวจวัดทั้งสองช่วงเวลา แสดงผลดัง  
รูป 6.3



รูปที่ 6.3 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย  
ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

เมื่อนำค่าที่ได้จากการตรวจวัด 2 ช่วงมาเฉลี่ย เพื่อหาปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเฉลี่ยใน 2 ช่วงเวลา พบว่า มีค่าระหว่าง 1,141 - 13,237 MPN/100ml โดยสถานีเก็บตัวอย่างที่มีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเฉลี่ยสูงสุด คือ สถานี MK10 (กิโลเมตรที่ 45.85) ซึ่งปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเฉลี่ย 13,237 MPN/100ml และสถานีที่มีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเฉลี่ยต่ำสุด คือ สถานี MK13 (กิโลเมตรที่ 16.85) ซึ่งมีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเฉลี่ย 1,141 MPN/100ml

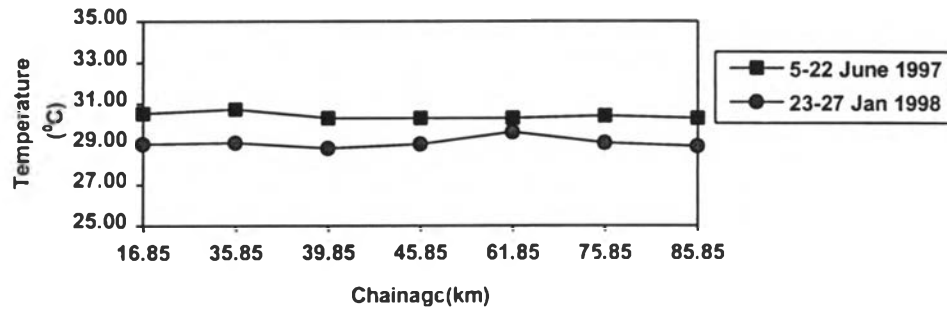
#### 4.) อุณหภูมิ (Temperature)

(1.) ผลการตรวจวัดอุณหภูมิของแม่น้ำแม่กลองตอนบน ในช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ 2540 พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30.3 - 30.7 องศาเซลเซียส โดยสถานีมีอุณหภูมิสูงสุด คือ สถานี MK12 (กิโลเมตรที่ 35.85) และ สถานีที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ สถานี MK7 (กิโลเมตรที่ 85.85) , MK9 (กิโลเมตรที่ 61.85) , MK10 (กิโลเมตรที่ 45.85) และ MK11 (กิโลเมตรที่ 39.85) เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิแต่ละสถานีที่ได้จากการตรวจวัด ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ข-45

(2.) ผลการตรวจวัดอุณหภูมิของแม่น้ำแม่กลองตอนบน ในช่วงวันที่ 23 -27 มกราคม พ.ศ.2541 พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.8 - 29.6 องศาเซลเซียส โดยสถานีมีอุณหภูมิสูงสุด คือ สถานี

MK9 (กิโลเมตรที่ 61.85) และสถานีที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ สถานี MK11 (กิโลเมตรที่ 39.85) เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิแต่ละสถานีได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ ข-46

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทั้งสองช่วงเวลา ใน 2 ช่วงเวลา แสดงผลดังรูป 6.4



รูปที่ 6.4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

เมื่อนำค่าที่ได้จากการตรวจวัด 2 ช่วงมาเฉลี่ยเพื่อหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยใน 2 ช่วงเวลา พบว่า มีค่าระหว่าง 29.55 - 29.95 องศาเซลเซียส โดยสถานีเก็บตัวอย่างที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด คือ สถานี MK9 (กิโลเมตรที่ 61.85) ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ย 29.95 องศาเซลเซียส และสถานีที่มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ สถานี MK11 (กิโลเมตรที่ 39.85) ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.55 องศาเซลเซียส

### 6.1.2 ผลการปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE 11 ในการคำนวณคุณภาพน้ำต้องผ่านการคำนวณรวม 3 แบบจำลอง ดังนี้

#### 1.) แบบจำลองทางชลศาสตร์ (Hydrodynamic Model ; HD Model)

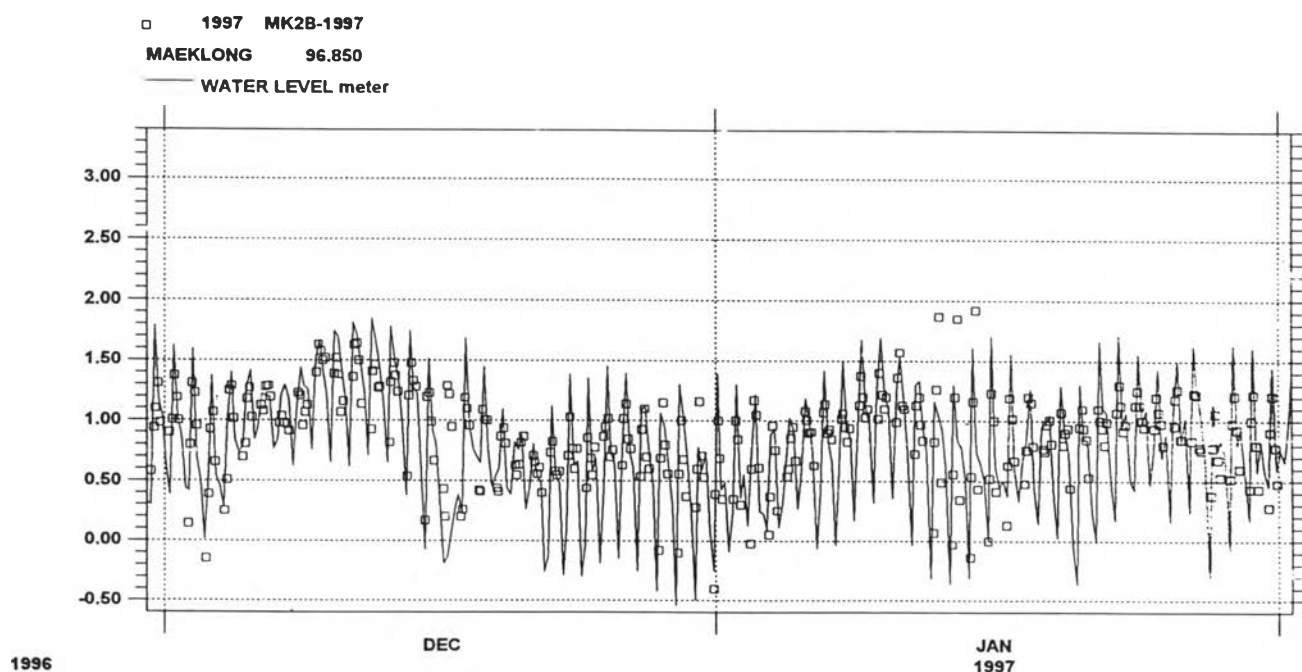
กรมชลประทานและกรมเจ้าท่าเป็นหน่วยงานที่ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำ และระดับน้ำของแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งปัจจุบันมีสถานีตรวจวัดทั้งสิ้น 3 สถานี โดยสถานีที่เป็นขอบเขตต้นน้ำ (upstream boundary) คือ สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำรายวัน K11A (กิโลเมตรที่ 16.85) ซึ่งทำการตรวจวัดโดยกรมชลประทานและขอบเขตท้ายของแม่น้ำ (downstream boundary) คือ สถานีตรวจวัดระดับน้ำรายชั่วโมง K5 (กิโลเมตรที่ 136.85) ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดของกรมเจ้าท่า ส่วนสถานีที่ใช้ในการปรับเทียบ (Calibration) คือ สถานี

ตรวจวัดระดับน้ำราย 3 ชั่วโมง K2B (กิโลเมตรที่ 95.85) ซึ่งทำการตรวจวัดโดยกรมชลประทาน ในการปรับเทียบได้พิจารณาถึงระดับน้ำในแม่น้ำแม่กลอง โดยทำการปรับเทียบสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning's n) ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2539 ถึง มกราคม พ.ศ.2540

สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning's n) เป็นค่าที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ โดยเมื่อแบบจำลองผ่านการปรับเทียบจะให้ผลของระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุด เพื่อแสดงถึงปริมาณการไหล และ ความเร็วการไหล ซึ่งมีผลต่อลักษณะการไหลและระดับน้ำของแม่น้ำอย่างแท้จริง

ผลการปรับเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ของแม่น้ำแม่กลองตอนบน พบว่า สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง ที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนบนมีค่าระหว่าง 0.03 - 0.05 โดยช่วงบนของลำน้ำ (กิโลเมตรที่ 16.85 - 68.85) ใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเท่ากับ 0.05 และช่วงล่างของลำน้ำ (กิโลเมตรที่ 68.85 - 85.85) ใช้สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเท่ากับ 0.03

ผลการปรับเทียบระดับน้ำที่สถานี K2B ระหว่างเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2539 - มกราคม พ.ศ.2540 ดังแสดงในรูปที่ 6.5



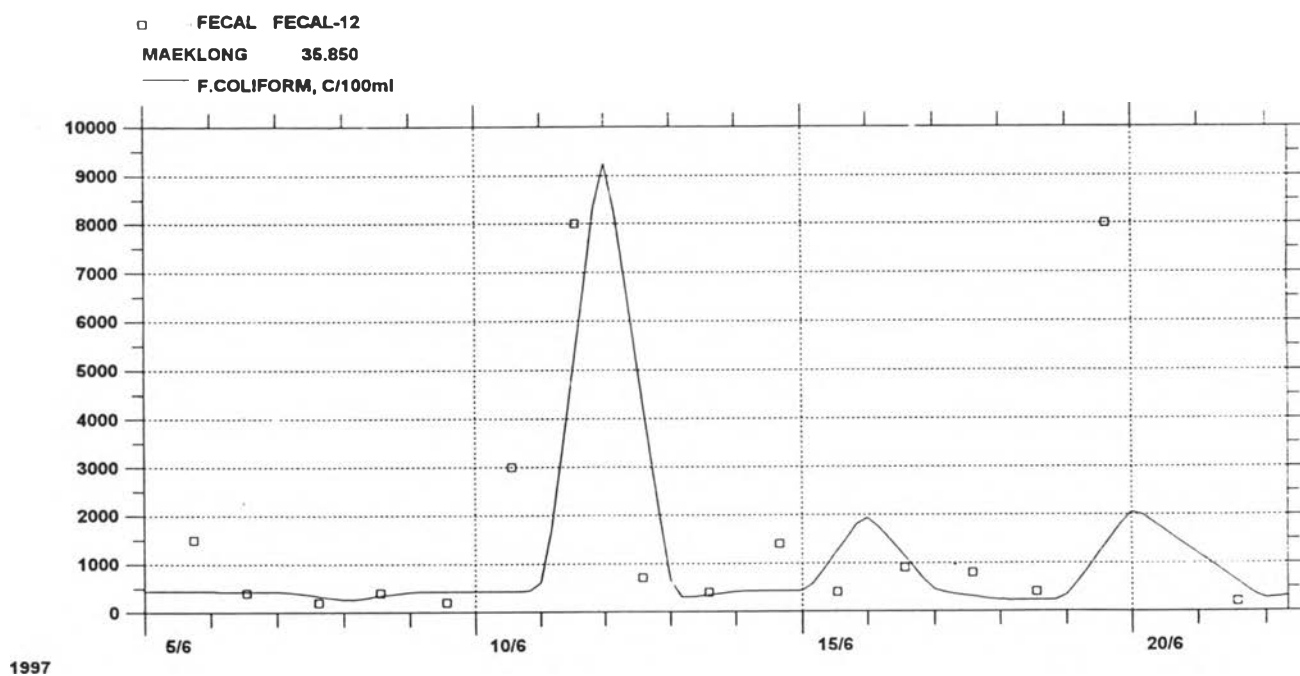
รูปที่ 6.5 แสดงผลการปรับเทียบระดับน้ำสถานี K2B ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2539 - มกราคม พ.ศ.2540

2.) แบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสาร (Transport Dispersion Model ; TD Model)

การศึกษาแบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสารได้ทำการศึกษาปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยมีสถานีตรวจวัดฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งสิ้น 5 สถานี ซึ่งขอบเขตต้นน้ำ คือ สถานี MK13 และขอบเขตท้ายน้ำ คือ สถานี MK7 ส่วนสถานีเปรียบเทียบ 3 สถานี คือ MK12 , MK10 และ MK9

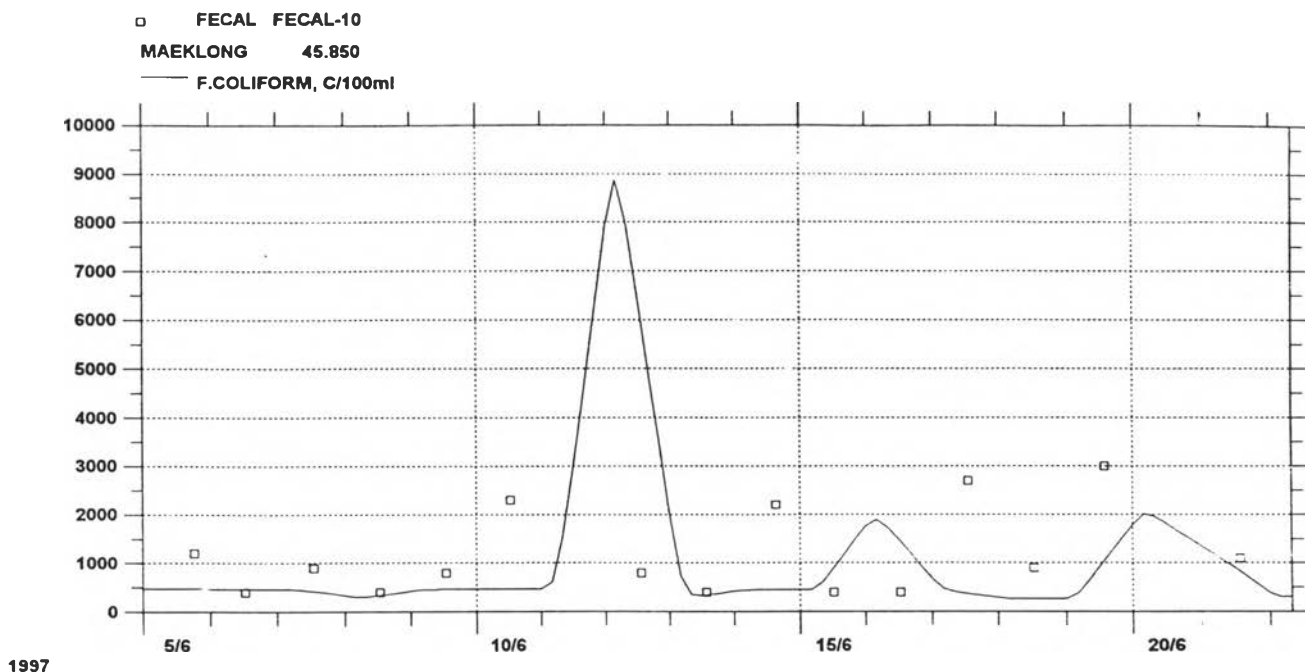
ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสาร ซึ่งทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Dispersion Coefficient) และ ค่าคงที่การย่อยสลายของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Decay Constant) พบว่า ค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ผลการคำนวณและผลจากการสำรวจมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดมีค่าเท่ากับ  $100 \text{ เมตร}^2/\text{วินาที}$  และ  $0.02 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$  ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่สถานี MK12 , MK10 และ MK9 ช่วงวันที่ 5 - 22 มกราคม พ.ศ.2540 ดังแสดงในรูปที่ 6.6 , 6.7 , 6.8 ตามลำดับ

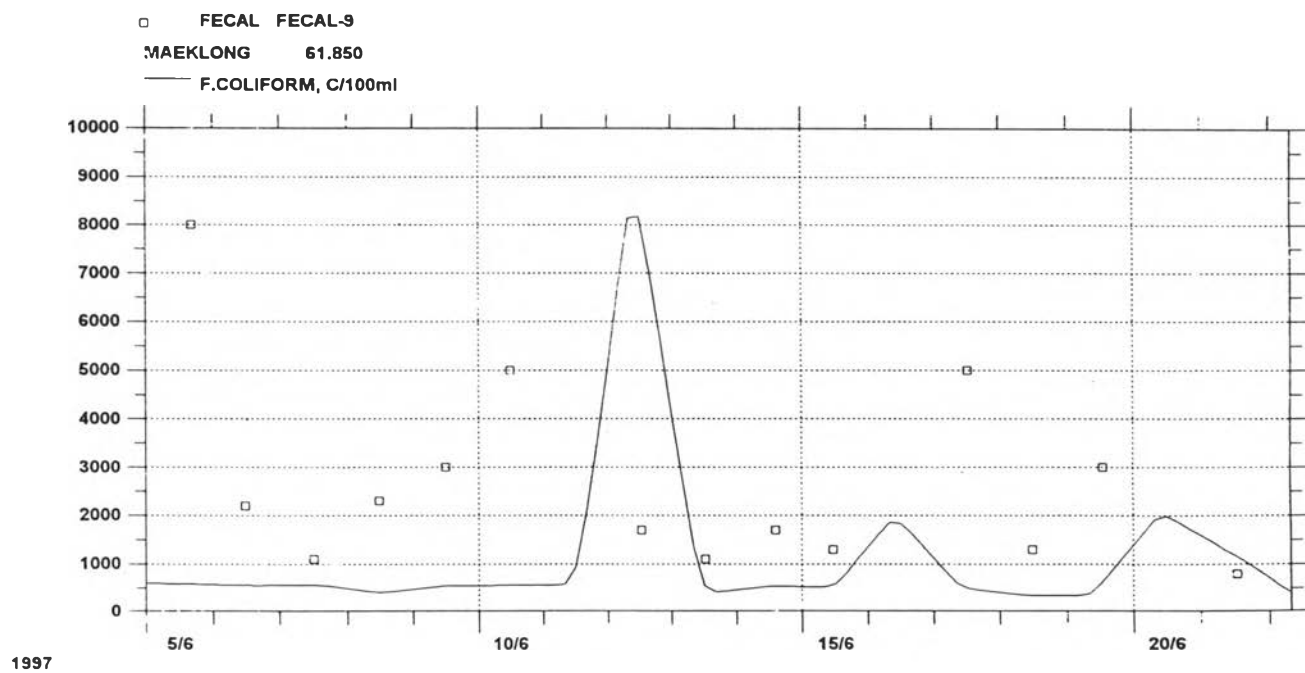


รูปที่ 6.6 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่สถานี MK12

ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540

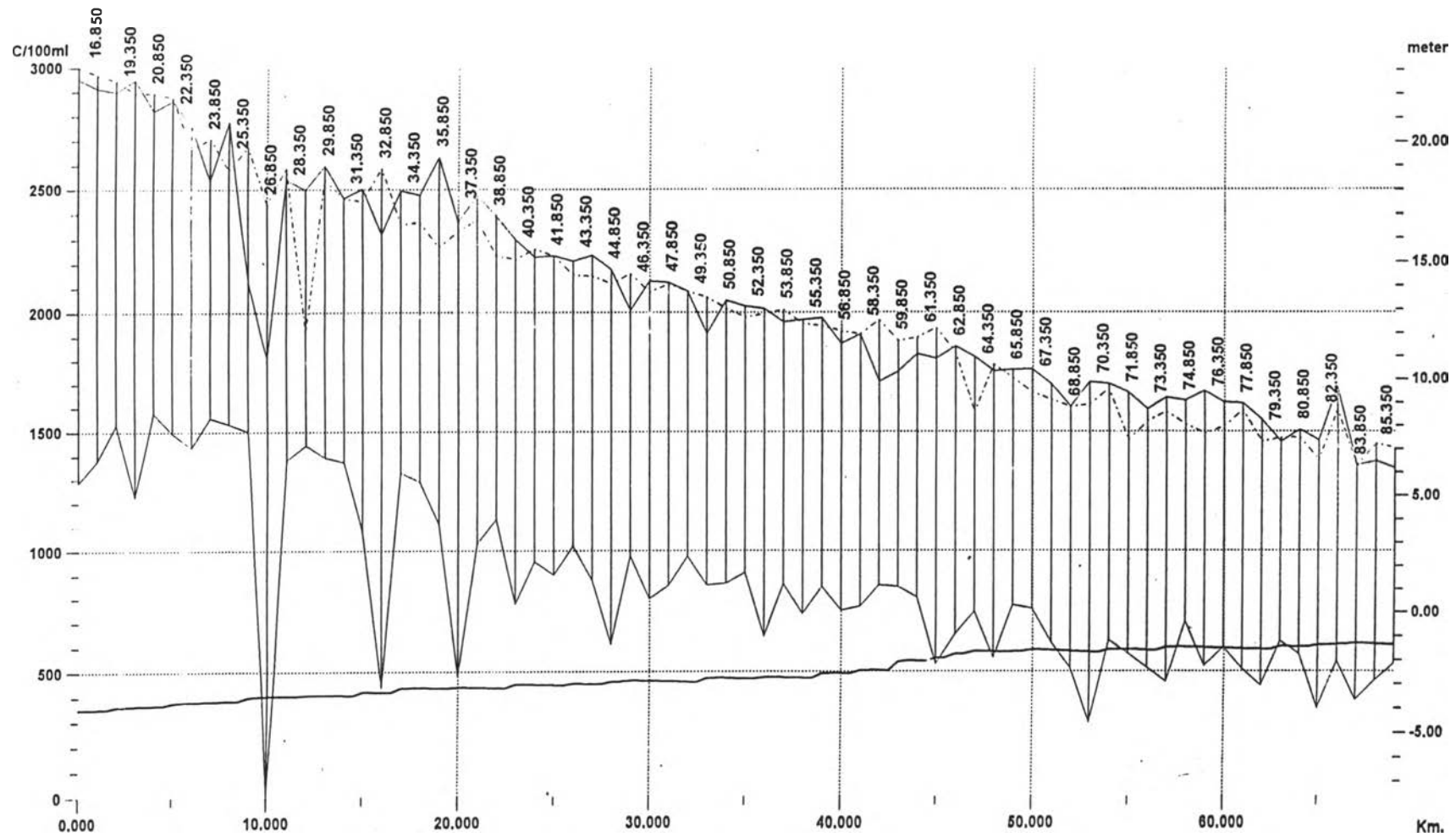


รูปที่ 6.7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่สถานี MK10  
ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 6.8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่สถานี MK9  
ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540





รูปที่ 6.9 ผลการคำนวณปริมาณพิกัลโคลิฟอร์มตามระยะทาง วันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2540

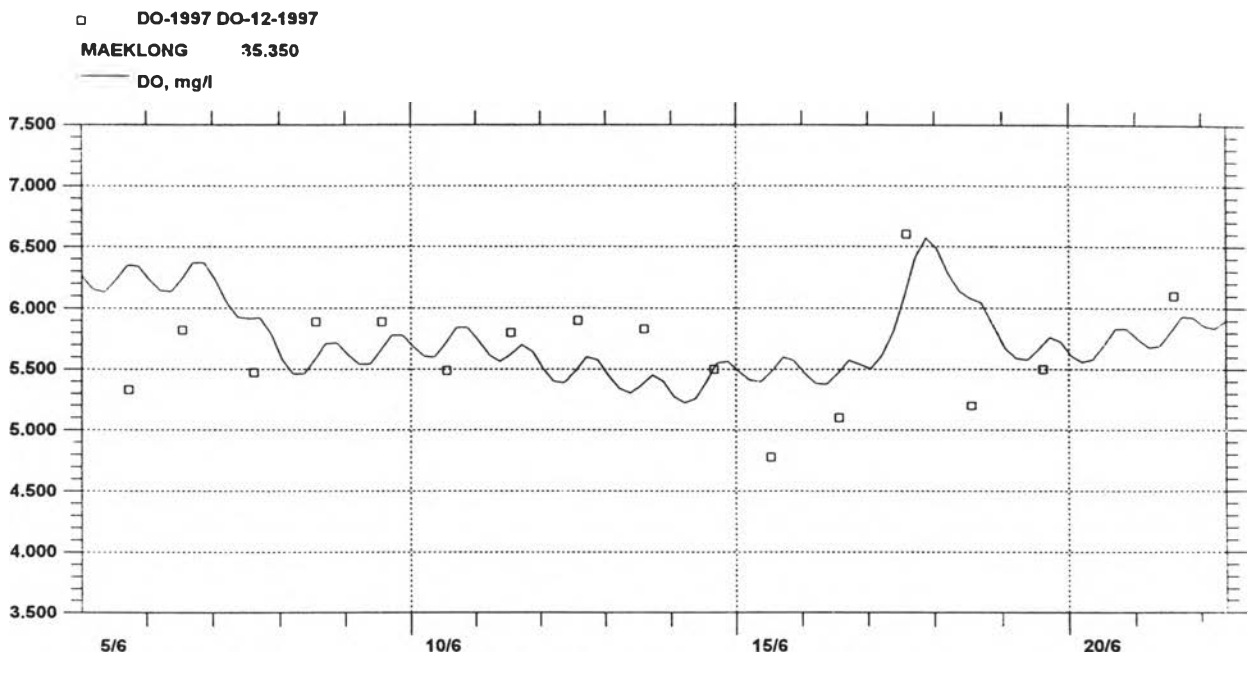
### 3.) แบบจำลองคุณภาพน้ำ (Water Quality Model ; WQ Model)

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองตอนบนนี้มีขอบเขตต้นน้ำ คือ สถานี MK13 และสถานีที่ใช้เปรียบเทียบทั้งสิ้น 5 สถานี ได้แก่ MK12 , MK11 , MK10 , MK9 และ MK8 ส่วนสถานีที่เป็นขอบเขตท้ายน้ำ ได้แก่ สถานี MK7

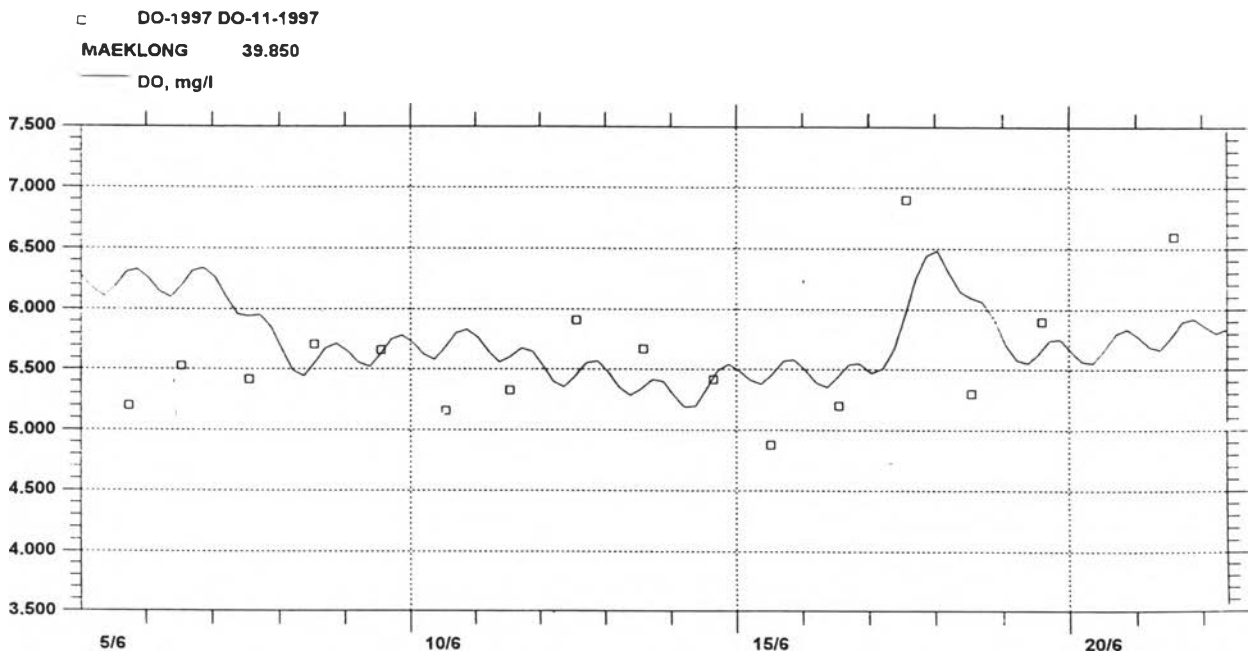
การศึกษาครั้งนี้พิจารณาพารามิเตอร์ 3 ค่า ได้แก่ ออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิ โดยผลของค่าตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ได้แก่

- (1.) ค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ 20 °C (first order degradation constant for BOD at 20 °C) เท่ากับ 0.23 วัน<sup>-1</sup>
- (2.) อัตราการหายใจของพืชและสัตว์ที่ 20 °C (Respiration of plants and animals at 20 °C) เท่ากับ 2.3 กรัม ออกซิเจน/เมตร<sup>2</sup>. วัน
- (3.) ผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (Maximum Oxygen production by photosynthesis) เท่ากับ 3.8 กรัม ออกซิเจน/เมตร<sup>2</sup>. วัน
- (4.) สัมประสิทธิ์การเติมอากาศที่ 20°C (Reaeration Coefficient) คำนวณโดยใช้สมการของ O'Connor and Dubbins Expression

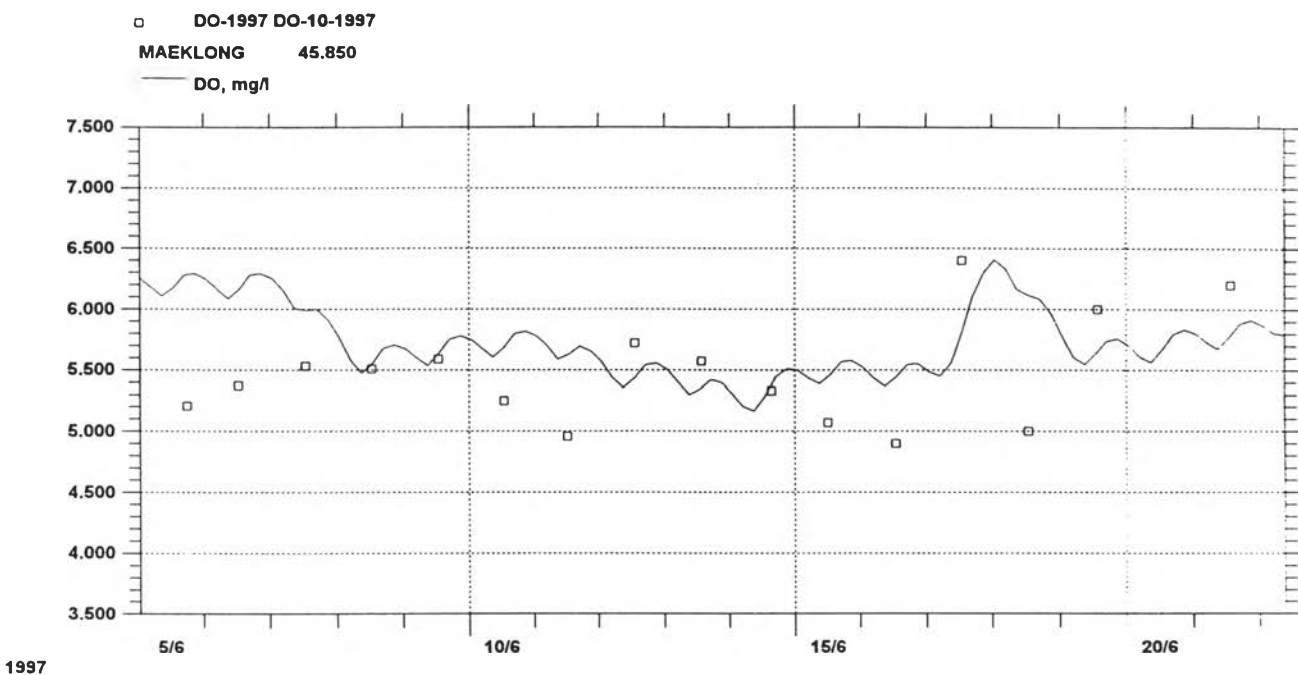
ผลการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนละลายที่สถานี MK12 , MK11 , MK10 , MK9 และ MK8 ระหว่างวันที่ 5 - 22 มกราคม พ.ศ.2540 ดังแสดงในรูปที่ 6.10 , 6.11 , 6.12 , 6.13 , 6.14 ตามลำดับ



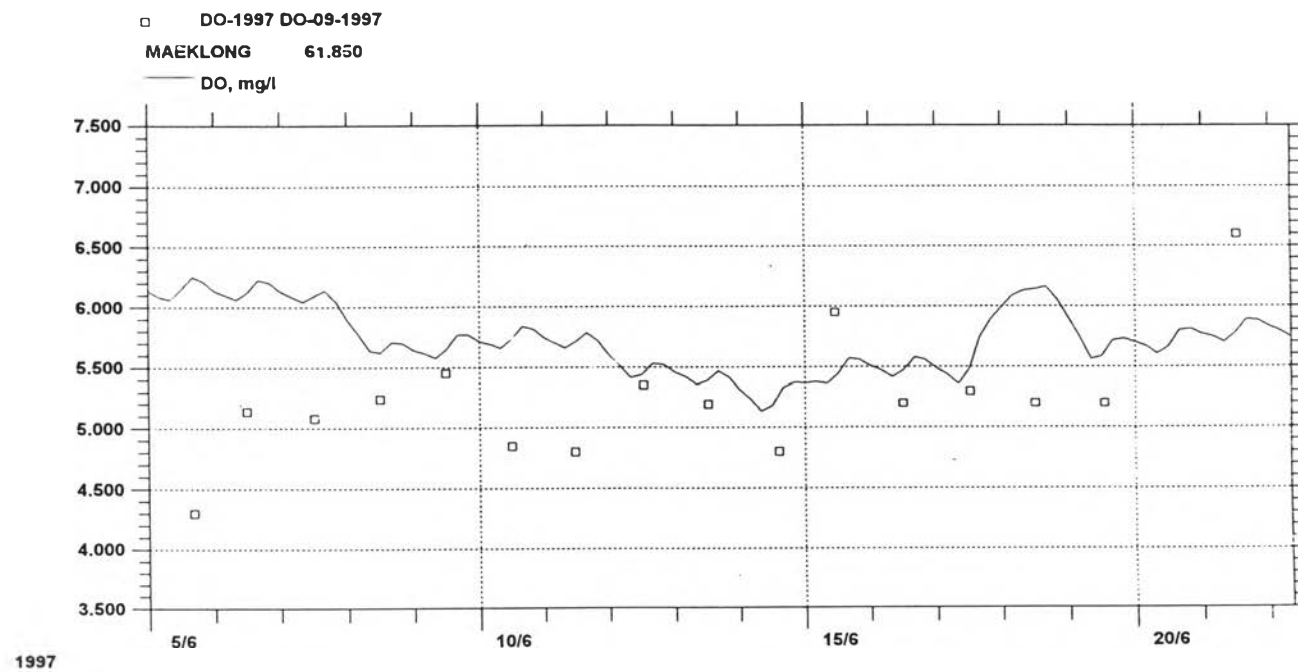
รูปที่ 6.10 ผลการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนละลายที่สถานี MK12  
 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



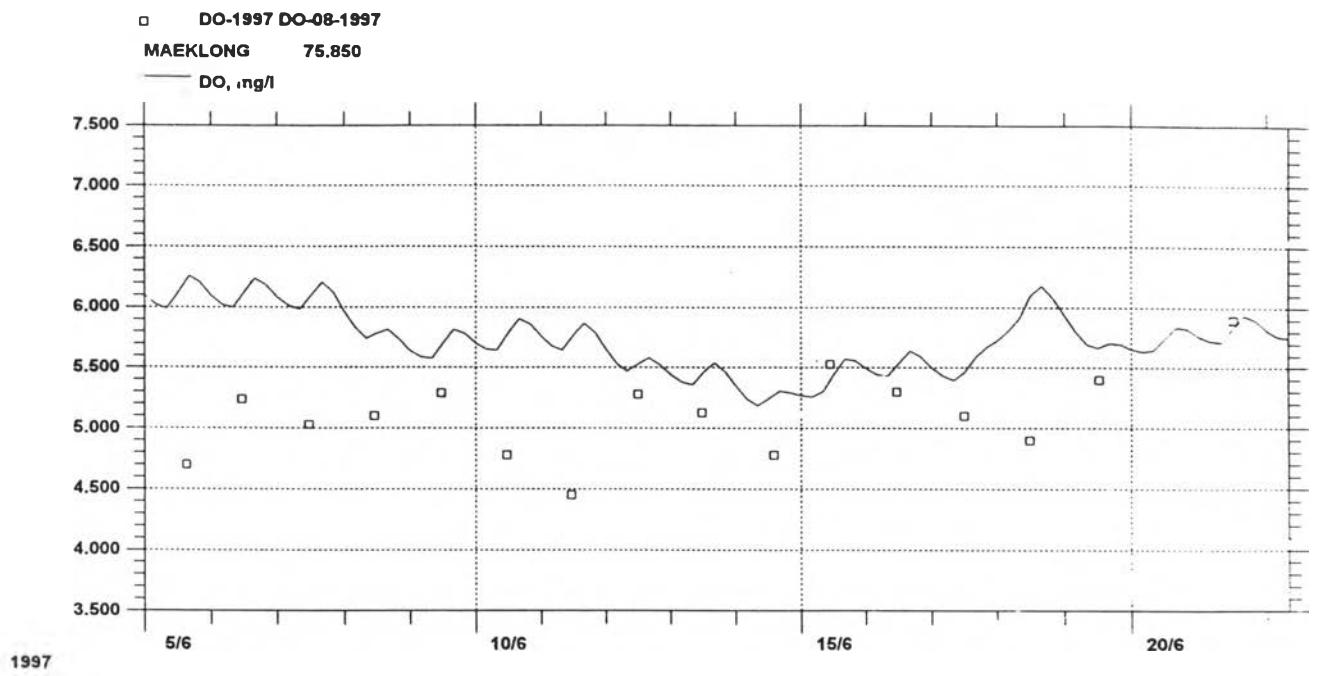
รูปที่ 6.11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนละลายที่สถานี MK11  
 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



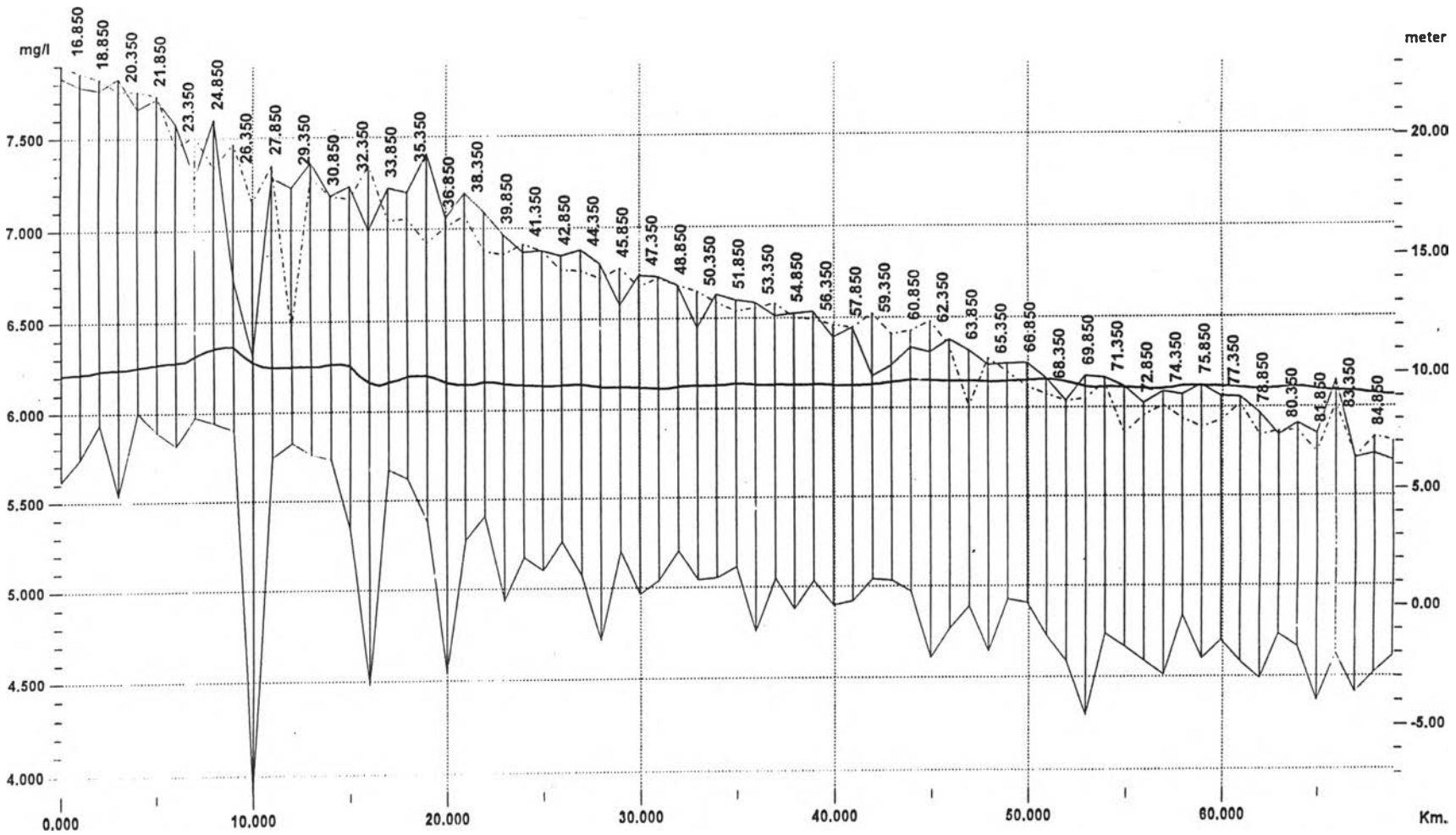
รูปที่ 6.12 ผลการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนละลายที่สถานี MK10  
 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 6.13 ผลการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนละลายที่สถานี MK9  
 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540

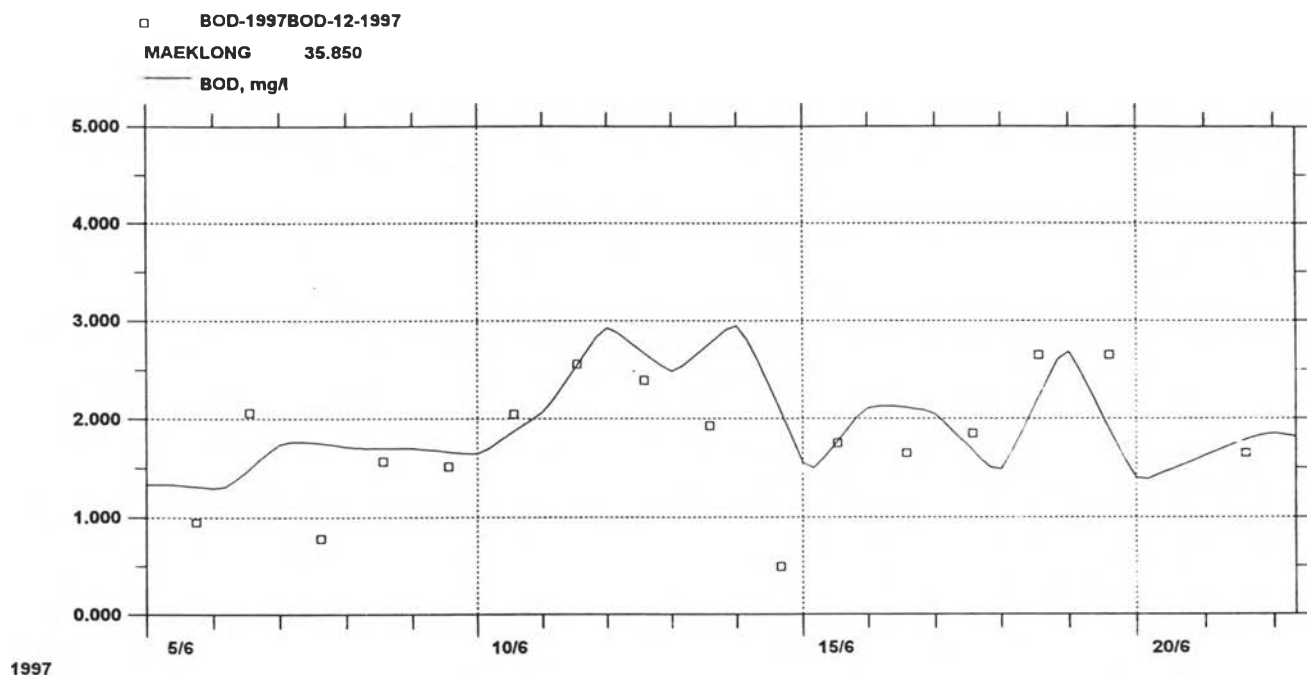


รูปที่ 6.14 ผลการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนละลายที่สถานี MK8  
 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540

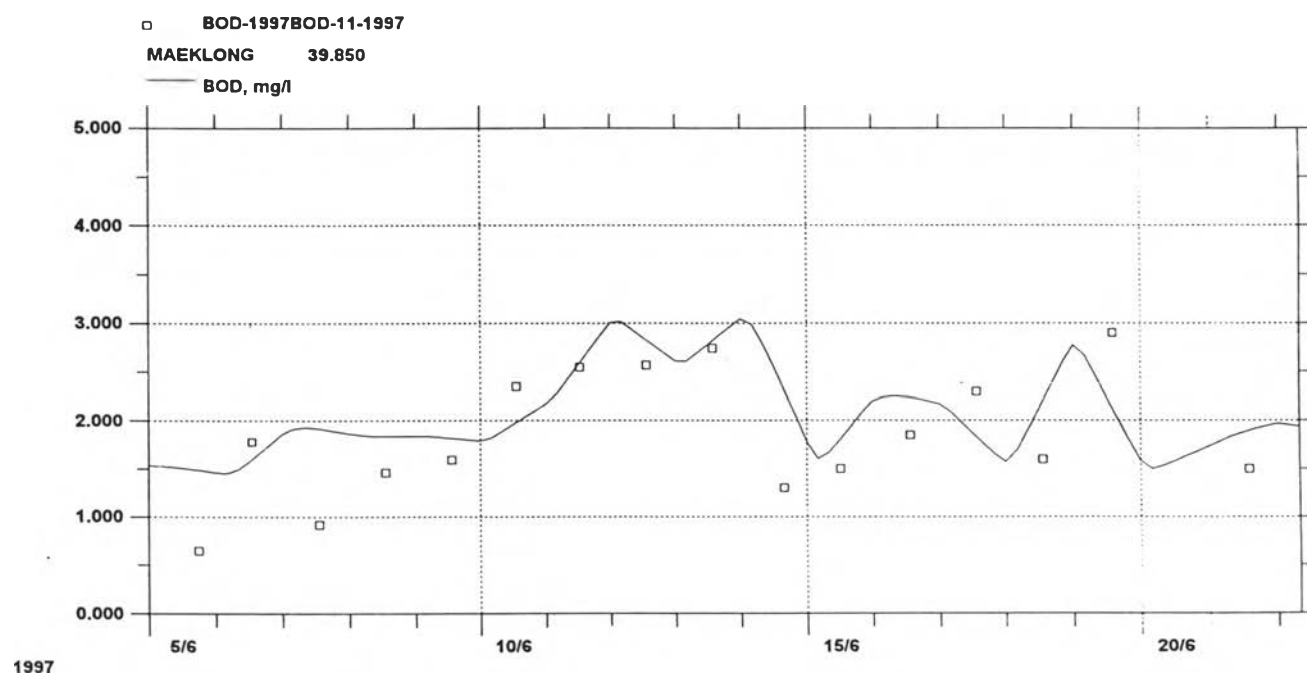


รูปที่ 6.15 ผลการคำนวณออกซิเจนละลายตามระยะทาง วันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2540

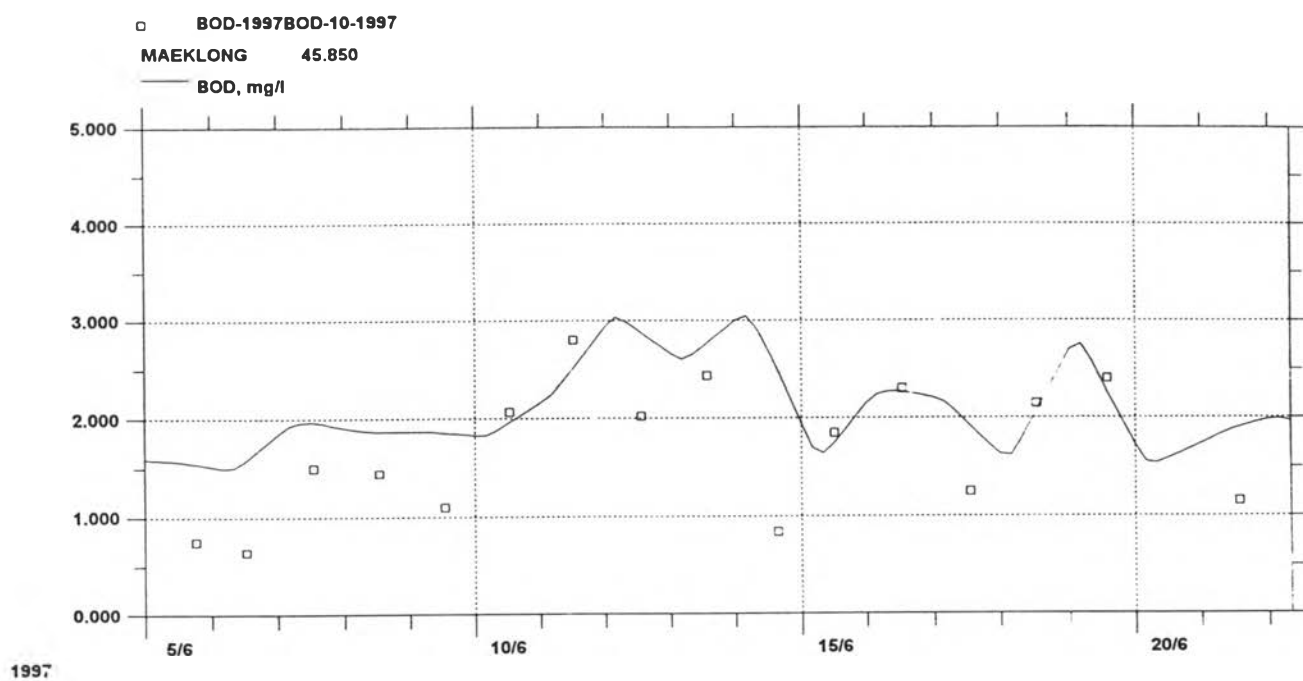
ผลการเปรียบเทียบปริมาณบีโอดี ที่สถานี MK12 , MK11 , MK10 , MK9 และ MK8 ช่วงวันที่ 5 - 22 มกราคม พ.ศ.2540 ดังแสดงในรูปที่ 6.16 , 6.17 , 6.18 , 6.19 , 6.20 ตามลำดับ



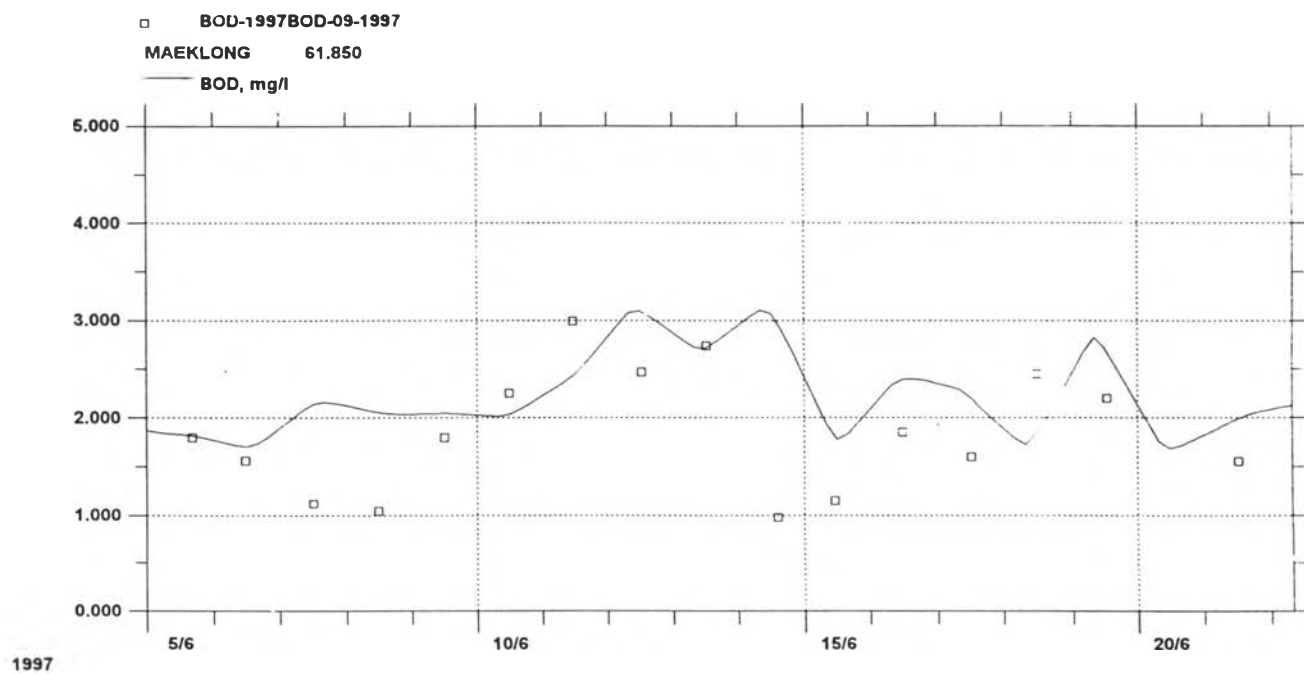
รูปที่ 6.16 ผลการเปรียบเทียบปริมาณบีโอดีที่สถานี MK12 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 6.17 ผลการเปรียบเทียบปริมาณบีโอดีที่สถานี MK11 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540

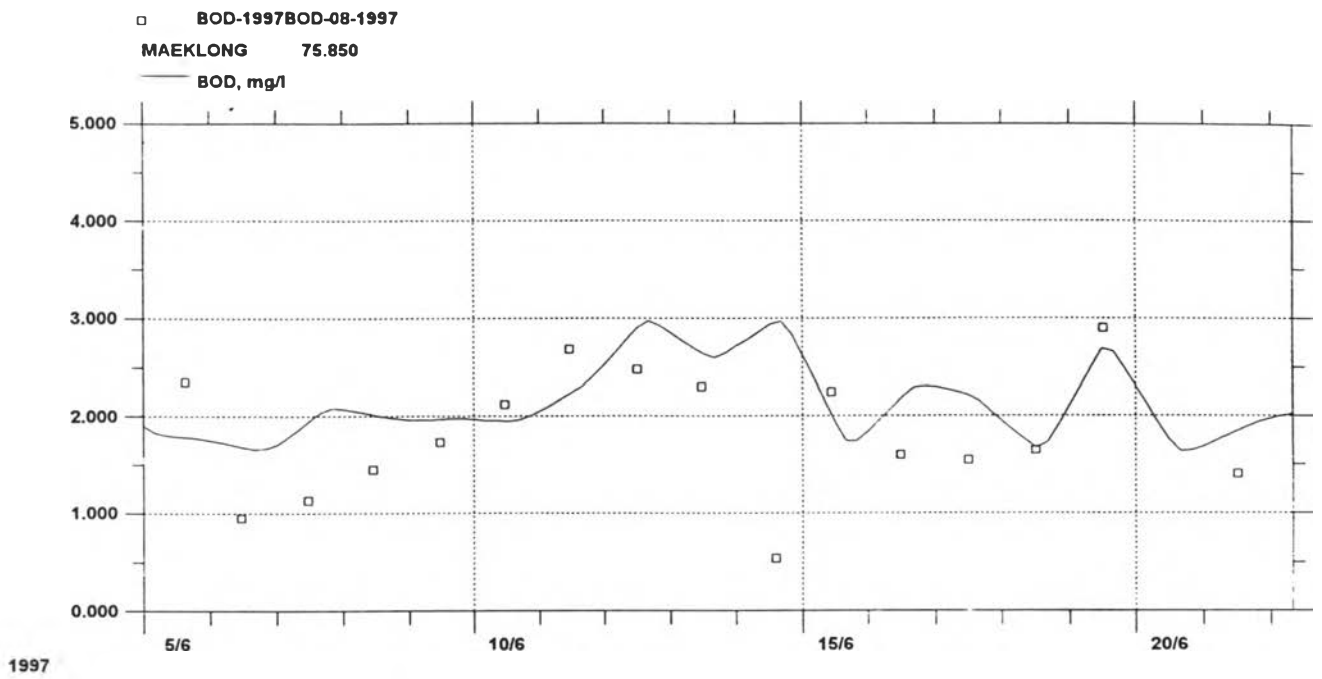


รูปที่ 6.18 ผลการเปรียบเทียบปริมาณบีโอดีที่สถานี MK10 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540

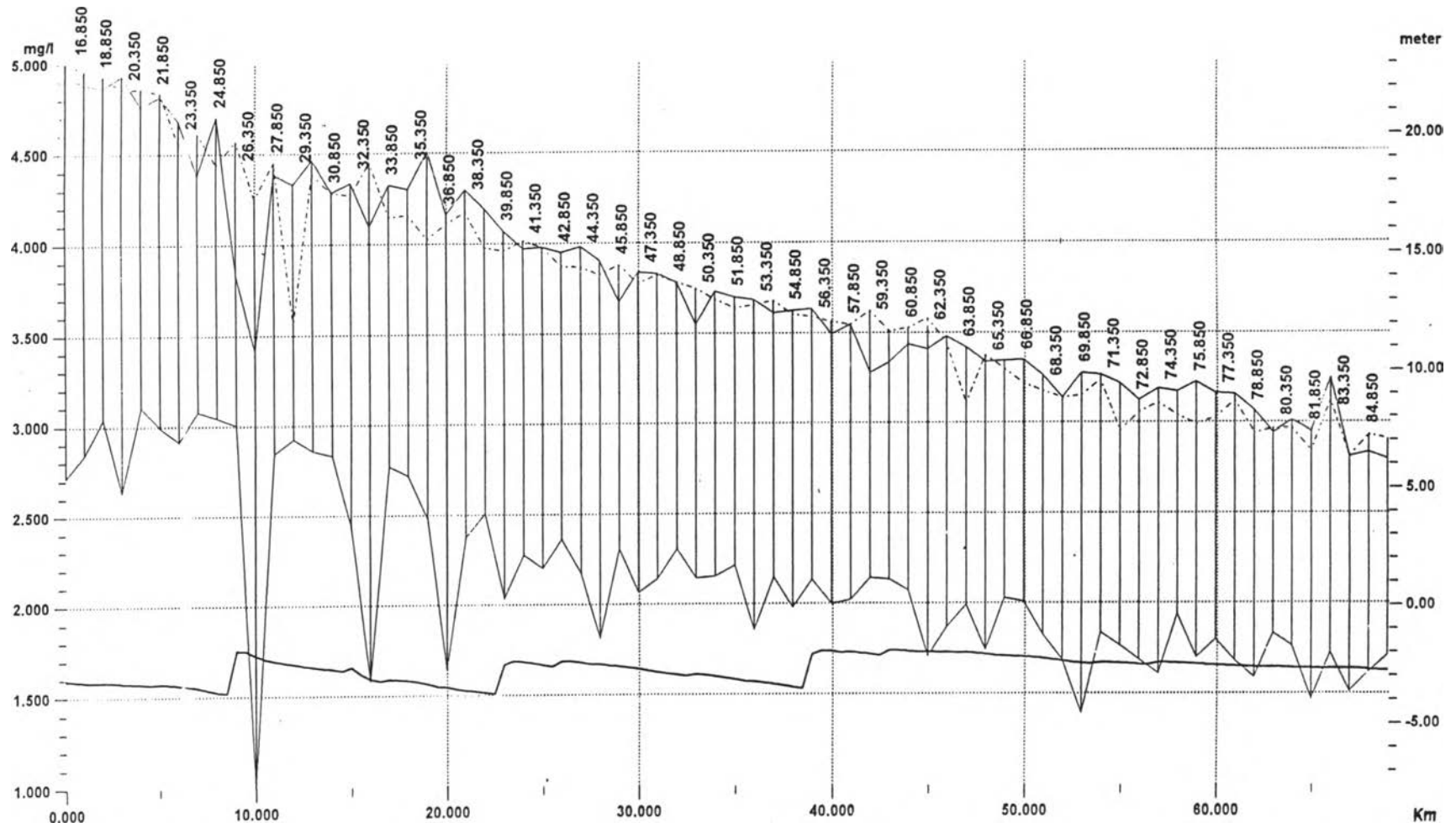


รูปที่ 6.19 ผลการเปรียบเทียบปริมาณบีโอดีที่สถานี MK9 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



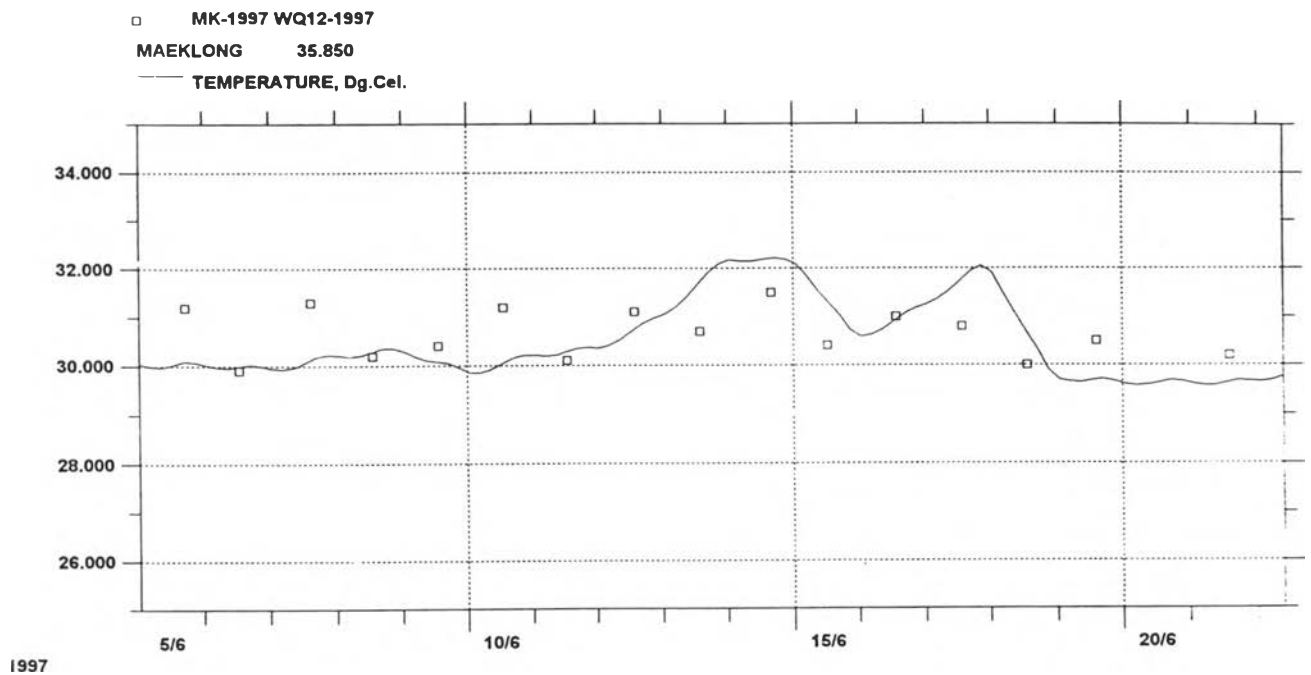


รูปที่ 6.20 ผลการปรับเทียบปริมาณบีโอดีที่สถานี MK8 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540

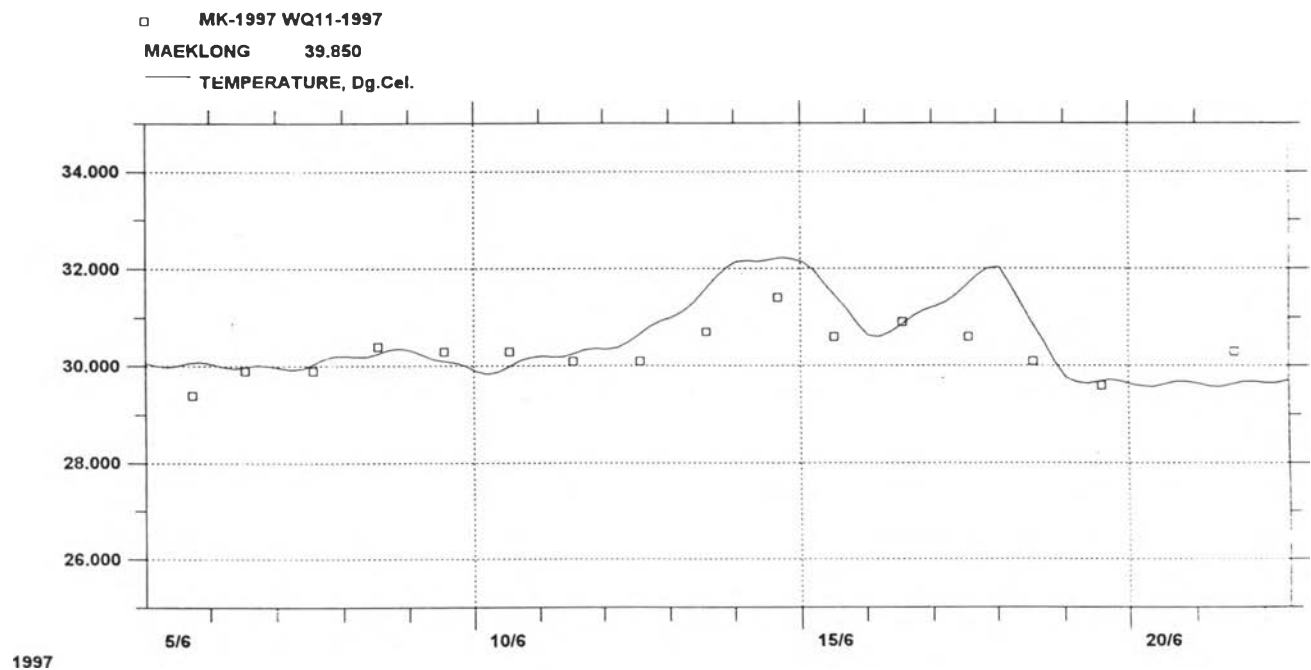


รูปที่ 6.21 ผลการคำนวณบีโอดีตามระยะทาง วันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2540

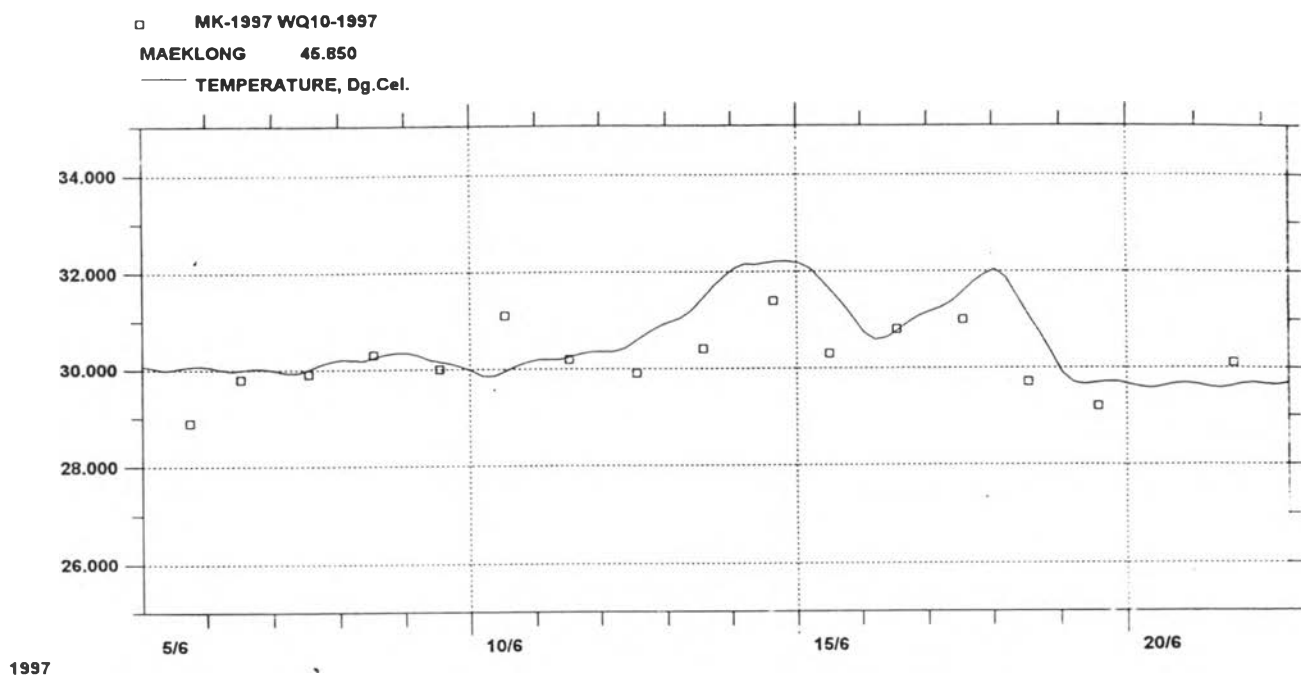
ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่สถานี MK12 , MK11 , MK10 , MK9 และ MK8 ช่วงวันที่  
5 - 22 มกราคม พ.ศ.2540 ดังแสดงในรูปที่ 6.22 , 6.23 , 6.24 , 6.25 , 6.26 ตามลำดับ



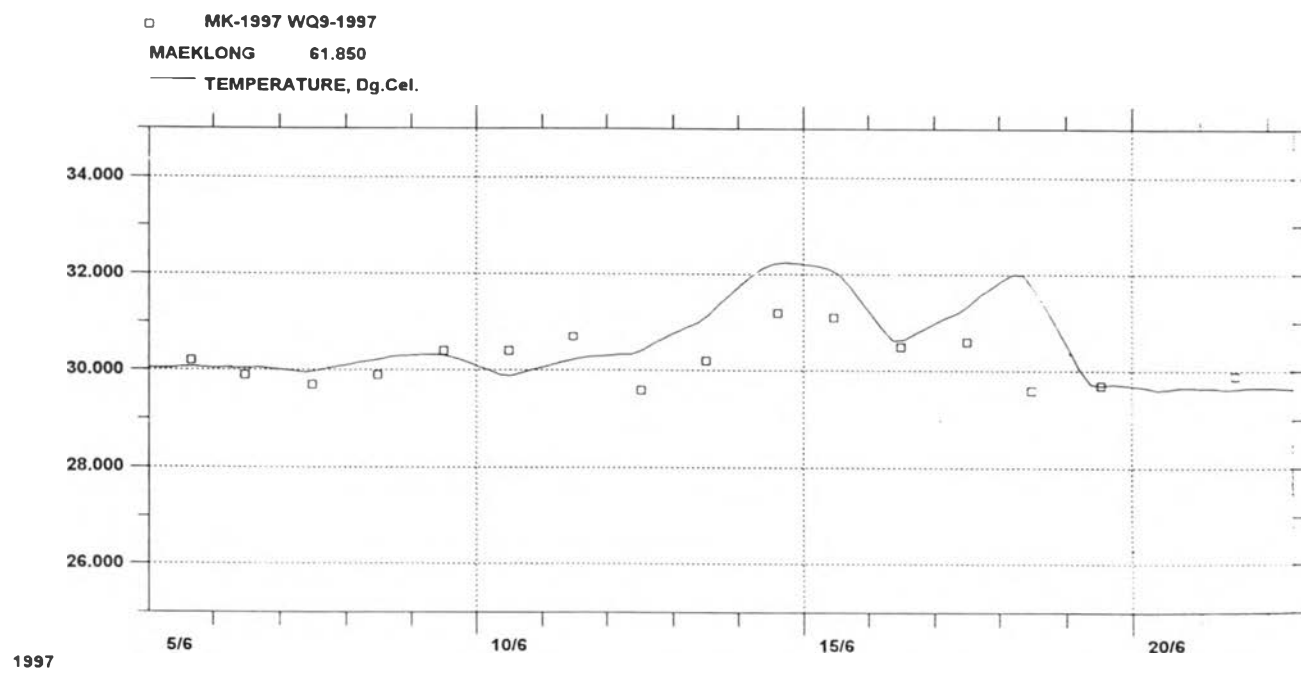
รูปที่ 6.22 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่สถานี MK12 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



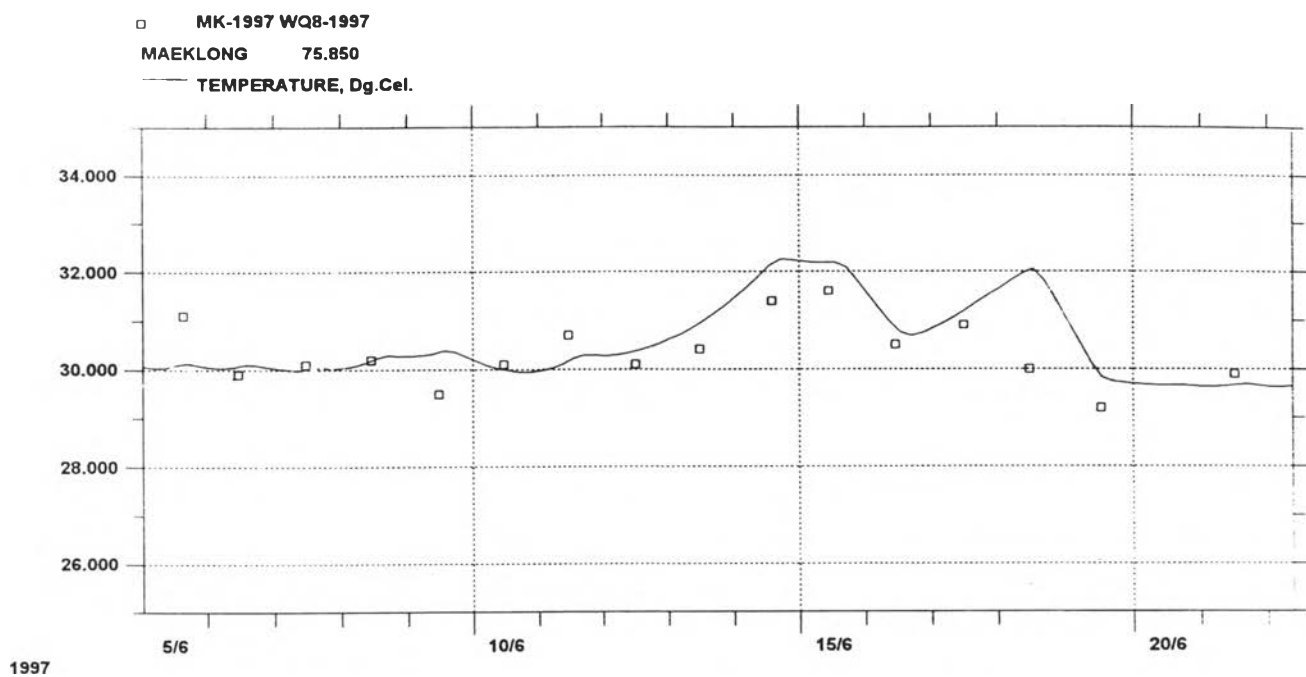
รูปที่ 6.23 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่สถานี MK11 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



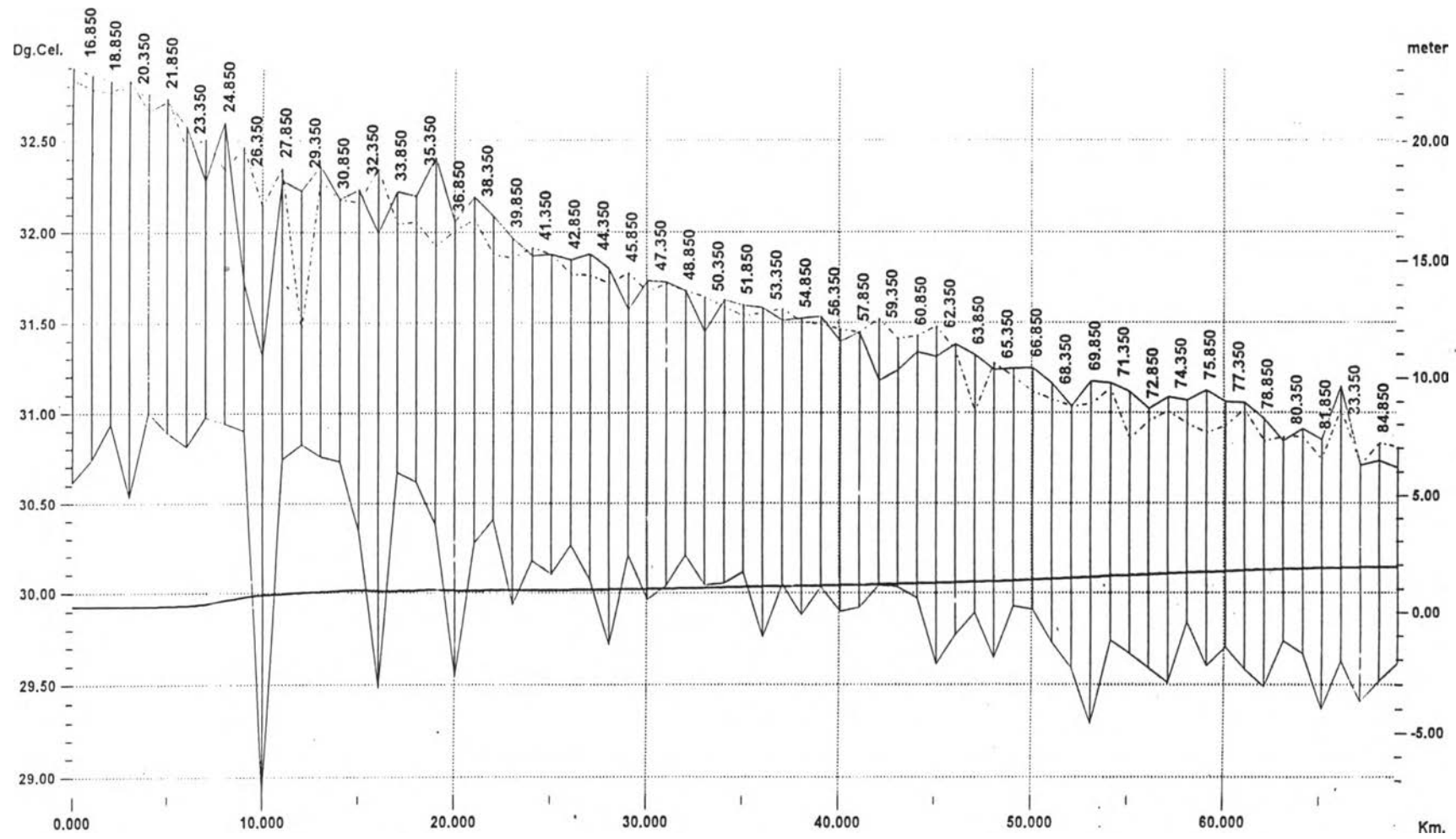
รูปที่ 6.24 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่สถานี MK10 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 6.25 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่สถานี MK9 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



รูปที่ 6.26 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่สถานี MK8 ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540



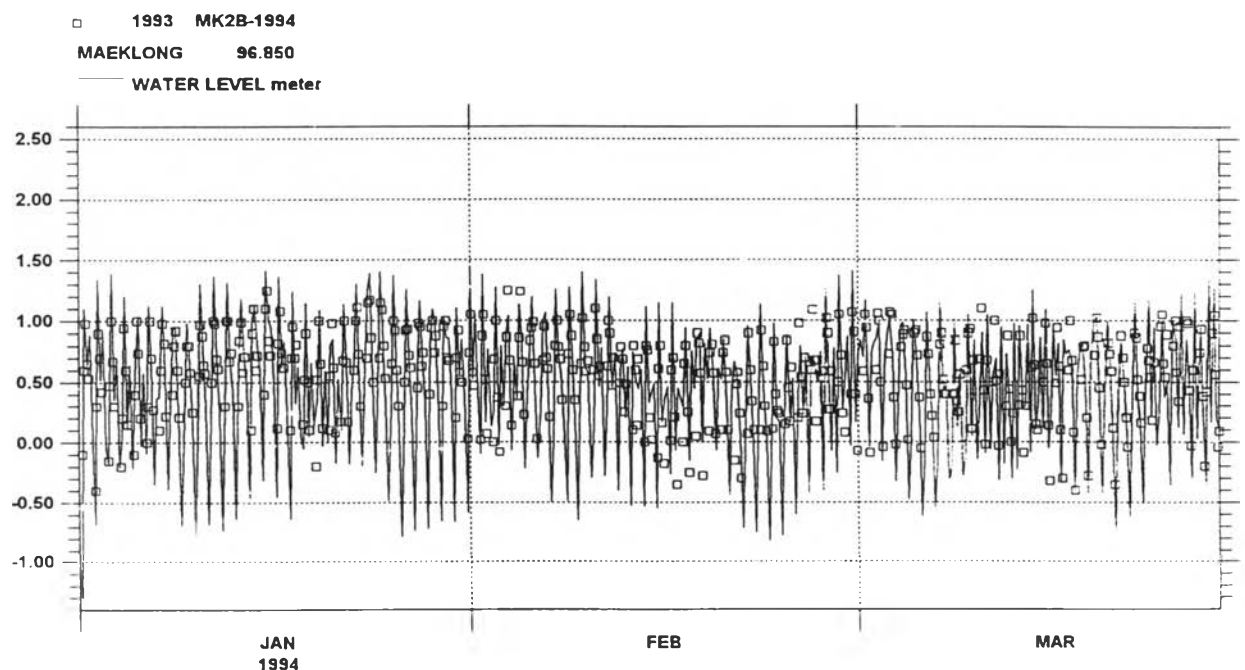
รูปที่ 6.27 ผลการคำนวณอุณหภูมิตามระยะทาง วันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2540

### 6.1.3 ผลการตรวจสอบแบบจำลอง

#### 1.) แบบจำลองทางชลศาสตร์ (Hydrodynamic Model ; HD Model)

การตรวจสอบแบบจำลองทางชลศาสตร์ ได้ทำการตรวจสอบย้อนหลังไปในช่วงเดือน มกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ.2537 เนื่องจากปัจจุบันกรมชลประทานได้ยกเลิกการเก็บข้อมูลที่สถานี K2B ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2540 จนถึงปัจจุบัน

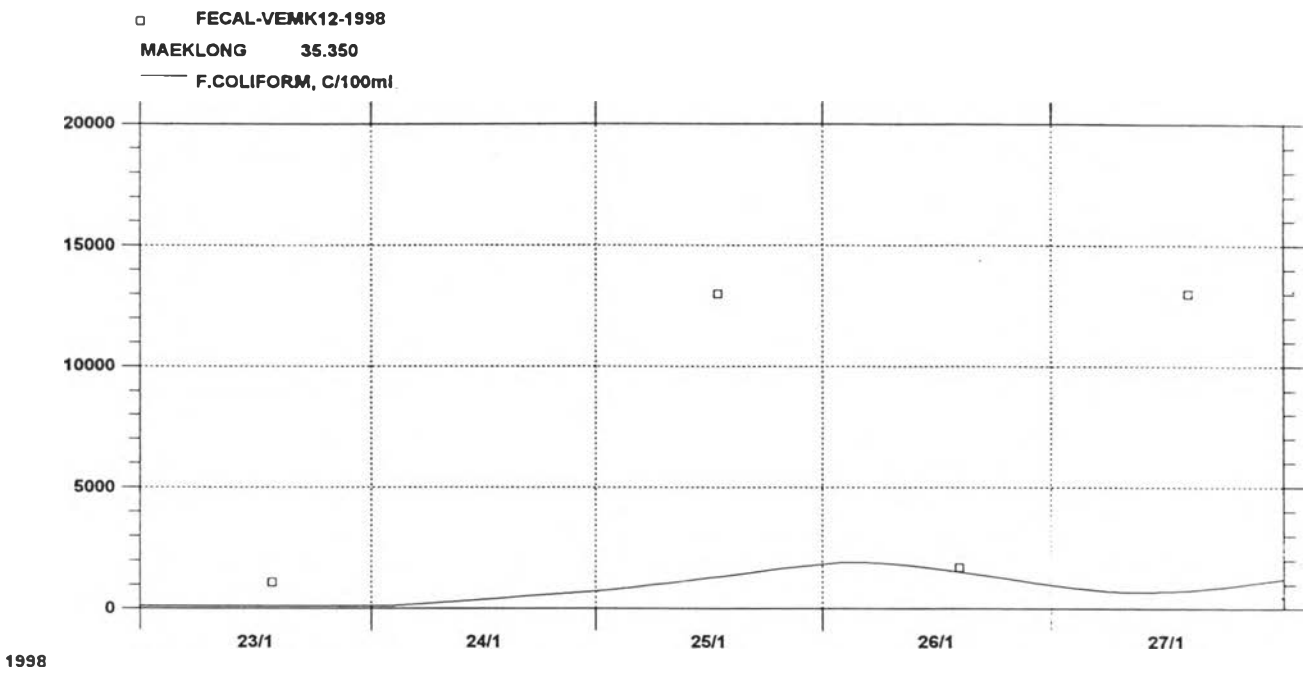
เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning' n) ที่ผ่านการปรับเทียบแล้วมาคำนวณอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางชลศาสตร์ ได้ผลการคำนวณดังรูป 6.28



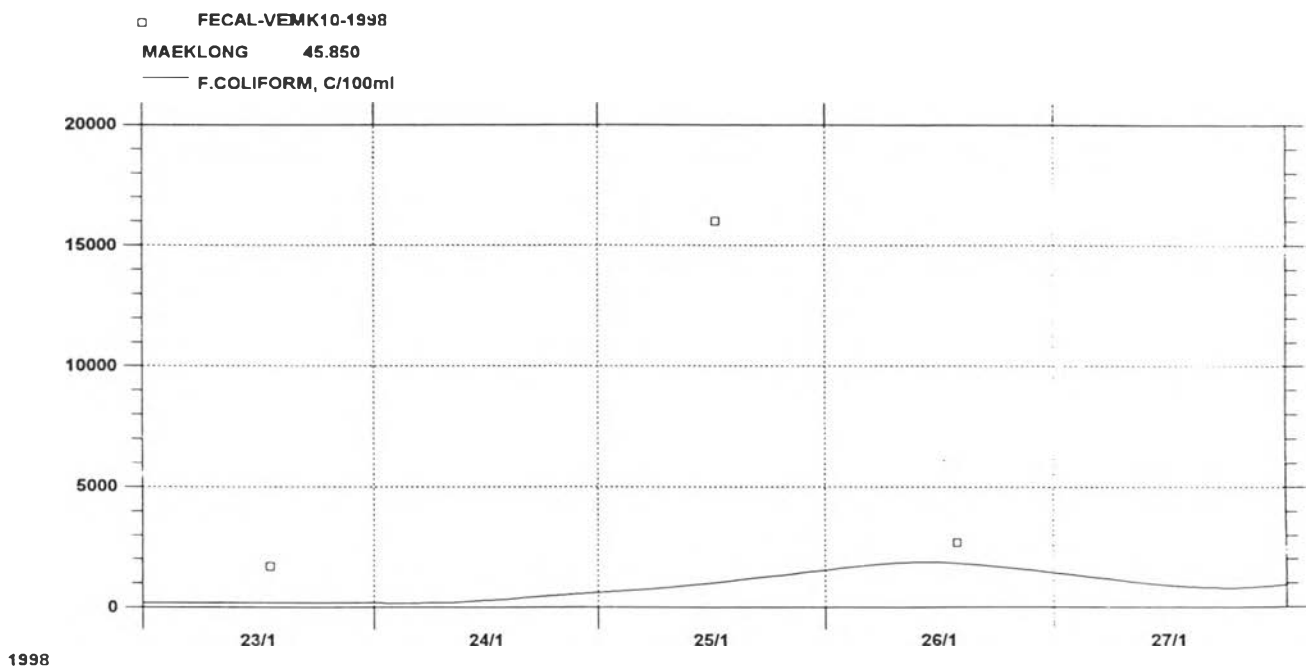
รูปที่ 6.28 ผลการตรวจสอบระดับน้ำ สถานี K2B ในช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ.2537

#### 2.) แบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสาร (Transport Dispersion Model ; TD Model)

ผลการนำค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายและค่าคงที่การย่อยสลายของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมาใช้ ในการคำนวณเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ที่สถานี MK12 , MK10 และ MK9 ในช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 โดยมีผลของการคำนวณดังรูป 6.29 , 6.30 และ 6.31

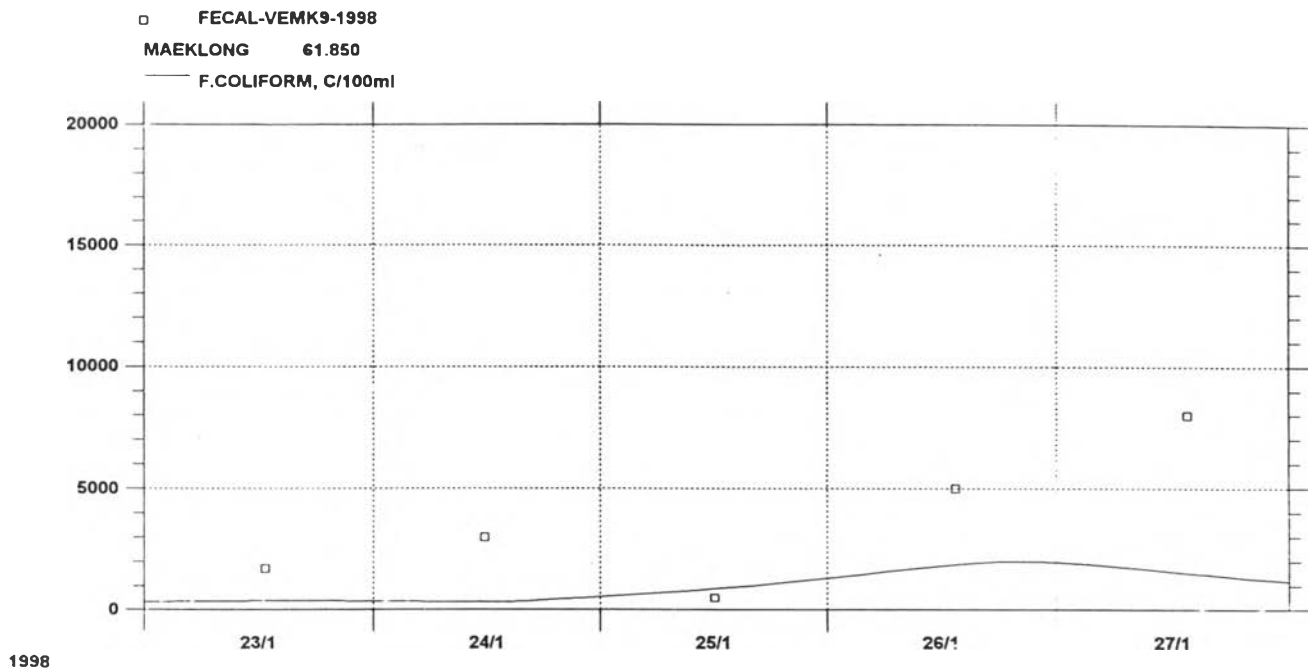


รูปที่ 6.29 ผลการตรวจสอบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สถานี MK12  
ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

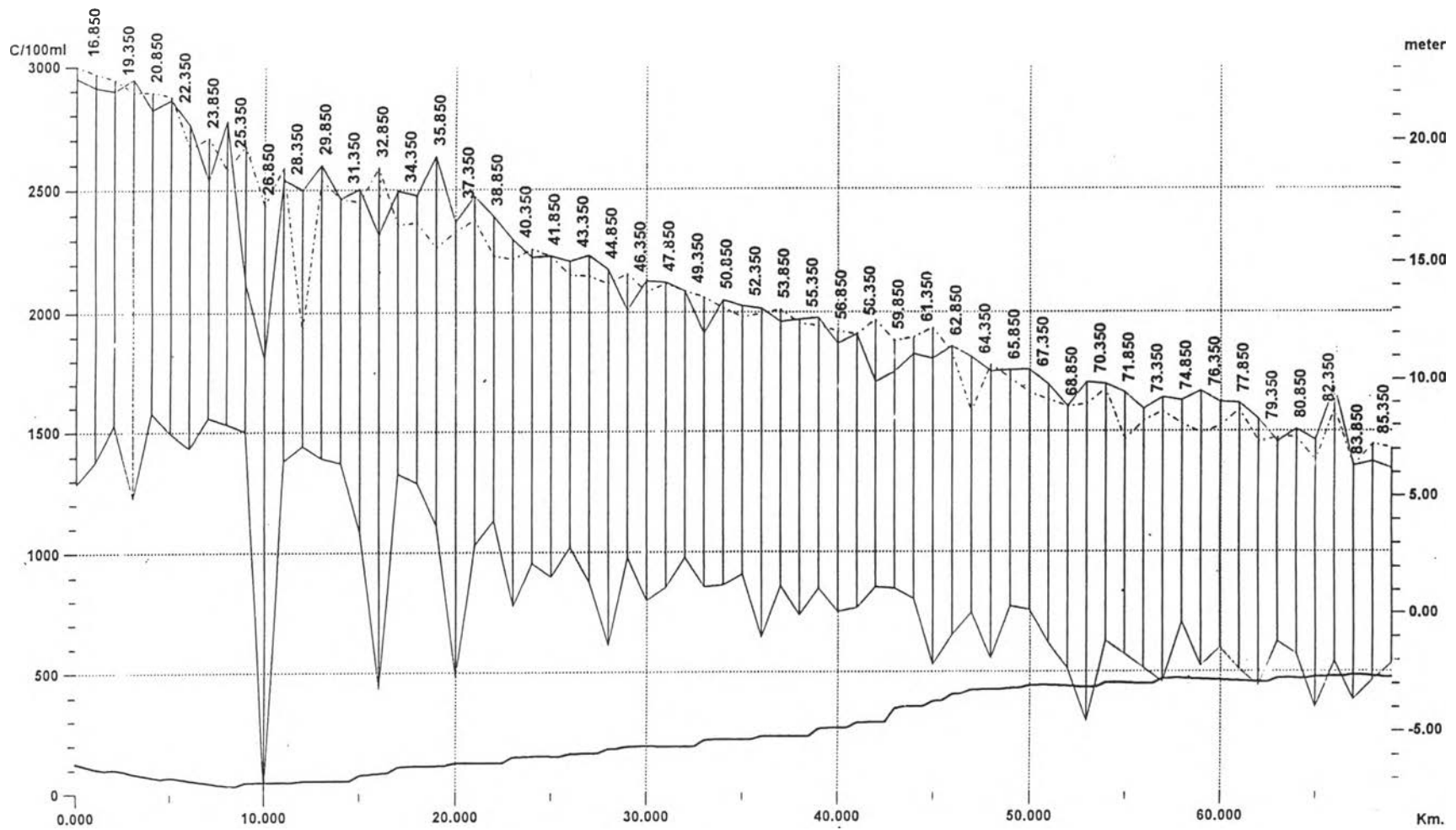


รูปที่ 6.30 ผลการตรวจสอบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สถานี MK10  
ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



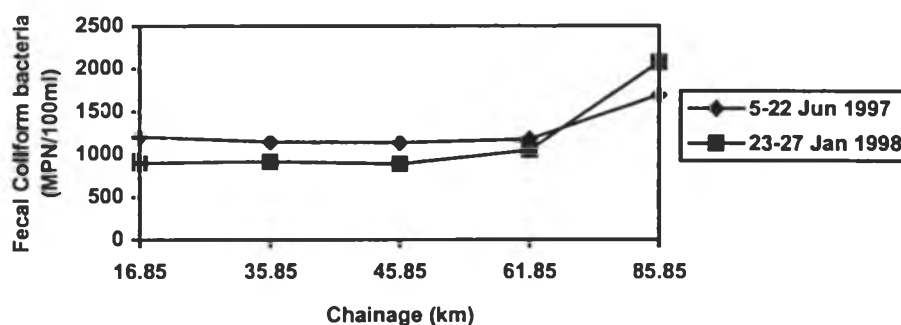


รูปที่ 6.31 ผลการตรวจสอบปริมาณเฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สถานี MK9  
 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



รูปที่ 6.32 ผลการคำนวณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียตามระยะทาง วันที่ 25 มกราคม พ.ศ.2541

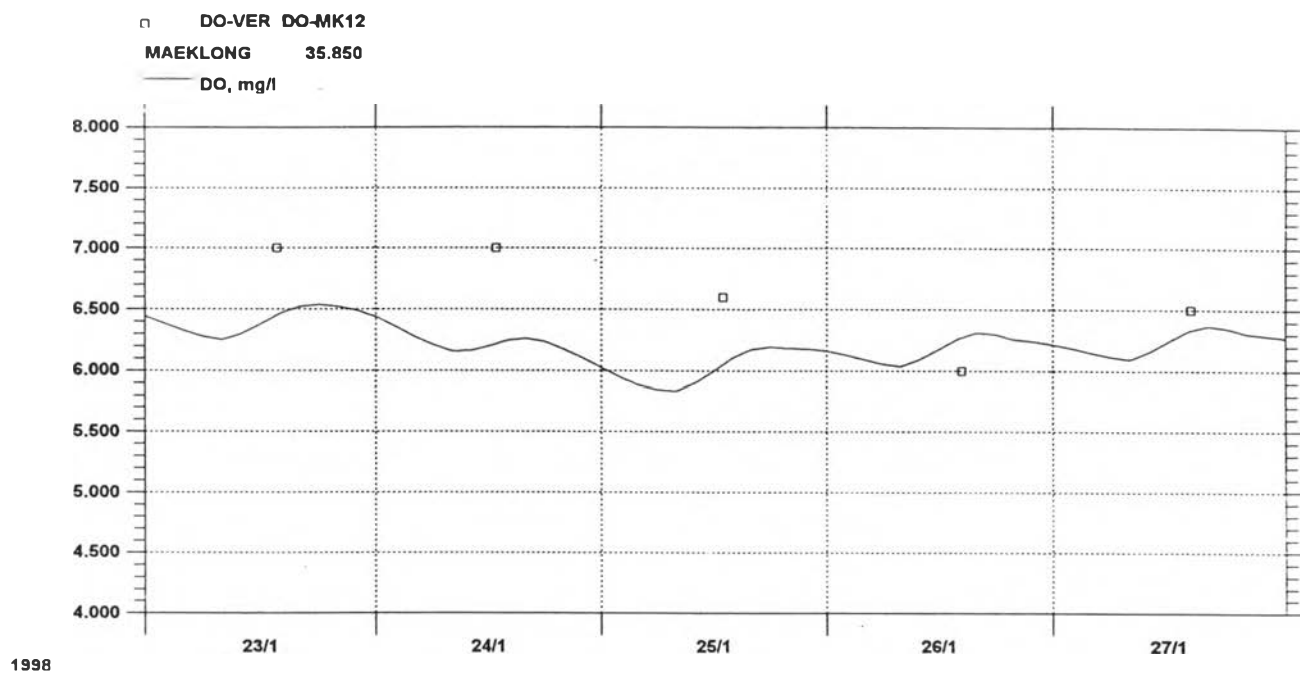
เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณฟีคัลโคลิฟอร์มเฉลี่ยตามระยะทางของลำน้ำ ในช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 ได้ผลดังรูป 6.33



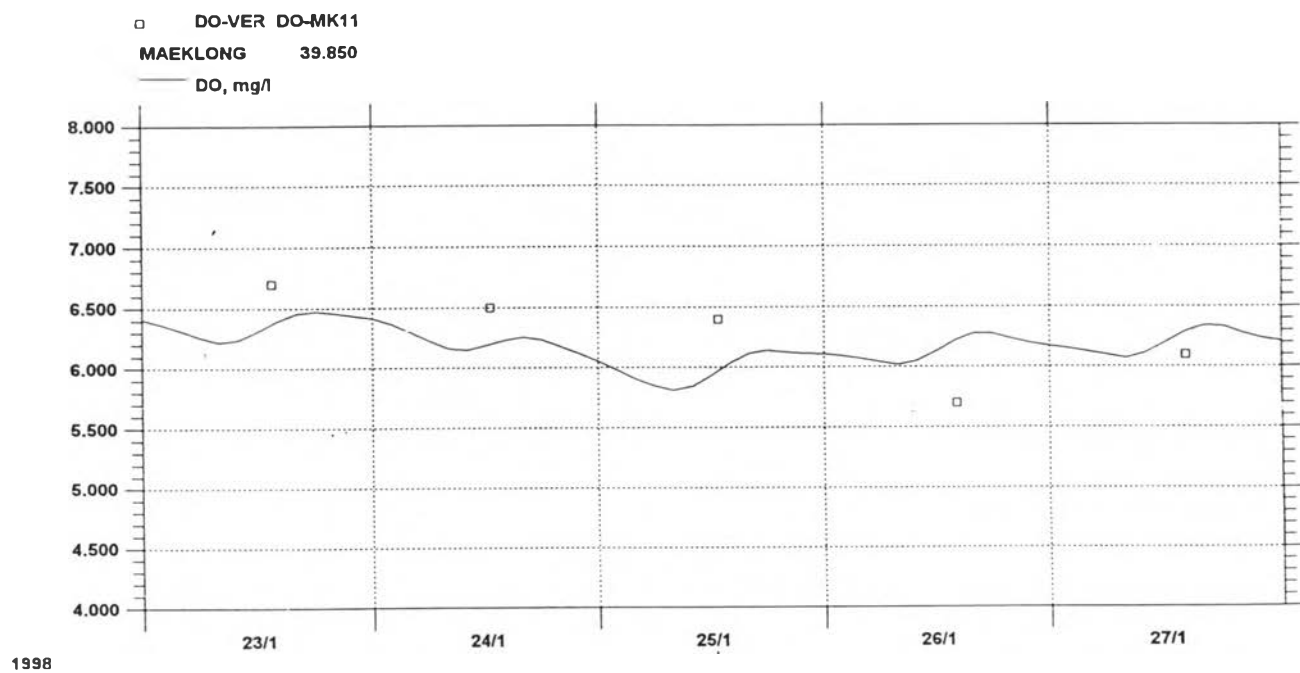
รูปที่ 6.33 แสดงผลการคำนวณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเฉลี่ยตามระยะทาง ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

### 3.) แบบจำลองคุณภาพน้ำ (Water Quality Model ; WQ Model)

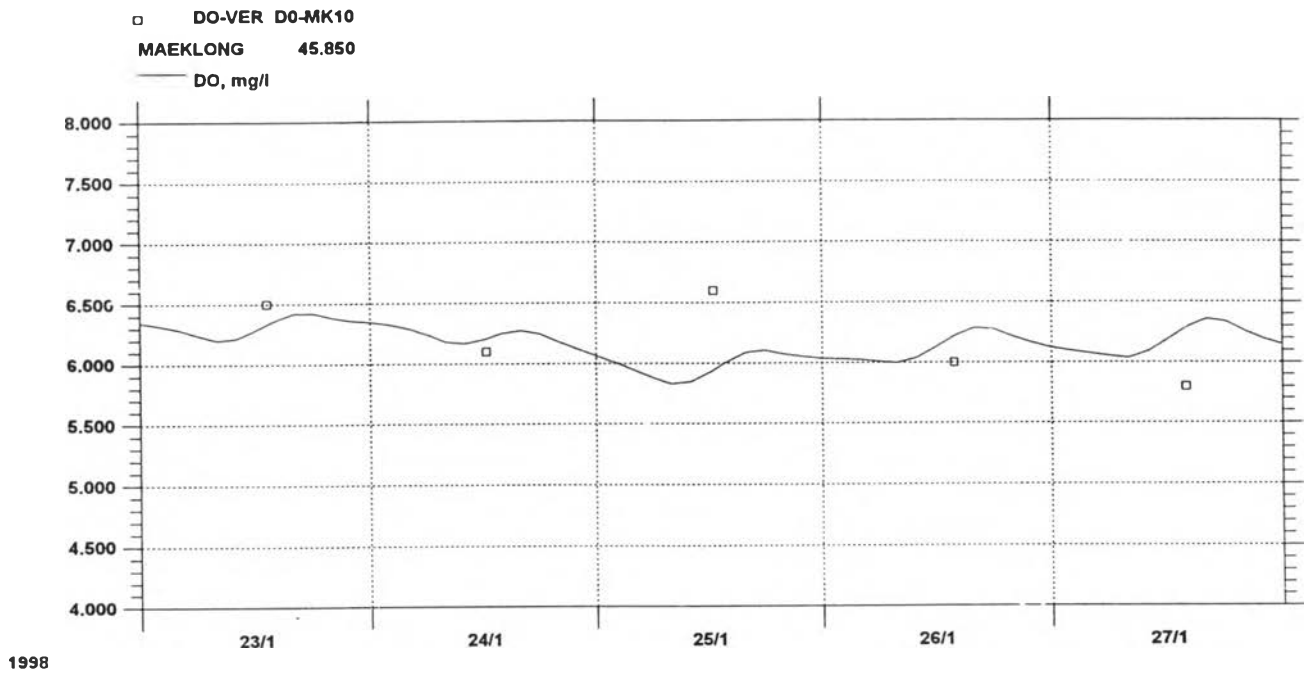
ผลจากการนำค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นตัวแปรค่าคงที่ซึ่งผ่านการปรับเทียบในแบบจำลองคุณภาพน้ำมา ตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณปริมาณออกซิเจนละลายของแบบจำลอง ที่สถานี MK12 , MK11 , MK10 , MK9 และ MK8 ในช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 โดยมีผลของการคำนวณดังรูป 6.34 , 6.35 , 6.36 , 6.37 และ 6.38 ตามลำดับ



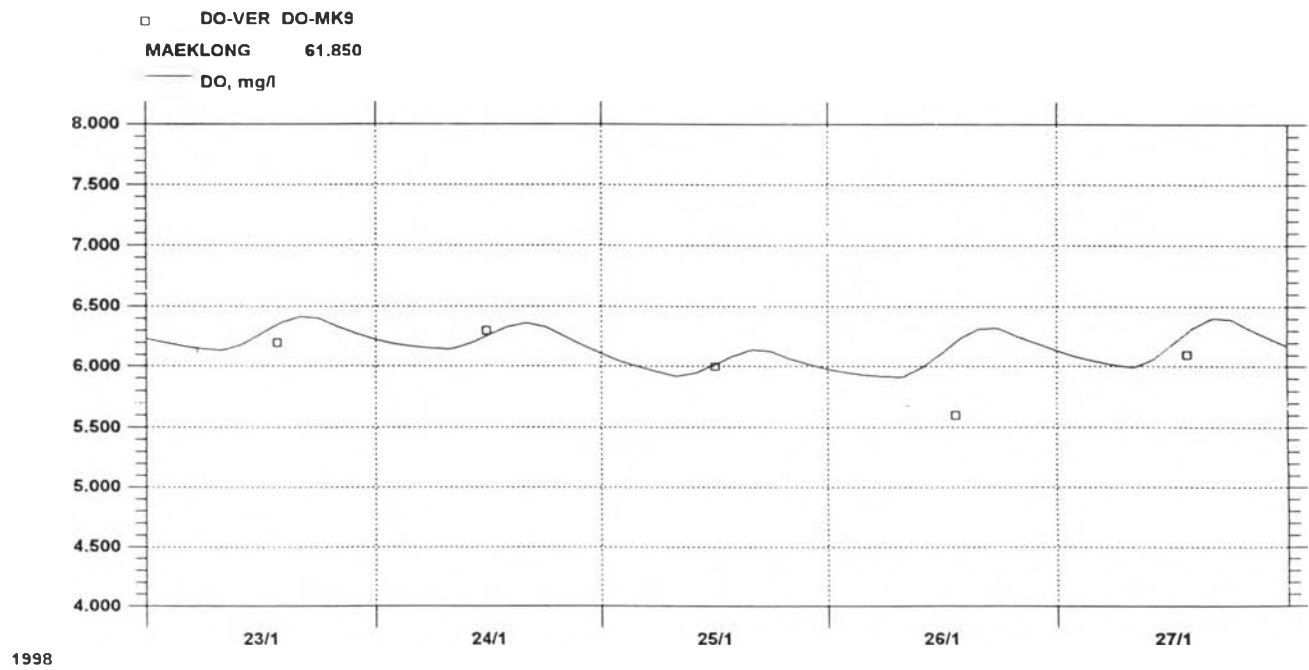
รูปที่ 6.34 ผลการตรวจสอบปริมาณออกซิเจน สถานี MK12 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



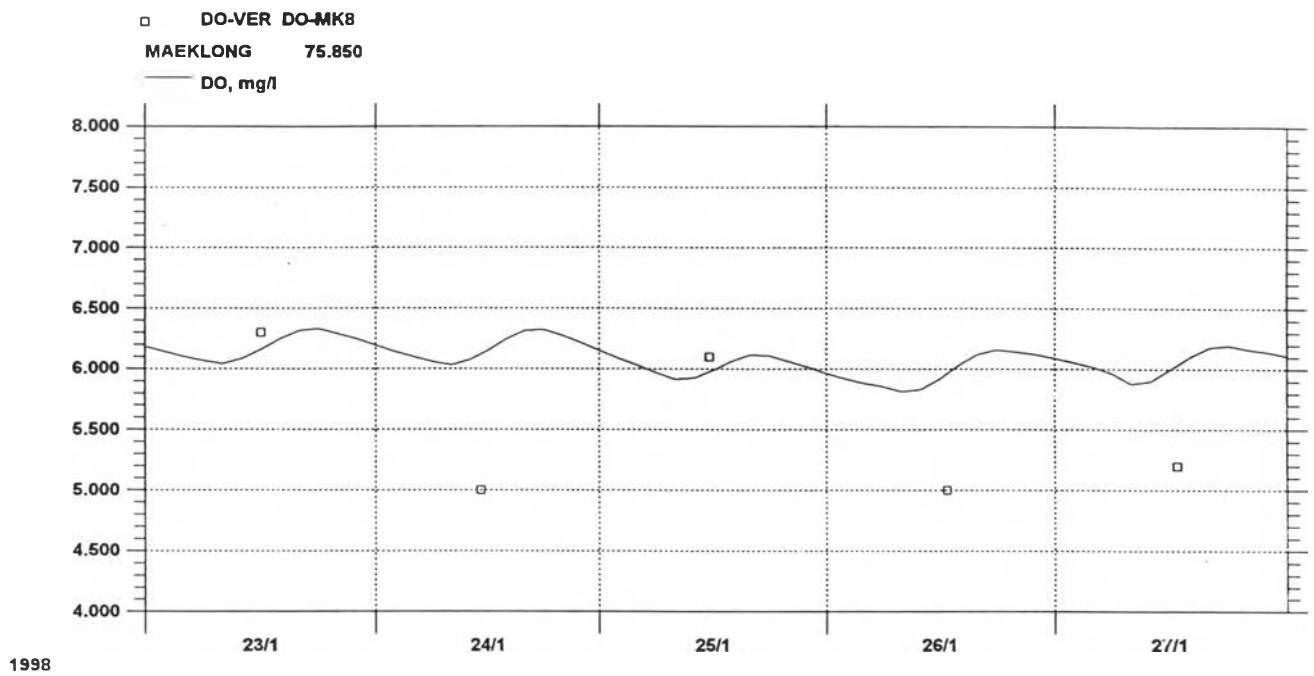
รูปที่ 6.35 ผลการตรวจสอบปริมาณออกซิเจน สถานี MK11 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



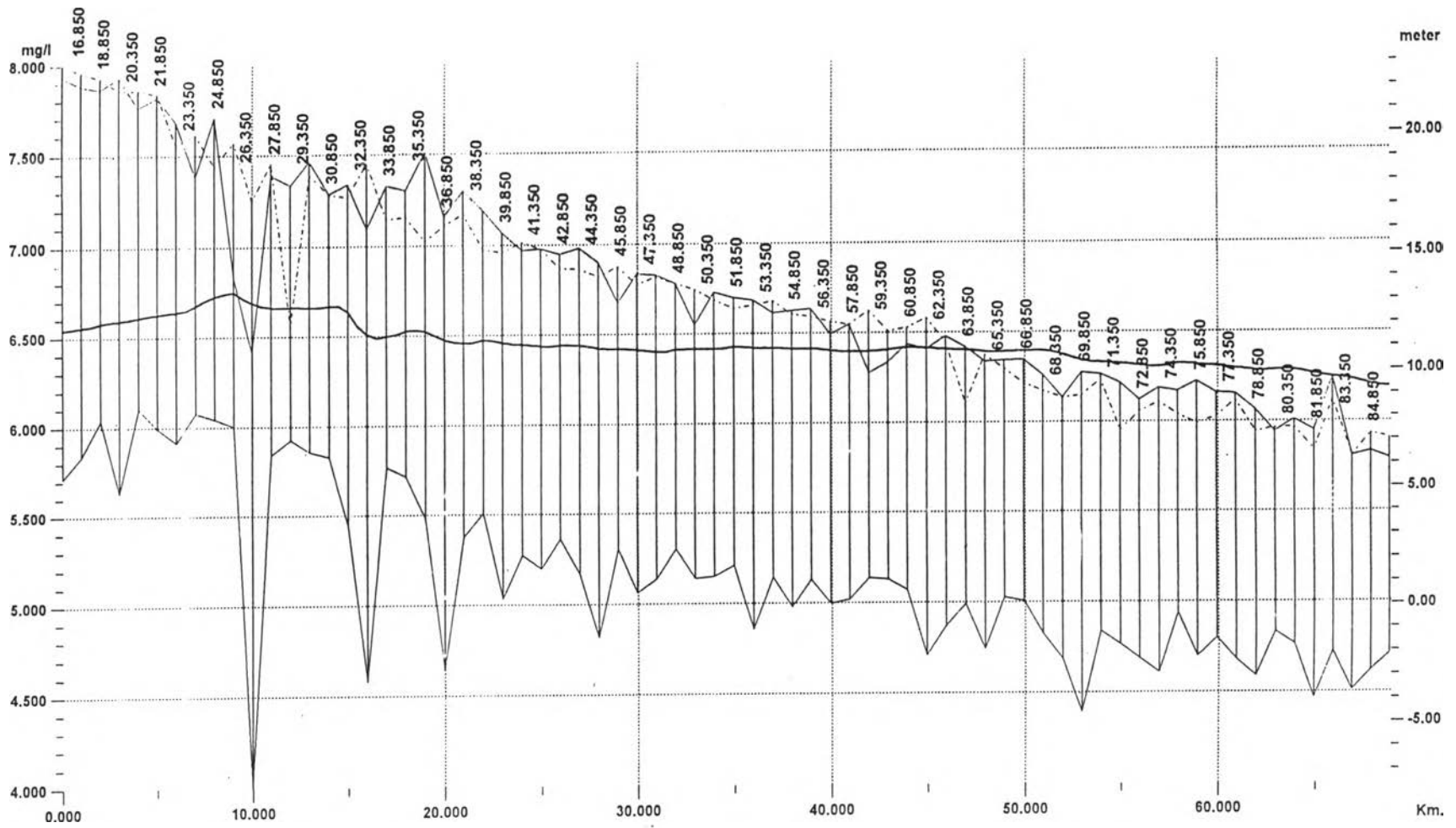
รูปที่ 6.36 ผลการตรวจสอบปริมาณออกซิเจน สถานี MK10 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



รูปที่ 6.37 ผลการตรวจสอบปริมาณออกซิเจน สถานี MK9 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

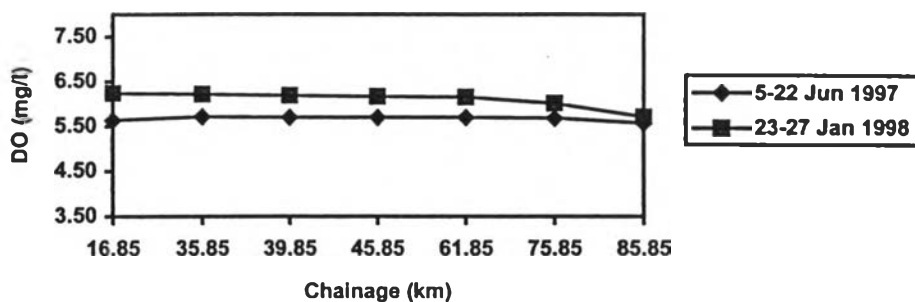


รูปที่ 6.38 ผลการตรวจสอบปริมาณออกซิเจน สถานี MK8 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



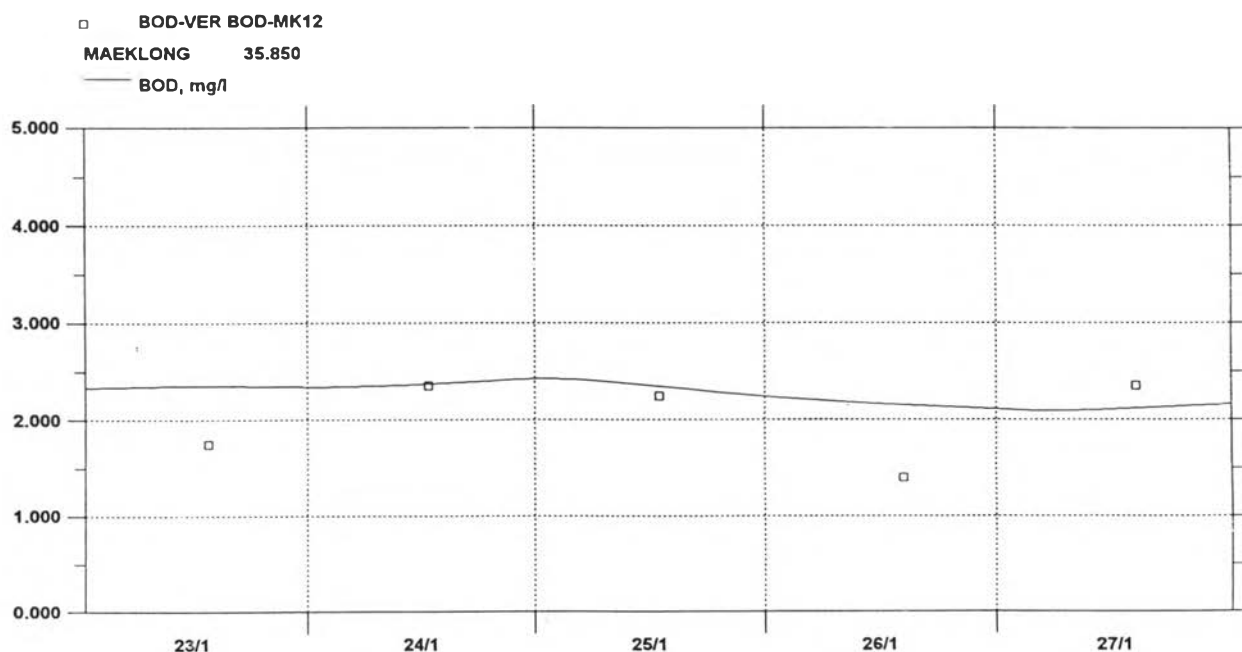
รูปที่ 6.39 ผลการคำนวณออกซิเจนละลาย ตามระยะทาง วันที่ 25 มกราคม พ.ศ.2541

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณออกซิเจนละลายตามระยะทางของลำน้ำ ในช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 ได้ผลดังรูป 6.40



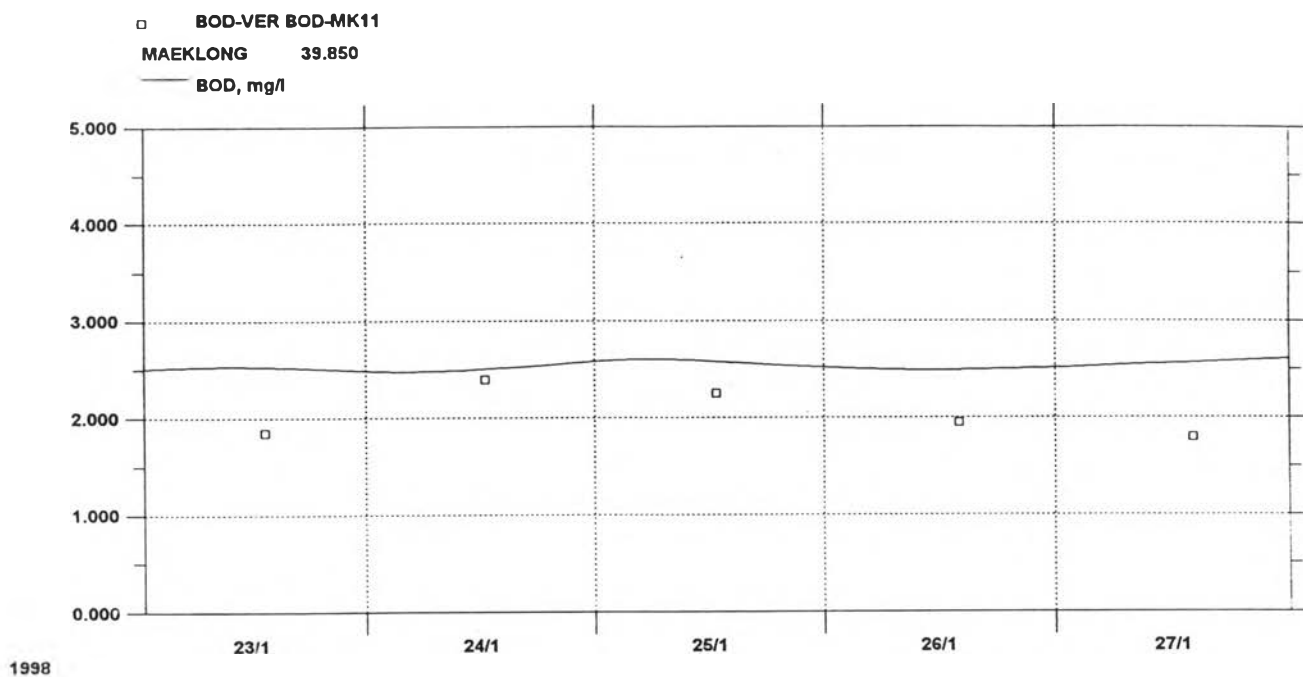
รูปที่ 6.40 แสดงผลการคำนวณออกซิเจนละลายเฉลี่ยตามระยะทาง ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

ผลการตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณปริมาณบีโอดีของแบบจำลองที่สถานี MK12 , MK11 , MK10 , MK9 และ MK8 ในช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 โดยมีผลของการคำนวณดังรูป 6.41 , 6.42 , 6.43 , 6.44 และ 6.45 ตามลำดับ

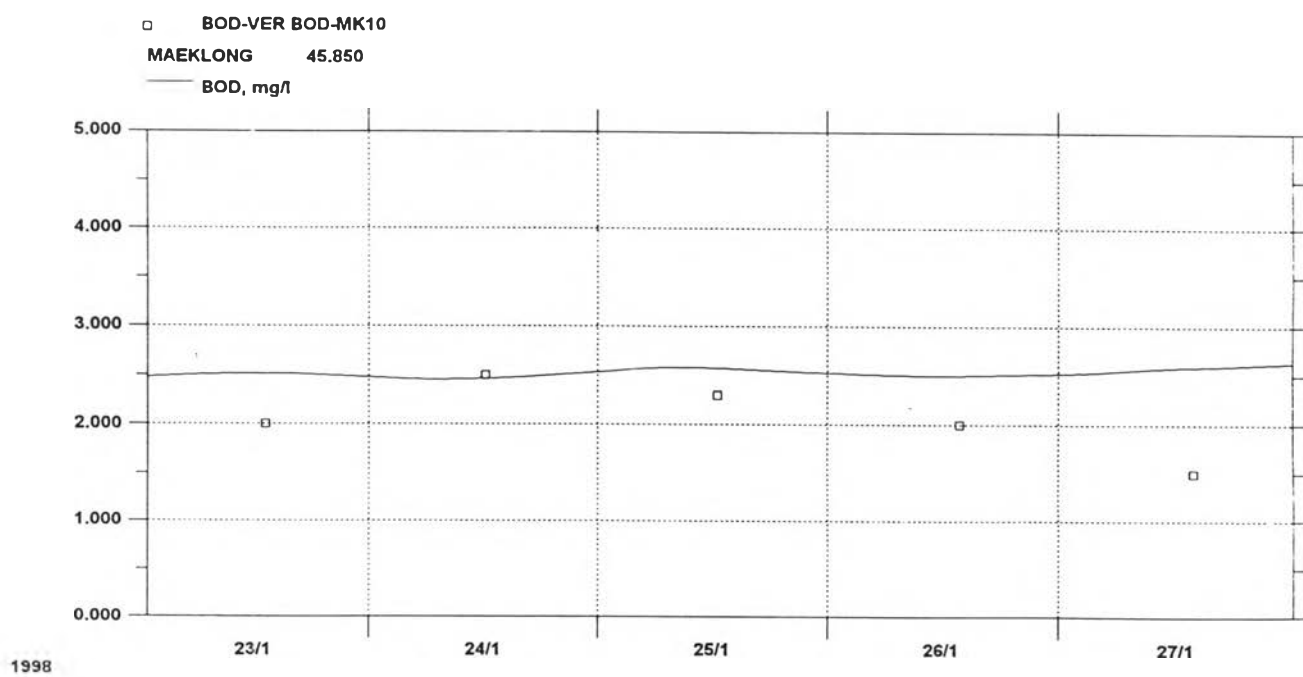


รูปที่ 6.41 ผลการตรวจสอบปริมาณบีโอดี สถานี MK12 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

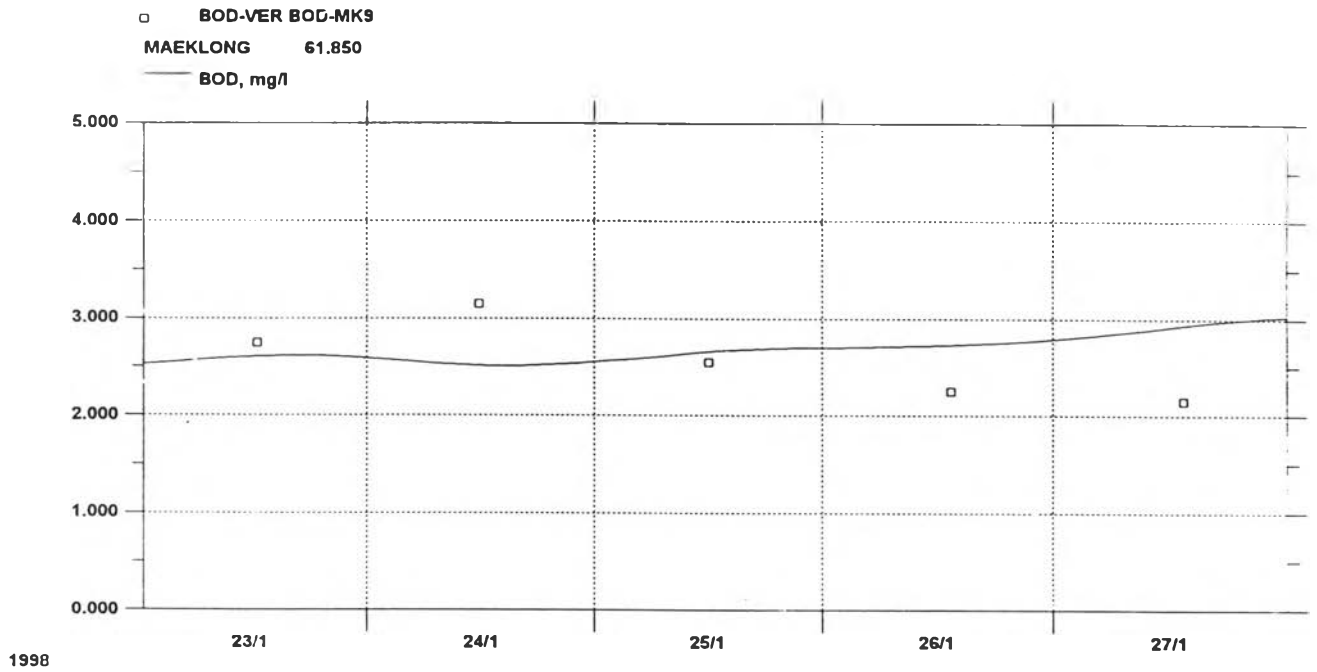




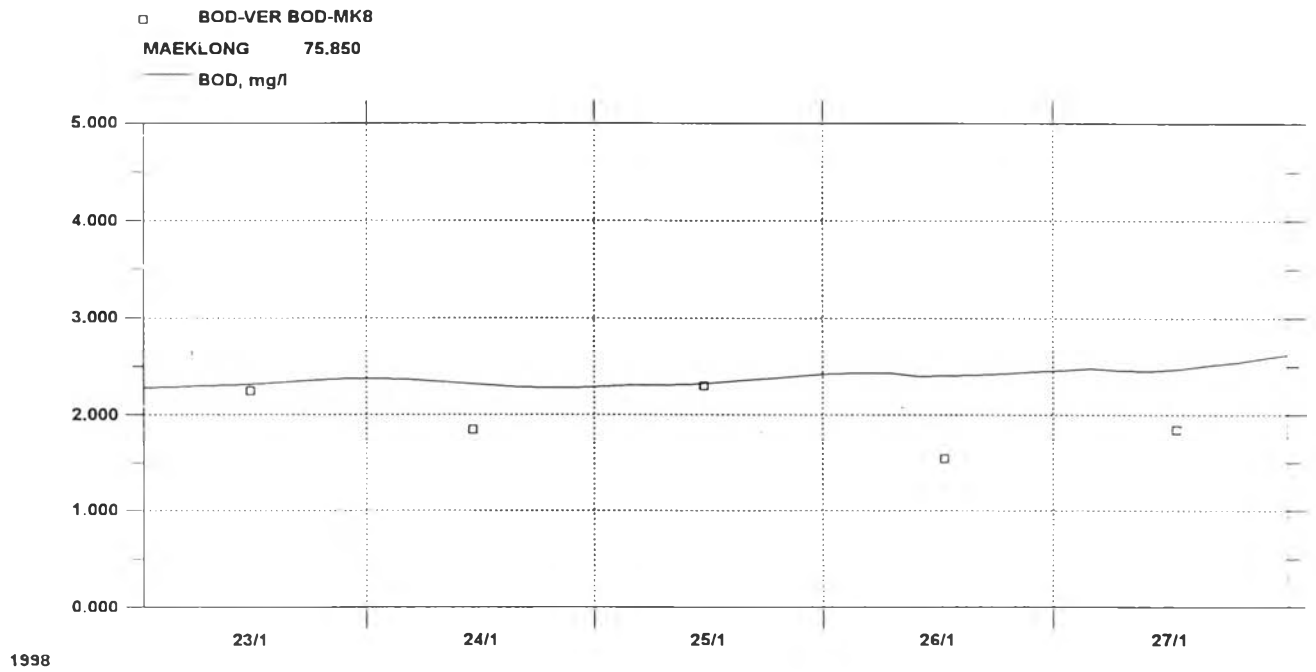
รูปที่ 6.42 ผลการตรวจสอบปริมาณบีโอดี สถานี MK11 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



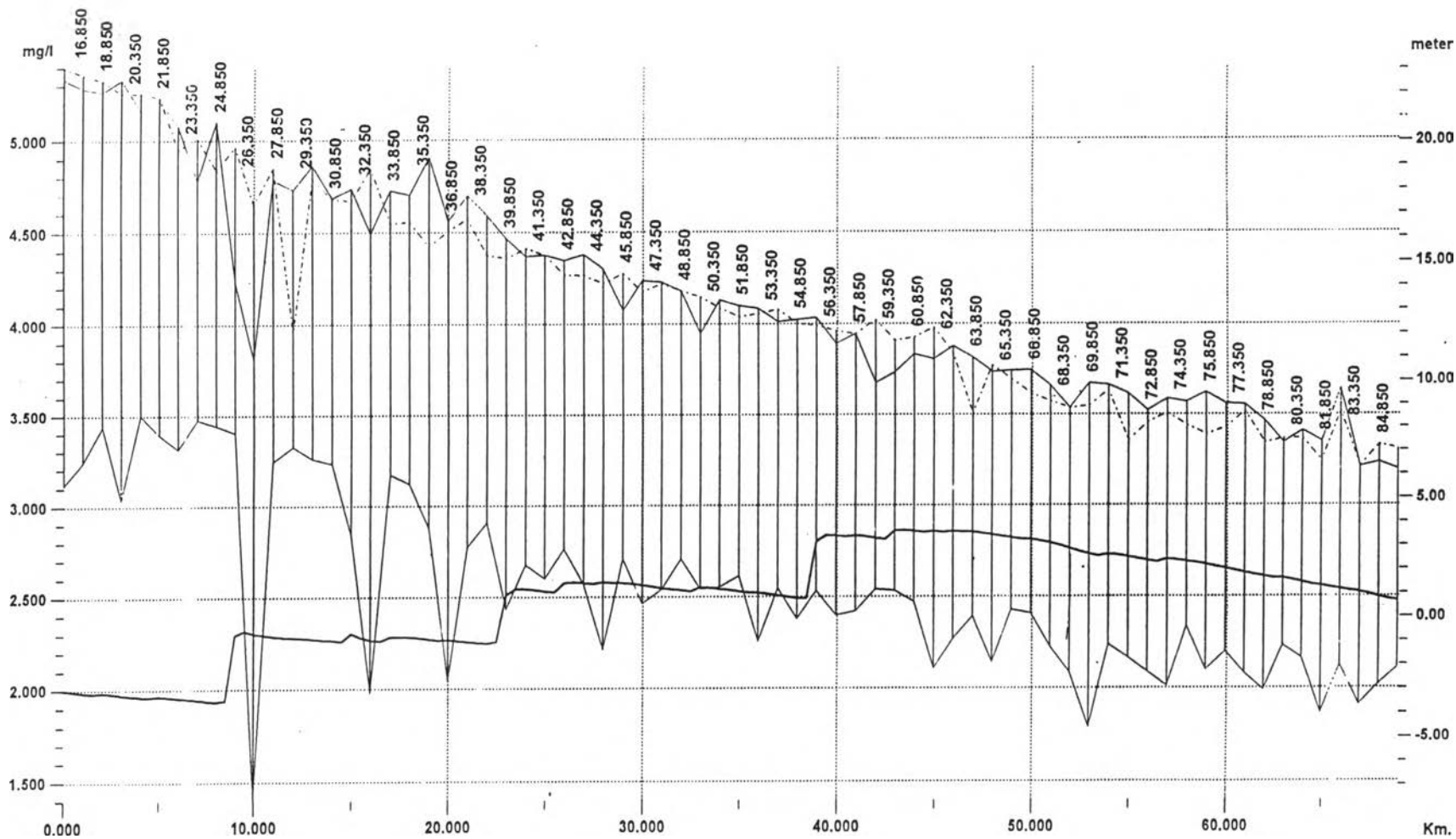
รูปที่ 6.43 ผลการตรวจสอบปริมาณบีโอดี สถานี MK10 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



รูปที่ 6.44 ผลการตรวจสอบปริมาณบีโอดี สถานี MK9 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

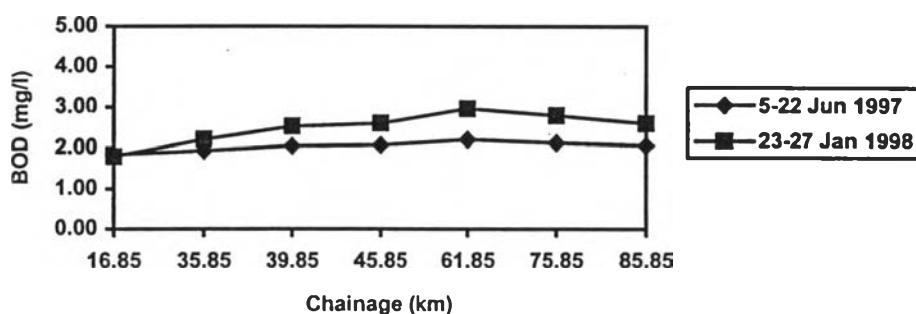


รูปที่ 6.45 ผลการตรวจสอบปริมาณบีโอดี สถานี MK8 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



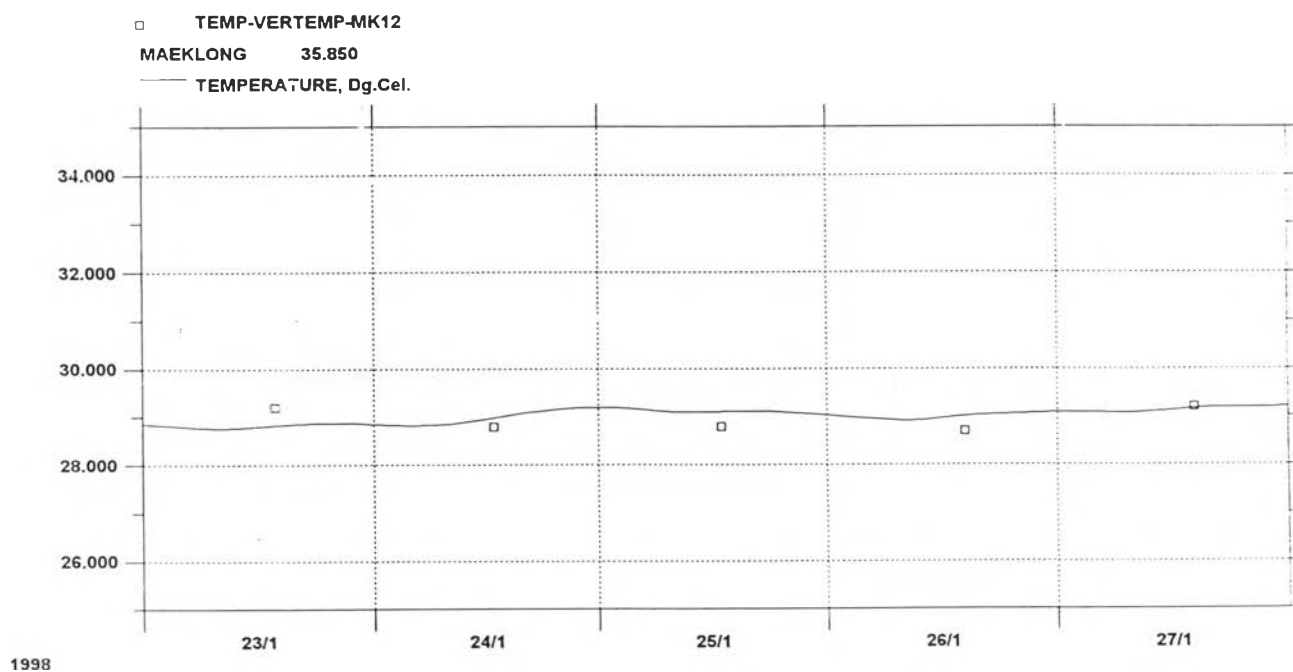
รูปที่ 6.46 ผลการคำนวณบีโอดีตามระยะทาง วันที่ 25 มกราคม พ.ศ.2541

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณบีโอดีเฉลี่ยตามระยะทางของลำน้ำ ในช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 ได้ผลดังรูป 6.47

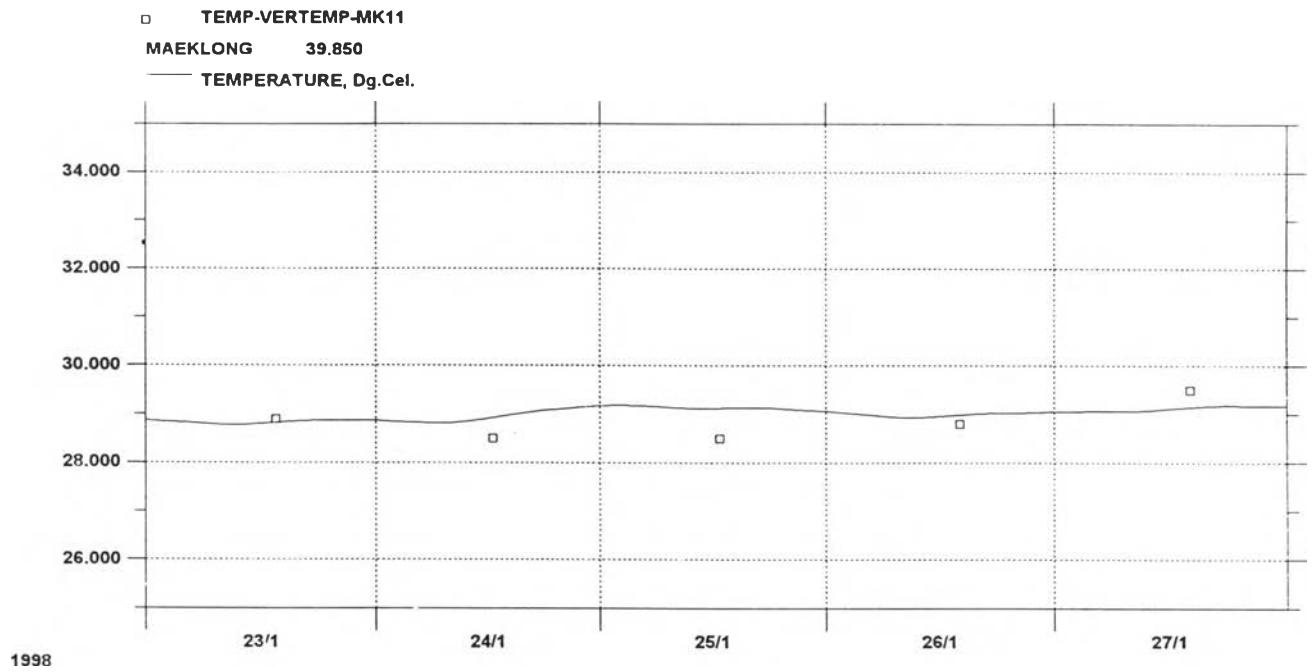


รูปที่ 6.47 แสดงผลการคำนวณบีโอดีเฉลี่ยตามระยะทาง ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

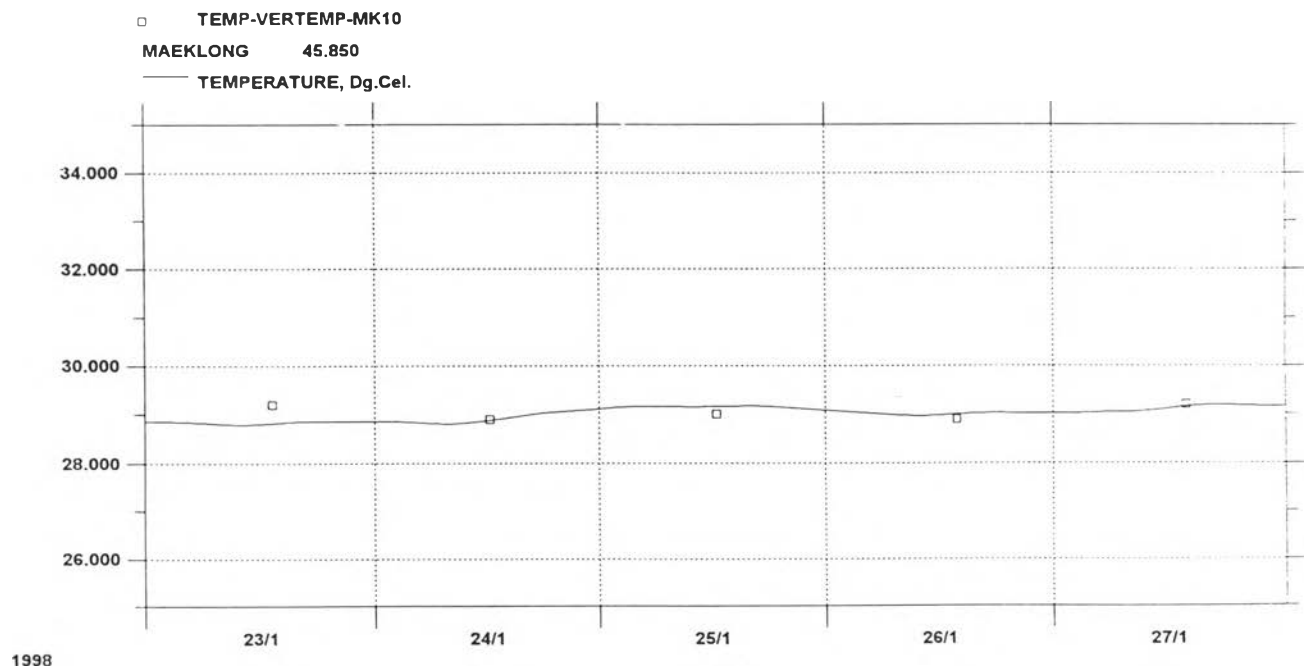
ผลการตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณค่าอุณหภูมิของแบบจำลองที่สถานี MK12 , MK11 MK10 , MK9 และ MK8 ในช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 โดยมีผลของการคำนวณดังรูป 6.48 , 6.49 , 6.50 , 6.51 และ 6.52 ตามลำดับ



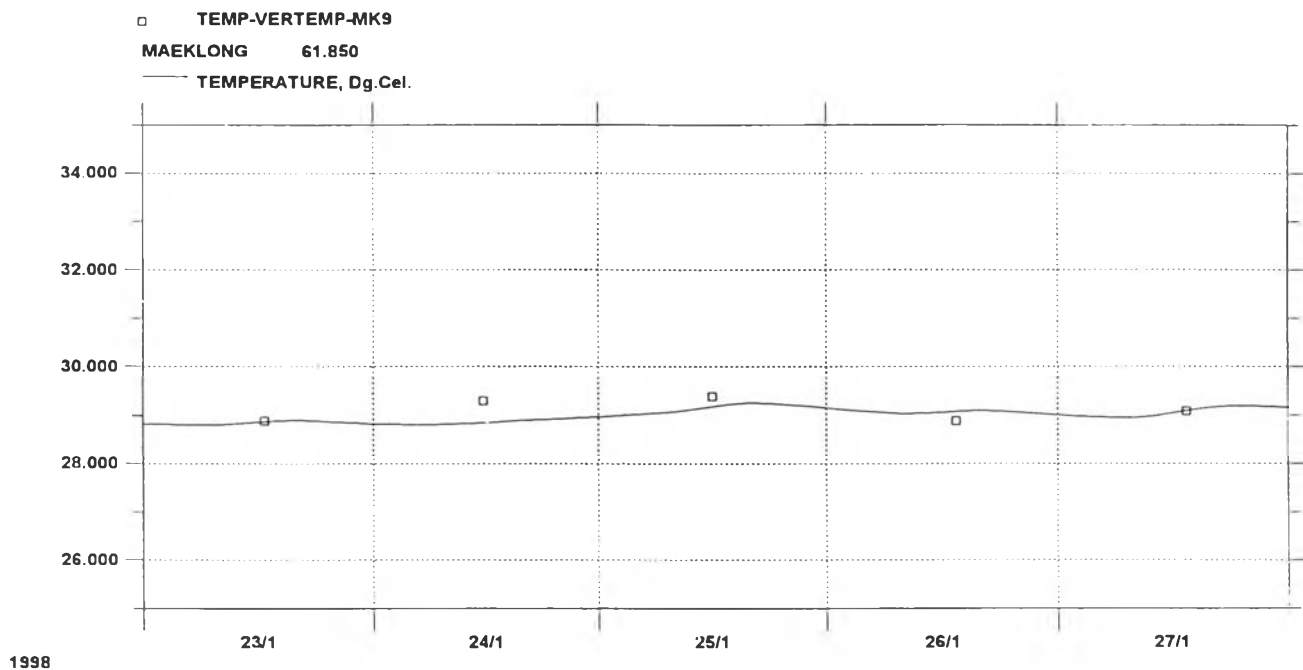
รูปที่ 6.48 ผลการตรวจสอบค่าอุณหภูมิ สถานี MK12 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



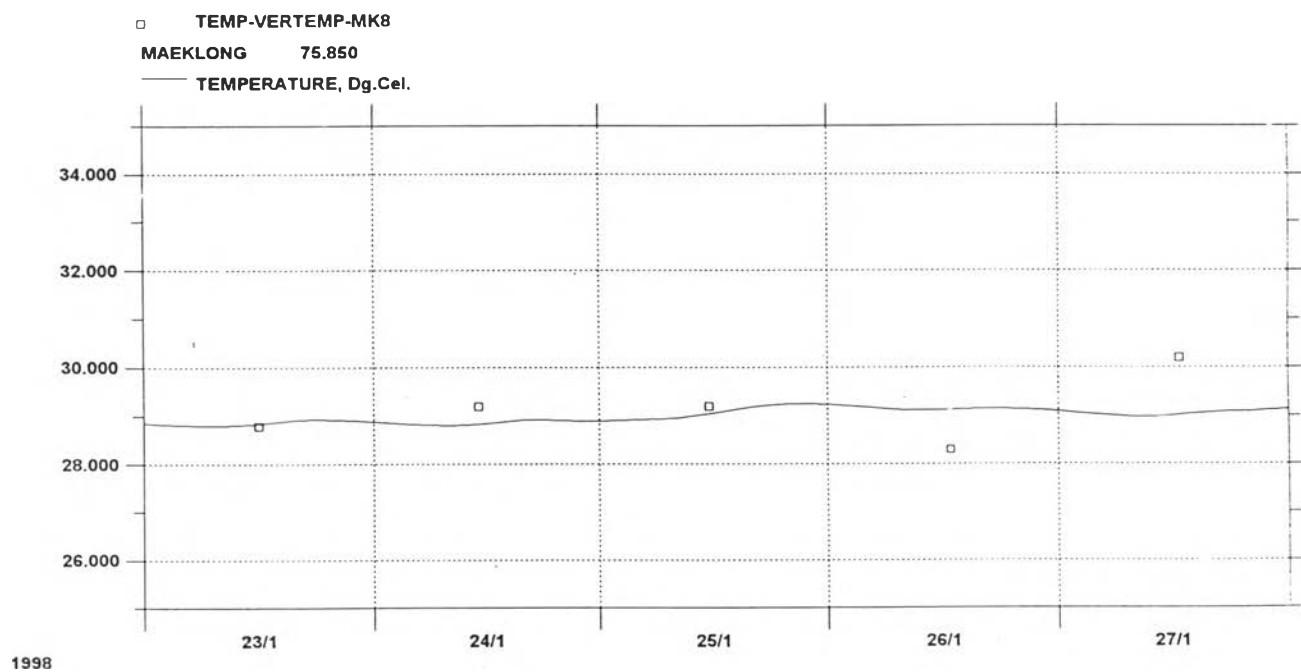
รูปที่ 6.49 ผลการตรวจสอบอุณหภูมิที่สถานี MK11 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



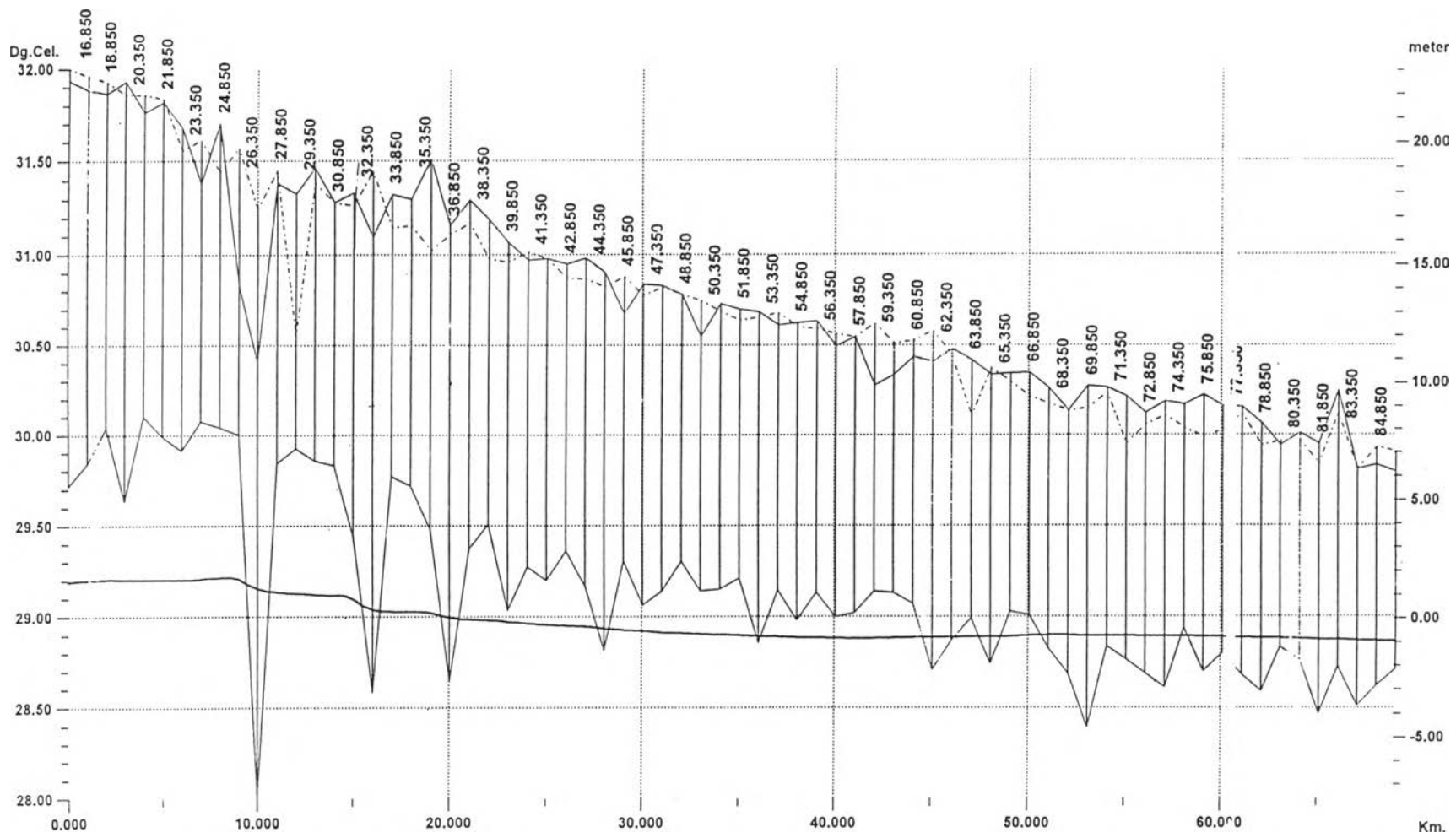
รูปที่ 6.50 ผลการตรวจสอบอุณหภูมิที่สถานี MK10 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



รูปที่ 6.51 ผลการตรวจสอบอุณหภูมิที่สถานี MK9 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541

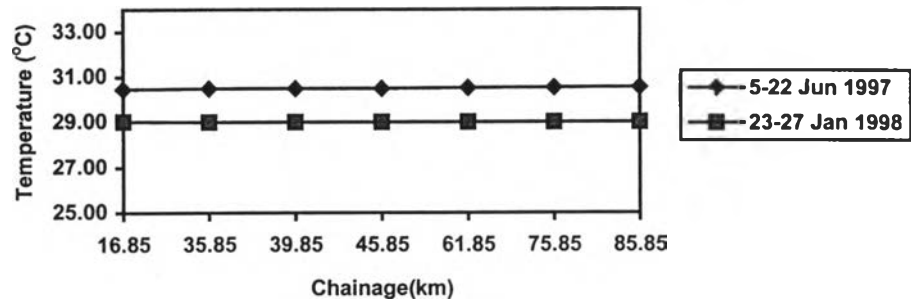


รูปที่ 6.52 ผลการตรวจสอบอุณหภูมิที่สถานี MK8 ช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



รูปที่ 6.53 ผลการคำนวณอุณหภูมิตามระยะทาง วันที่ 25 มกราคม พ.ศ.2541

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยตามระยะทางของลำน้ำ ในช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 ได้ผลดังรูป 6.54



รูปที่ 6.54 แสดงผลการคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยตามระยะทาง ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ. 2540 และ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541



## 6.2. วิเคราะห์ผลการศึกษา

### 6.2.1 คุณภาพน้ำที่ได้จากการคำนวณและจากการสำรวจ

#### 1.) ออกซิเจนละลาย (DO)

ผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายทั้งจากค่าที่ได้จากการสำรวจ (รูปที่ 6.1) และค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง (รูปที่ 6.40) พบว่า มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ ปริมาณออกซิเจนละลายจะลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะทางจากต้นน้ำไปยังท้ายน้ำ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากระยะทางการไหลของน้ำจากต้นน้ำไปยังท้ายน้ำไปผ่านแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่เกษตรกรรมและปศุสัตว์ ทำให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ท้ายน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายน้อยลง เนื่องจากแบคทีเรียใช้ออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีปริมาณมากขึ้น แต่ในกรณีสถานี MK13 มีความขัดแย้งกัน คือ มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่าจุดถัดลงมา MK12 ทั้งนี้เนื่องจาก สถานี MK13 ซึ่งเป็นสถานีแรกในการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำนั้น ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเหนือเขื่อนวชิราลงกรณ์ซึ่งบริเวณนี้ในแม่น้ำมีความเร็วในการไหลน้อย อีกทั้งแม่น้ำมีความลึกมาก จากลักษณะดังกล่าวจึงอาจมีผลทำให้อัตราการเติมอากาศน้อยลงเมื่อสังเกตจากสมการคำนวณสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ (สมการที่ 6.4) เห็นได้ว่า สัมประสิทธิ์การเติมอากาศนั้นจะแปรผันตรงกับความเร็วในการไหลและจะแปรผกผันกับความลึกของลำน้ำ รวมทั้งสาเหตุที่เกี่ยวข้องกันอีกประการหนึ่ง คือ เมื่อแม่น้ำมีความลึกมากขึ้นความเข้มแสงที่ส่องผ่านลงไปสู่แหล่งน้ำจึงน้อยลงซึ่งอาจมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่ต้องการแสงในการดำรงชีวิต กล่าวคือ ทำให้สังเคราะห์แสงได้น้อยลงเป็นเหตุให้น้ำมีค่าออกซิเจนละลายต่ำเมื่อสังเกตผลของสถานีถัดไป คือ สถานี MK12 ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนละลายสูงสุดทั้ง 2 ช่วงเวลาที่ศึกษาและการคำนวณโดยแบบจำลอง ดังรูปที่ 6.1 และ 6.40 อาจมีสาเหตุมาจากสถานี MK12 นี้เป็นสถานีแรกที่ตรวจวัดคุณภาพน้ำหลังการปล่อยน้ำจากเขื่อนวชิราลงกรณ์ลงมาทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำยังมีน้อยทำให้น้ำยังมีคุณภาพดีอยู่ อีกทั้งอีกสาเหตุหนึ่ง ดังแสดงจากรูปแสดงความเร็วในการไหลจากการคำนวณโดยแบบจำลอง (ภาคผนวกรูปที่ ข-6, ข-7) แสดงให้เห็นว่าความเร็วในการไหลมีค่าสูงที่สุดบริเวณนี้เนื่องจากแม่น้ำมีความชันมาก (กิโลเมตรที่ 33.85 - 35.85) ซึ่งเมื่อความเร็วในการไหลสูงจะมีผลทำให้อัตราการเติมอากาศสูงเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จุฬามัณฑก์ รักชิตธรรม (2539)

จุฬามัณฑก์ รักชิตธรรม (2539) ซึ่งศึกษาความเร็วของกระแสในแม่น้ำแม่กลองตอนบนพบว่า บริเวณบ้านใหม่ชัยมงคล อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี ความเร็วกระแสมีค่าระหว่าง 0 ถึง  $0.46 \pm 0$  เมตรต่อวินาที ส่วนบริเวณบ้านวังศาลา อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี กระแสน้ำมีความเร็วระหว่าง 0 ถึง  $1.188 \pm 0.004$  เมตรต่อวินาที อีกทั้งบริเวณบ้านแสนตอ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี ความเร็วของกระแสมีค่าระหว่าง  $0.31 \pm 0$  ถึง  $1.19 \pm 0$  เมตรต่อวินาที และสถานีสุดท้ายคือ บ้านดงขมิ้น อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี มีค่าความเร็วของกระแสมีค่าระหว่าง 0 ถึง  $1.23 \pm 0.113$  เมตรต่อวินาที เมื่อพิจารณาความเร็วของกระแสน้ำ

ในแม่น้ำแม่กลองตอนบนในรอบปีมีค่าระหว่าง  $0.16 \pm 0.16$  ถึง  $0.81 \pm 0.56$  เมตรต่อวินาที โดยมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยมีค่า  $0.42 \pm 0.23$  เมตรต่อวินาที

ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลหนึ่งเพื่ออธิบายผลของปริมาณออกซิเจนละลายสูงสุด ณ สถานี MK12 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณสะพานแสนตอ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี ซึ่งจากการศึกษาของ จุฬามัณฑกั รักชิตธรรม (2539) แสดงได้ว่าบริเวณบ้านแสนตอ อ.ท่ามะกา เป็นบริเวณที่กระแสน้ำมีความเร็วในการไหลสูง จึงอาจแสดงให้เห็นว่าความเร็วในการไหลเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำใน 2 ช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่า ปริมาณออกซิเจนละลายของช่วงหลังสูงกว่าช่วงแรก อาจเนื่องมาจาก ช่วงเดือนมิถุนายนเป็นช่วงปลายฤดูแล้งต่อกับฤดูฝน กรณีนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Holden (1970) ซึ่งพบว่า ในช่วงต้นฤดูฝนปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าต่ำกว่าในฤดูแล้ง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเริ่มมีฝนตกน้ำฝนจะชะล้างจุลินทรีย์และอินทรีย์สารลงสู่แหล่งน้ำทำให้มีการออกซิเดชันทางชีวเคมีสูงปริมาณออกซิเจนจึงต่ำ แต่เมื่อฝนตกต่อเนื่องไประยะหลัง ๆ ปริมาณจุลินทรีย์และอินทรีย์สารในแหล่งน้ำจะลดลง เนื่องจากได้ถูกพัดพาไปกับน้ำในช่วงแรก ๆ แล้วทำให้มีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นอีก ส่วนสาเหตุอีกประการหนึ่ง ซึ่งมีผลให้ปริมาณออกซิเจนในช่วงต้นฤดูฝนมีค่าน้อย เนื่องจาก ขณะที่ฝนตกทำให้มีการไหลบ่าของน้ำเป็นผลให้น้ำในแม่น้ำขุ่นเนื่องจากการชะล้างเอาสารต่าง ๆ หน้าดินและตะกอนลงในแหล่งน้ำ ทำให้น้ำมีความขุ่นมากขึ้น (Weidner et al, 1968) ซึ่งความขุ่นนี้มีผลให้ออกซิเจนละลายน้ำได้ลดลงและขัดขวางการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ให้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลงด้วย นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลที่สนับสนุนเหตุผลนี้คือ โดย ศุภพร ภูเกษมวางกูร (2538) กล่าวว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการละลายของปริมาณออกซิเจนในน้ำ คือ อุณหภูมิโดยถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำจะทำให้ ออกซิเจนละลายได้มากขึ้น

จุฬามัณฑกั รักชิตธรรม (2539) กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้วปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรมีไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นออกซิเจนที่ละลายในน้ำของแม่น้ำแม่กลองที่ทำการศึกษายังอยู่ในระดับที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

จากรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534) สรุปว่า ปริมาณออกซิเจนละลายในปี พ.ศ.2530 - 2533 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.2 , 5.5 , 4.2 , 5.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กรมควบคุมมลพิษ (2538) สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2538 พบว่า มีปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยของแม่น้ำแม่กลอง มีค่าเท่ากับ 6.3 มิลลิกรัม

ต่อลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน จัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 3

## 2.) บีโอดี (BOD)

ผลการเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงที่ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ค่าบีโอดี ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 6.2 แสดงให้เห็นว่าค่าบีโอดีจะเพิ่มขึ้นตามระยะทาง ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งน้ำทิ้งชุมชนรวมทั้งเกษตรกรรมและปศุสัตว์ ซึ่งเห็นได้ชัดในการคำนวณโดยแบบจำลองคุณภาพน้ำ (รูปที่ 6.21 และ 6.53) จากรูปบีโอดีที่เพิ่มขึ้นในจุดแรก (กิโลเมตรที่ 25.85) เกิดจากจุดนี้มีการปล่อยน้ำเสียจากตำบลวังศาลา อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี ซึ่งน้ำทิ้งหลักของตำบลนี้มาจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษขนาดใหญ่และโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรที่ตั้งอยู่ โดยจุดที่กราฟสูงขึ้นในช่วงที่สอง (กิโลเมตรที่ 39.85) ซึ่งเป็นจุดที่มีการทิ้งน้ำเสียจากตำบลท่ามะกา อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี ซึ่งน้ำทิ้งหลักยังคงมาจากโรงงานอุตสาหกรรมเช่นเดียวกับจุดแรก โดยในตำบลท่ามะกา อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี โรงงานอุตสาหกรรมหลักเป็นโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลขนาดใหญ่ ซึ่งน้ำทิ้งส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซึ่งมีปริมาณมาก (ตารางที่ 5.14) และการเพิ่มสูงขึ้นของบีโอดีในช่วงสุดท้ายของการคำนวณโดยแบบจำลอง คือ ช่วงกิโลเมตรที่ 55.85 - 59.85 ซึ่งมีสาเหตุมาจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษขนาดใหญ่ บริเวณตำบลท่าผา และน้ำทิ้งจากเทศบาลเมืองขนาดใหญ่ในอำเภอบ้านโป่ง จ.ราชบุรี และสังเกตได้ว่าผลการคำนวณทั้ง 2 ช่วงเวลา มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน แตกต่างกันที่ปริมาณน้ำของแม่น้ำในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณบีโอดี

ส่วนผลการตรวจวัดค่าบีโอดี พบว่า ในช่วงแรก วันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 สถานที่ที่มีปริมาณบีโอดีสูงที่สุด คือ MK7 ส่วนช่วงที่ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง วันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 สถานที่ที่มีปริมาณบีโอดีสูงที่สุด คือ MK9 ดังจะเห็นว่าผลการตรวจวัดและผลการคำนวณในแบบจำลองได้ผลคล้ายคลึงกัน คือ ท้ายน้ำจะมีปริมาณบีโอดีสูงกว่าต้นน้ำ เนื่องจากมีการสะสมสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในกรณีของปริมาณบีโอดีมีค่าสูงต่ำสลับกันไปนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณการบีโอดีที่ปล่อยลงมาสู่แม่น้ำ ซึ่งแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งชุมชน โดยการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2525) กล่าวว่า สารอินทรีย์จากแหล่งชุมชนเกิดจากน้ำทิ้งจากบ้านเรือนและชุมชนซึ่งมาจากน้ำทิ้งเพราะการซักล้างหรือสิ่งปฏิกูล จะปล่อยน้ำเสียในรูป  $BOD_5$  เฉลี่ยวันละประมาณ 0.045 - 0.05 กิโลกรัม ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ (2529) ได้กล่าวว่า น้ำทิ้งจากการเลี้ยงสุกรมีปริมาณสารอินทรีย์ในรูป  $BOD_5$  ประมาณ 0.1034 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน อีกทั้ง การเลี้ยงปลาจะปล่อยของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำในรูป  $BOD_5$  ประมาณ 0.0049 กิโลกรัมต่อวันต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม รวมถึงการเพิ่มของ

ปริมาณบีโอดีที่เกิดจากการสะสมตะกอนหรือสารอินทรีย์ในชั้น benthic zone (Orlob, 1983) ส่วนสาหร่ายพืชน้ำและแพลงตอนพืชจะขับถ่ายสารอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลสูงตลอดจนการย่อยสลายพืชน้ำที่ตายแล้ว เศษไปไม่เป็นการเพิ่มสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำด้วย (Steelink, 1977) ดังนั้นจากแหล่งที่มาดังกล่าวข้างต้นล้วนแต่เป็นสาเหตุของการเพิ่มบีโอดีในแหล่งน้ำทั้งสิ้นซึ่งถ้ามีปริมาณมากอาจทำให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำได้

จากผลการคำนวณปริมาณบีโอดีจากแบบจำลอง เห็นได้ชัดว่า หลังจากมีการสูงขึ้นของกราฟเนื่องจากสารอินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ สารอินทรีย์ดังกล่าวจะถูกย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง สังเกตจากกราฟจะลดลงเรื่อย ๆ ถ้าไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูงและมีปริมาณมากลงสู่แหล่งน้ำอีก ปริมาณบีโอดีก็ควรจะลดลง ซึ่ง Andrews, Moore และ Leroy (1972) กล่าวว่า ถ้ามีการทิ้งสารอินทรีย์ในปริมาณน้อย ลงไปในแหล่งน้ำนั้นแบคทีเรียจะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์อยู่ตลอดเวลาในขณะที่มีการปล่อยน้ำเสียลงไป เนื่องจากออกซิเจนที่แทนที่โดยธรรมชาติจะเกิดขึ้นเท่าเทียมกับที่ผู้ย่อยสลายใช้ไป แต่ถ้ามีสารอินทรีย์เป็นปริมาณมากเกินไปทำให้ประชากรผู้ย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีผลทำให้ปริมาณบีโอดีสูงขึ้นทำให้เกิดปัญหาการขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำได้

ส่วนเมื่อเปรียบเทียบปริมาณบีโอดีทั้งของการคำนวณในทั้ง 2 ช่วงเวลา พบว่า ปริมาณบีโอดีในช่วงหลังมีค่าสูงกว่าช่วงแรก น่าจะมีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำในแม่น้ำช่วงหลังต่ำกว่าช่วงแรกทำให้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในช่วงหลังมีปริมาณบีโอดีสูงกว่าในช่วงแรก

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีจากรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย พ.ศ. 2530 - 2534 สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534) รายงานปริมาณบีโอดีของแม่น้ำแม่กลอง พ.ศ. 2530 - 2533 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 , 2.0 , 1.9 , 2.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กรมควบคุมมลพิษ (2538) สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2538 พบว่า มีค่าบีโอดีเฉลี่ยของแม่น้ำแม่กลอง มีค่าเท่ากับ 1.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน จัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 3

### 3.) อุณหภูมิ (Temperature)

ผลจากการตรวจวัดอุณหภูมิในภาคสนามและผลการคำนวณในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แสดงดังรูป 6.4 และ 6.47 แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิเป็นพารามิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์อื่นที่ได้ทำการศึกษา อาจเนื่องมาจากบริเวณนี้อยู่ในพื้นที่ที่มีปัจจัยในการควบคุมอุณหภูมิที่คล้ายคลึงกัน รวมทั้งบริเวณพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนขนาดใหญ่ตั้งอยู่ เช่น โรงงานซึ่งใช้น้ำร้อนในระบบหล่อเย็นและปล่อยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงลงแหล่งน้ำ (Smith, 1992) โรงไฟฟ้าพลังงาน

ความร้อน ซึ่งมักเป็นแหล่งกำเนิดหลักของมลภาวะทางความร้อนในแหล่งน้ำ อีกทั้งอาจเกิดจากกระบวนการทางชีวเคมี ซึ่งในกรณีนี้มักเกิดในแหล่งน้ำที่มีมลภาวะสูง (Krenkel และ Parker, 1969) โดยอุณหภูมิของน้ำทั้งตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม กำหนดไว้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2539) ซึ่งปัจจุบันริมแม่น้ำแม่กลองไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนดังกล่าว

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำใน 2 ช่วงเวลา พบว่า ในช่วงหลังมีอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงแรกเล็กน้อย น่าจะมีสาเหตุมาจาก ช่วงเวลาหลังของการเก็บตัวอย่างเป็นช่วงฤดูหนาว ซึ่งอากาศมีอุณหภูมิต่ำทำให้อุณหภูมิน้ำต่ำลงเช่นกัน อีกทั้ง นงลักษณ์ และ ปรีชา สุวรรณทัต (2539) กล่าวว่า อุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล สถิติกรมอุทกวิทยา พ.ศ. 2499 - 2534 ของจังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดราชบุรีช่วงเดือนมกราคม มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.4 องศาเซลเซียส และเดือนมิถุนายน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.8 องศาเซลเซียส (บริษัท พอล คอนกรีตแอนด์ จำกัด, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และบริษัท วอเตอร์ แอนด์ เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด, 2536)

สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยของแม่น้ำแม่กลองจากรายงานคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลอง สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2532) กล่าวว่า ในปี พ.ศ. 2529 - 2531 อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในแม่น้ำมีค่าอยู่ในช่วง 23.1 - 29.6 องศาเซลเซียส , 27.7 - 31.5 องศาเซลเซียส และ 25.5 - 30.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับและในปี พ.ศ. 2533 , 2535 และ 2536 อุณหภูมิแม่น้ำแม่กลองมีค่าอยู่ในช่วง 30.1 - 31.1 , 26.3 - 31.5 และ 29.5 - 31.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2536) สำหรับประเทศไทยอุณหภูมิของแม่น้ำอยู่ในช่วงประมาณ 23 - 32 องศาเซลเซียส ซึ่งเห็นได้ว่าอุณหภูมิต่อแต่ละปีมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเพียงเล็กน้อยและยังมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิน้ำในแหล่งน้ำอื่น ๆ ในประเทศไทยอีกด้วย เช่น แม่น้ำมูล มีอุณหภูมิน้ำระหว่าง 23.6 - 27.6 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.04 องศาเซลเซียส (ชาญณรงค์ แก้วเล็ก, 2532) และแม่น้ำชี มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 27.3 องศาเซลเซียส (สุรจิต สุขกันตะ, 2530)

#### 4.) เฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform bacteria)

จากผลการตรวจวัดปริมาณเฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ( รูปที่ 6.3) พบว่า ช่วงแรก (5 - 22 มิถุนายน พ.ศ. 2540) มีแนวโน้มเป็นไปตามการคำนวณโดยแบบจำลอง (รูปที่ 6.33) กล่าวคือ ปริมาณเฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงท้ายน้ำแต่ช่วงเวลาหลัง (23 - 27 มกราคม พ.ศ. 2541) พบว่า ปริมาณเฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียจากการสำรวจมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไป โดยมีค่าสูงและต่ำเป็นบางสถานี ดังสังเกตจากปริมาณเฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียแต่ละจุดเก็บ (รูปที่ 6.3) ส่วนปริมาณเฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ได้จากการคำนวณทั้ง 2 ช่วงเวลาจะมีลักษณะของกราฟสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามตำแหน่งที่มีปริมาณการปนเปื้อนเฟคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียจากแหล่งน้ำทิ้งชุมชนที่ปล่อยลงมาสู่แหล่งน้ำ

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในช่วงหลัง(วันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541) พบว่า ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย จะมีค่าค่อนข้างต่ำในบริเวณที่ผ่านชุมชนระดับเทศบาล แต่จะสูงขึ้นเมื่อผ่านชุมชนขนาดเล็กริมแม่น้ำ ซึ่งอาจเกิดจากชุมชนระดับเทศบาลเป็นชุมชนที่มีความเจริญแล้ว บ้านเรือนแต่ละหลังอาจมีบ่อเกรอะ เพื่อเก็บกักน้ำทิ้งจากการขับถ่ายก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ในขณะที่ชุมชนขนาดเล็กที่อยู่ติดริมแม่น้ำอาจมีการถ่ายทิ้งน้ำเสียส่วนนี้ลงสู่แม่น้ำโดยตรง อีกสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากเมื่อสังเกตจากข้อมูลการทำฟาร์มปลุสัตว์ขนาดใหญ่ (ตารางที่ 5.15 , 5.16 , 5.30 และ 5.31) นั้น มักจะไม่ตั้งอยู่ในชุมชนขนาดใหญ่ระดับเทศบาล ดังนั้น จากผลการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่าแม่น้ำแม่กลองในช่วงที่ผ่านชุมชนขนาดเล็กตรวจพบว่ามีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มสูงกว่าชุมชนขนาดใหญ่ (สถานี MK10) ส่วนผลการเปรียบเทียบปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเมื่อสังเกตจากกราฟมีความแตกต่างมากกว่าพารามิเตอร์อื่น อาจเนื่องมาจากในการศึกษาครั้งนี้การคำนวณภาระน้ำทิ้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองนั้น ค่าเฉพาะแหล่งกำเนิดน้ำทิ้งชุมชนเท่านั้น ทำให้ผลการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียระหว่างค่าที่ได้จากการสำรวจและค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองให้ผลแตกต่างกันมากกว่าพารามิเตอร์อื่น อีกทั้งยังสามารถเพิ่มขึ้นจากการปล่อยน้ำทิ้งที่เกิดจากฟาร์มปลุสัตว์ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดน้ำทิ้งที่มีปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากที่สุด (Geldreich, 1967) ซึ่งไม่ได้คำนวณปริมาณภาระของฟีคัลโคลิฟอร์มจากฟาร์มปลุสัตว์ลงในแบบจำลองด้วย เนื่องจาก ไม่พบผลงานวิจัยที่มีผู้วิจัยเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ได้ในพื้นที่ศึกษาหรือพื้นที่ทั่วไป รวมถึงปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มที่มาจากการบ่งเบือนจากดิน สาเหตุเหล่านี้เป็นสาเหตุหลักที่อธิบายถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างค่าจากการสำรวจและค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง

รวมถึงสาเหตุอื่นที่มีผลกระทบต่อค่าการเพิ่มหรือลดจำนวนของปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่อาจแสดงถึงความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ได้แก่

1. อุณหภูมิ ซึ่ง Stanier et al (1976) กล่าวว่า *E. Coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียในกลุ่มของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic bacteria) คือ มีอุณหภูมิระหว่าง 20 - 45 องศาเซลเซียส
2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซึ่งระดับ pH ที่เหมาะสมของแบคทีเรียโดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 5.0 - 9.0 ส่วน pH ที่เหมาะสม คือ 7.0 (เสริมพล รัตสุขและ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524)
3. ชนิดและปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ ซึ่งฟีคัลโคลิฟอร์มเป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ซึ่งต้องการสารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงาน ดังนั้นถ้าแหล่งน้ำมีสารอินทรีย์เพียงพอฟีคัลโคลิฟอร์มจะสามารถดำรงชีวิตและสืบพันธุ์ได้
4. แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ซึ่งสำคัญต่อการอยู่รอดของแบคทีเรีย เนื่องจากเป็นปัจจัยควบคุมการเคลื่อนย้ายเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรักษาความเข้มข้นของ substrate และ solute ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม โดย White และ Godfree (1985) พบว่า ปากแม่น้ำทำให้ปริมาณ

*E. coli* ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากความเค็มที่แพร่เข้ามา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันออสโมติกในเซลล์แบคทีเรียทำให้เซลล์เกิดการเสียหายทำให้ปริมาณแบคทีเรียลดจำนวนลง

5. แสงแดด ซึ่งมีบทบาทต่อปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นอย่างมาก เนื่องจากแสงแดดเป็น Bactericide ทำให้การเจริญเติบโตลดลง (กุนตี เทพประสิทธิ์, 2530) ซึ่งมีผลให้การสืบพันธุ์ของฟีคัลโคลิฟอร์มน้อยลงด้วย

6. ชนิดของแหล่งน้ำ โดยฟีคัลโคลิฟอร์มจะอยู่ในน้ำผิวดินได้มากกว่าน้ำใต้ดิน เนื่องจากแหล่งน้ำผิวดินมีการปนเปื้อนจากทั้งมนุษย์และสัตว์ แต่ถ้าเป็นน้ำใต้ดินซึ่งจะผ่านชั้นดินซึ่งมีคุณสมบัติของการกรองสารอินทรีย์แต่ละชนิดทำให้มีปริมาณลดลง

7. ฤดูกาล ในช่วงต้นฤดูฝนจะมีการชะล้างจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินเป็นปริมาณมาก แต่ในช่วงฝนตกกระาะหลังปริมาณแบคทีเรียในแหล่งน้ำจะลดต่ำลง เนื่องจากสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกพัดพาไปแล้วในช่วงต้นฤดูฝน และปริมาณของน้ำฝนจะมาเจือจางปริมาณแบคทีเรียในแหล่งน้ำ (Holden, 1970)

8. การใช้ประโยชน์ของที่ดิน ซึ่ง Dabney (1971) ศึกษาการใช้ที่ดินต่อคุณภาพน้ำทางแบคทีเรียในมลรัฐ Texas พบว่า คุณภาพน้ำทางแบคทีเรียในลุ่มน้ำปาธรรมชาติที่ไม่มีกิจกรรมของมนุษย์จะค่อนข้างคงที่ โดยมีโคลิฟอร์มอยู่ระหว่าง 93 - 95 MPN/100ml สำหรับคุณภาพน้ำจากแหล่งเกษตรกรรมและแหล่งชุมชน ตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในช่วง 111 - 3,400 MPN/100ml ซึ่งจำนวนสูงสุด ตรวจพบบริเวณลำน้ำที่รองรับน้ำทิ้งและขยะมูลฝอยจากแหล่งชุมชน

9. ศัตรูของแบคทีเรีย ซึ่งจากการศึกษาของ Mitchell และ Chamberlin (1978) พบว่า ศัตรูของแบคทีเรียจะมีผลต่อการลดลงของฟีคัลโคลิฟอร์มแต่น้อยมาก โดยศัตรูจะเป็นพวก amoebae และ parasite อื่น ๆ

#### 10. โรคของแบคทีเรีย (Bacteriophage)

จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตนั้นเกิดจากหลายสาเหตุ ซึ่งแต่ละสาเหตุล้วนแต่มีความสัมพันธ์กัน ทำให้ในการศึกษาแบบจำลองของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่ง EPA (1975) สรุปผลการทดลองความเชื่อถือได้ของแบบจำลอง QUAL II ในการจำลองปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มได้ผลของความเชื่อถือพอใช้ได้ (Fair) เท่านั้น ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลการปรับเทียบค่าฟีคัลโคลิฟอร์มมีค่าแตกต่างกันมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำอื่นที่ทำการศึกษา

## 6.2.2. ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ในการเปรียบเทียบแต่ละแบบจำลอง

### 1.) แบบจำลองทางชลศาสตร์ (Hydrodynamic Model ; HD Model)

จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ ซึ่งทำการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำของสถานี K2B เพียงสถานีเดียว เนื่องจากตลอดทั้งลำน้ำมีสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำและระดับน้ำเพียง 3 สถานี ซึ่งเป็นขอบเขตต้นน้ำและท้ายน้ำรวม 2 สถานี จึงมีสถานีเปรียบเทียบเพียงสถานีเดียว รวมทั้งในการเปรียบเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ไม่สามารถกระทำช่วงเดียวกับช่วงที่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ เนื่องจาก กรมชลประทานได้ยกเลิกสถานีเก็บตัวอย่าง K2B ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2540 ทำให้การเปรียบเทียบแบบจำลองจึงต้องทำในเดือนธันวาคม พ.ศ.2539 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2540 เท่านั้น ผลการเปรียบเทียบสถานี K2B ซึ่งช่วงนี้มีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง (tidal effect) มาเกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่ากราฟแสดงระดับน้ำ ดังรูป (6.5 และ 6.28 ) นี้มีความเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอย่างเป็นรูปแบบ เนื่องมาจากอิทธิพลของระดับน้ำขึ้นลงของน้ำทะเล ในการเปรียบเทียบจึงไม่สามารถเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำได้ อีกทั้งสถานีเปรียบเทียบของแม่น้ำแม่กลองตลอดลำน้ำทั้งตอนบนและตอนล่างมีเพียงสถานีเดียว

โดยการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งนั้นทำโดยการ trial and error ให้อยู่ในช่วงของค่าที่ได้มีผู้วิจัยอื่นศึกษาไว้ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning's n) จากการตรวจเอกสาร พบว่า

(1.) กฤษฎา มหาสันตะ (2539) ศึกษา การคาดการณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่เหมาะสมตลอดทั้งลำน้ำมีค่าเท่ากับ 0.035

(2.) อิศรา พิริยะพิเศษพงศ์ (2540) ศึกษา การจัดการคุณภาพน้ำผิวดิน บริเวณโรงไฟฟ้าและเหมืองแม่เมาะ โดยค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่เหมาะสม เท่ากับ 0.033 - 0.05

(3.) Chow (1959) ได้เสนอช่วงของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ใช้ในทางน้ำธรรมชาติ มีค่าระหว่าง 0.03 - 0.10

(4.) Bruce(1990) แสดงช่วงของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งดังแสดงในตารางที่ 2.1

เมื่อสังเกตจากรูปตัดตามยาวของลำน้ำ (รูปภาคผนวกที่ ง-1 ) พบว่าแม่น้ำแม่กลองตอนบนมีลักษณะท้องน้ำที่ขรุขระ ลาดชันและคดโค้งมากเป็นช่วง ๆ ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning'n) อาจแตกต่างกันมากในแต่ละช่วงหน้าตัด จึงต้องทำการเปรียบเทียบอย่างละเอียด จึงได้แบ่งช่วงลำน้ำออกเป็น 2 ช่วง (กรมเจ้าท่า, 2539) ดังนี้



- ช่วงบน จากเขื่อนวชิราลงกรณ์ถึงบริเวณอำเภอโพธาราม (กิโลเมตรที่ 16.85 - กิโลเมตรที่ 68.85)
- ช่วงล่าง จากบริเวณ อำเภอโพธารามถึงอำเภอเมืองจังหวัดราชบุรี (กิโลเมตรที่ 68.85 - กิโลเมตรที่ 95.85)

โดยแบ่งขั้นตอนการเปรียบเทียบแบบจำลองออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

- ทาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งของช่วงบน โดยกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ของช่วงล่างเท่ากับ 0.03 ก่อน เนื่องจากเป็นค่าที่นิยมใช้กันในลำน้ำทั่วไป แล้วจึงดำเนินการตรวจสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งของแม่น้ำช่วงบน
- ทาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งของแม่น้ำช่วงล่าง โดยกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของช่วงบนเป็นค่าที่หาได้จาก ขั้นตอนแรก แล้วจึงดำเนินการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแม่น้ำแม่กลองช่วงล่าง

ผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ใช้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.03 - 0.05 (กรมเจ้าท่า, 2539) โดยในช่วงบนของลำน้ำ (กิโลเมตรที่ 16.85 - 68.85) ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเท่ากับ 0.05 เนื่องจากตอนบนของแม่น้ำแม่กลอง บริเวณอำเภอท่าม่วง และ อำเภอท่ามะกา บางช่วงมีการูดทรายจากแม่น้ำ ทำให้ลำน้ำช่วงนี้เป็นหลุมเป็นบ่อ โดยสังเกตจากหน้าตัดตามยาวของลำน้ำ (Longitudinal Profile ; รูปภาคผนวกที่ ง-1 ) ซึ่งจากการสังเกตลำน้ำช่วงนี้มีเกาะแก่งอยู่กลางลำน้ำ ทำให้เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งสูง ส่วนด้านท้ายของแม่น้ำแม่กลองตอนบน (กิโลเมตรที่ 68.85 - 95.85 ) ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง 0.03 ซึ่งใช้ค่าเดียวกับ กรมเจ้าท่า (2539) ได้ทำการศึกษาไว้ อีกทั้งเมื่อสังเกตจากหน้าตัดตามความยาวของลำน้ำ สังเกตเห็นว่า มีความขรุขระน้อยกว่าช่วงบน ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่ใช้น้อยกว่าตอนบน

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนใหญ่อ้างอิงจาก การศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจและวิศวกรรม โครงการศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาแม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำท่าจีน เพื่อการส่งออก (กรมเจ้าท่า, 2539) เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้มีสถานีที่ใช้เปรียบเทียบแบบจำลองทางชลศาสตร์ตลอดทั้งลำน้ำเพียงสถานีเดียว (K2B) ซึ่งอาจน้อยไปสำหรับการเปรียบเทียบลักษณะทางชลศาสตร์ของแม่น้ำ แต่ในการศึกษาของกรมเจ้าท่า (2539) นั้น ได้ทำการตรวจวัดระดับน้ำและปริมาณน้ำรายชั่วโมงเพิ่มเติมเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบแบบจำลองทำให้ผลการศึกษาน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

### ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง

(1.) ความขรุขระของผิวหน้าทางน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของวัตถุที่ประกอบเป็นผิวหน้าทางน้ำ โดยวัตถุที่มีเม็ดละเอียดก็ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งต่ำและวัตถุที่มีเม็ดหยาบจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งสูง ซึ่งแม่น้ำแม่กลองตอนบนพื้นที่ท้องน้ำส่วนใหญ่เป็นทรายทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งสูง

(2.) พืชที่ปกคลุมทางน้ำ เช่น หญ้า ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการต้านทานการไหลและจะลดอัตราการไหล ผลของพืชที่ขึ้นปกคลุมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ความสูง ความหนาแน่น การกระจายและชนิดของพืช ซึ่งแม่น้ำแม่กลองตอนบนมีลักษณะเป็นเกาะแก่ง ทำให้มีหญ้าขึ้นอยู่มีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระเพิ่มขึ้น

(3.) ความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำ ในทางน้ำธรรมชาติความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำจะเกิดขึ้นจาก หาดทราย หลุมและบ่อในท้องคลอง เป็นต้น จากการวิจัยพบว่าถ้าทางน้ำนั้นค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่างหรือหน้าตัดการไหล จะไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งมากนัก แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันก็จะมีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งอย่างมาก ซึ่งเมื่อสังเกตจากรูปตัดตามยาวของลำน้ำ (longitudinal profile) เห็นได้ว่าแม่น้ำตอนบน (กิโลเมตรที่ 25.85 - กิโลเมตรที่ 38.85 ) มีการเปลี่ยนแปลงของท้องน้ำอย่างรวดเร็วซึ่งลักษณะนี้ทำให้มีผลต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งมาก

(4.) การกัดเซาะและการตกตะกอน พบว่า การตกตะกอนจะทำให้ทางน้ำที่ไม่สม่ำเสมอเปลี่ยนแปลงเป็นเสมอดันเสมอลายและค่าของสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งลดลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าเกิดการกัดเซาะก็จะทำให้ทางน้ำไม่สม่ำเสมอและค่าของสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของวัตถุที่ปะปนมากับน้ำและทำให้ลักษณะการตกตะกอนแตกต่างกัน เช่น การตกตะกอนทำให้เกิดสันทรายซึ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเพิ่มขึ้น

(5.) สิ่งกีดขวาง สิ่งกีดขวางทางน้ำ เช่น ตอหม้อสะพาน จะทำให้สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเพิ่มขึ้น การเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด รูปร่าง ปริมาณและการจัดวางตัวของสิ่งกีดขวาง

(6.) ความลึกการไหลและอัตราการไหล โดยทั่วไปทางน้ำจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งลดลงเมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อธิบายได้ว่าเมื่อทางน้ำมีความลึกการไหลน้อย ความไม่สม่ำเสมอของท้องคลองจะทำให้มีบางส่วนไหลขึ้นมาทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งมีค่ามาก อย่างไรก็ตามแม่น้ำอาจจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งเพิ่มขึ้น เมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้นก็ได้ ถ้าลาดตลิ่งของทางน้ำขรุขระและมีพืชน้ำหนาแน่น

(7.) ฤดูกาลที่เปลี่ยนไป เมื่อฤดูกาลเปลี่ยนไป พืช น้ำ ภูเขา วัชพืช และต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในทางน้ำหรือบนตลิ่งก็จะมีวงจรชีวิตเติบโตหรือตาย ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแม่น้ำจึงเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป

2.) แบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสาร (Transport Dispersion Model ; TD Model)

แบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายของมลสาร ในการรับเทียบใช้กับมลสารที่ไม่มีการย่อยสลาย (Conservative pollutant) หรือมลสารที่มีการย่อยสลายขั้นแรกเท่านั้น (First order decay rate)

จากการตรวจเอกสาร ของ Canale et al., (1973) อธิบายสมการทรงมวลของพีดัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียว่ามีการย่อยสลายขั้นแรก (First order decay) ดังสมการ

$$\frac{dC}{dt} = KC$$

โดยที่ K = ค่าคงที่การย่อยสลายพีดัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (ชั่วโมง<sup>-1</sup>)  
C = ความเข้มข้น (MPN/100ml)

ดังนั้น จึงสามารถคำนวณปริมาณพีดัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายของมลสารได้

โดยตัวแปรที่มีผลต่อการคำนวณของแบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสารสำหรับสารที่มีอัตราการย่อยสลายขั้นแรก ดังนี้

(1.) สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมลสาร (Dispersion coefficient) Techbanoglous และ Schroeder (1987) กล่าวว่า ในการคำนวณความเข้มข้นของสารในลำน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายของสารในลำน้ำ โดยอากาศและน้ำรวมถึงคุณสมบัติเฉพาะตัวของสาร สัมประสิทธิ์ที่เป็นตัวแทนของกระบวนการนี้คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมลสาร ซึ่ง Fischer (1979) เสนอ สมการคำนวณสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามความยาวของลำน้ำ ดังสมการที่ 6.1

$$D_x = \frac{0.011 V^2 W^2}{HV^*} \quad (6.1)$$

ซึ่งเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ( $D_x$ ) นั้นจะแปรผันตรงกับ ความเร็วในการไหลของน้ำ ( $V$ ) และความกว้างของแม่น้ำ ( $W$ ) แต่จะแปรผกผันกับความลึกของลำน้ำ ( $H$ ) และความเร็วเฉือน ( $V^*$ )

เมื่อทดลองคำนวณค่าจากสูตร (6.1) เพื่อหาช่วงของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลอง พบว่า

- ความเร็วการไหลของแม่น้ำแม่กลอง (จากการคำนวณ) มีค่าอยู่ในช่วง 0.5 - 0.7 เมตรต่อวินาที หรือ 1.64 - 2.296 ฟุตต่อวินาที
- ความกว้างของแม่น้ำแม่กลอง เมื่อสังเกตจาก หน้าตัดลำน้ำ (cross section) มีค่าประมาณ 150 - 250 เมตร หรือ 492 - 820 ฟุต
- ความลึกของแม่น้ำ มีค่าประมาณ 2 - 15 เมตร หรือ 6.56 - 49.52 ฟุต (กรมเจ้าท่า, 2539)
- ค่าความเร็วเฉือน  $V^*$  ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่มีข้อมูลแต่ผู้สมารถคำนวณได้จากสูตร  $V^* = \sqrt{gHS}$  ดังนั้นคำนวณหาความชัน ( $S$ ) จากรูปหน้าตัดลำน้ำ (cross section) เมื่อหน้าตัดลำน้ำห่างกัน 1 กิโลเมตร ความลึกลดลงประมาณ 1 เมตร ดังนั้น ความชันของลำน้ำจึงมีค่าเท่ากับ 0.001

ดังนั้น เมื่อคำนวณสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมลสาร จะมีค่าอยู่ในช่วง 114.57 - 12937.10 ตารางฟุตต่อวินาที หรือ 10.54 - 1190.21 ตารางเมตรต่อวินาที จากการผลการคำนวณข้างต้น ในการ trial and error สำหรับการศึกษานี้จึงใช้ค่าอยู่ในช่วงดังกล่าว

จากการตรวจเอกสารที่มีผู้วิจัยเกี่ยวข้องกับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Dispersion coefficient) ดังนี้

(1.1) อิศรา พิริยะพิเศษพงศ์ (2540) ศึกษา การจัดการคุณภาพน้ำผิวดิน บริเวณโรงไฟฟ้าและเหมืองแม่เมาะ โดยค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่เหมาะสม เท่ากับ 700 - 900 ตารางเมตร/วินาที

(1.2) กรมควบคุมมลพิษ (2538) โดย บริษัท แมคโครคอนซัลแตนท์ จำกัดและ บริษัท โปรเอ็น คอนซัลแตนท์ แอนด์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด ได้ศึกษาความเหมาะสมการจัดการน้ำเสียในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำท่าจีนมีค่าเท่ากับ 100 ตารางเมตร/วินาที

(1.3) Sparr (1979) ได้ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับจำลองคุณภาพน้ำในแม่น้ำ Mississippi ตอนล่าง พบว่า ค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 100 - 1,000 ตารางฟุต/วินาที

(1.4) Fischer et al., (1985) อ้างอิงถึงใน Biswas (1987) โดยแสดงช่วงของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแม่น้ำ ดังตารางที่ 2.2

หลังจากการเปรียบเทียบ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Dispersion coefficient D) ที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนบนมีค่าเท่ากับ 100 เมตร<sup>2</sup>/วินาที

(2.) ค่าคงที่การย่อยสลาย (Decay constant ; K)

จากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับค่าคงที่การย่อยสลายของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พบว่า

(2.1) Mitchell และ Chamberlin (1978) อ้างถึงใน EPA (1985) พบว่า ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เท่ากับ 0.040 ชั่วโมง<sup>-1</sup>

(2.2) Mitchell และ Chamberlin (1978) อ้างถึงใน EPA (1985) ได้เสนอผลการตรวจวัดค่าคงที่การย่อยสลายโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแม่น้ำต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.6

(2.3) Lombardu (1972) อ้างถึงใน EPA (1985) พบว่า ค่าการย่อยสลายของฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง 0.008 - 0.13 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.048 ชั่วโมง<sup>-1</sup>

(2.4) EPA (1985) ได้เสนอค่าคงที่การย่อยสลายของโคลิฟอร์มสำหรับใช้ในหลายแบบจำลอง ดังตาราง 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าคงที่การย่อยสลายโคลิฟอร์มที่ใช้ในแบบจำลองต่าง ๆ ดังนี้

System	K at 20°C 1/hr	Reference
North Fork Kings River, California	0.042	Chen, et al. (1976)
Various Streams	0.0004 - 0.146	Baca and Arnett (1976)
Lake Ontario	0.02 - 0.083	U.S. Army Corps of Engineers (1974)
Lake Washington	0.02	Chen and Orlob(1975)
Various Stream	0.042 - 0.125	Hydroscience (1971)
Boise River, Idaho	0.02	Chen and Wells (1975)
San Francisco Bay Estuary	0.02	Chen (1970)
Long Island Estuaries, New York	0.02 - 0.333	Tetra Tech (1976)

ที่มา : EPA, 1985

จากผลการเปรียบเทียบ พบว่า ค่าคงที่การย่อยสลายพีคัลโคลิฟอร์มที่เหมาะสมโดยเริ่มจากค่าที่มีผู้วิจัยอื่นศึกษาไว้ ค่าคงที่การย่อยสลายพีคัลโคลิฟอร์มแบบคทีเรียที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนบนมีค่าเท่ากับ  $0.02 \text{ ชั่วโมง}^{-1}$

### 3.) แบบจำลองคุณภาพน้ำ (Water Quality Model ; WQ Model)

การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แต่ละค่าได้จากการ trial and error โดยมีรายละเอียดในการเปรียบเทียบ ดังนี้

(1.) ค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่  $20^{\circ}\text{C}$  ( $k_d$ ) คือ ค่าที่แสดงถึงความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์จำพวกคาร์บอน เมื่อเวลาผ่านไป  $t$  ในการเปรียบเทียบได้อ้างอิงจากค่าที่ได้จากการตรวจเอกสารจากผู้วิจัยไว้ ดังนี้

(1.1) กฤษฎา มหาสันทนะ (2539) ศึกษา การคาดการณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่  $20^{\circ}\text{C}$  ที่ใช้มีค่าเท่ากับ  $0.22 \text{ วัน}^{-1}$

(1.2) EPA (1985) เสนอช่วงของค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ใช้มีค่าระหว่าง  $0.02 - 3.4 \text{ วัน}^{-1}$

(1.3) Thomann และ Muelier (1987) กล่าวถึง ค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่  $20^{\circ}\text{C}$  ที่ใช้ทั่วไปมีค่าระหว่าง  $0.1 - 0.5 \text{ วัน}^{-1}$  สำหรับลำน้ำที่มีความลึกมากกว่า 5 ฟุต และมีค่าระหว่าง  $0.5 - 3.0 \text{ วัน}^{-1}$  สำหรับลำน้ำที่มีความลึกน้อยกว่า 5 ฟุต

(1.4) Hydrosience (1971) เสนอความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่  $20^{\circ}\text{C}$  ( $k_d$ ) กับความลึกของลำน้ำ (H) ดังนี้

$$K_d = 0.3 \left( \frac{H}{8} \right)^{-0.434} \quad \text{สำหรับ } 0 \leq H \leq 8 \text{ ฟุต (6.2)}$$

$$= 0.3 \text{ วัน}^{-1} \quad \text{สำหรับ } H > 8 \text{ ฟุต}$$

(1.5) Wright และ McDonnell (1979) ได้ทำการศึกษาแม่น้ำ 23 แห่ง ได้ช่วงของค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์  $20^{\circ}\text{C}$  ( $k_d$ ) เท่ากับ  $0.08 - 4.24 \text{ วัน}^{-1}$  สำหรับแหล่งน้ำที่มีอัตราการไหล (Q) ระหว่าง 4.6 - 8760 ตารางฟุตต่อวินาที , เส้นรอบรูปเปียก (Wetted perimeters) ระหว่าง 11.8 - 686 ฟุต และมีความลึกระหว่าง  $0.9 - 32 \text{ ฟุต}$

(1.6) Master (1991) ได้เสนอช่วงของค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ 20°C  
ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงช่วงของค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์

แหล่งที่มา	$K_d$ (day <sup>-1</sup> )
น้ำเสีย	0.35 - 0.70
น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัด	0.10 - 0.25
แหล่งน้ำที่มีมลภาวะ	0.10 - 0.25

(1.7) EPA (1985) ได้เสนอ ช่วงของค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ 20 °C  
ในตารางที่ 2.5

จากผลการเปรียบเทียบ โดยการ trial and error เริ่มต้นจากค่าในช่วง 0.10 - 0.3 วัน<sup>-1</sup> เนื่องจาก แม่น้ำแม่กลองเป็นแหล่งน้ำที่มีมลภาวะและมีความลึกมากกว่า 8 ฟุต แล้วทำการปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ พบว่า ค่าคงที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ 20 °C ที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนบนมีค่าเท่ากับ 0.23 วัน<sup>-1</sup>

(2.) อัตราการหายใจของพืชและสัตว์ที่ 20°C เป็นค่าที่แสดงถึง ปริมาณออกซิเจนซึ่งพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำต้องการในกระบวนการหายใจ (g O<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>.day) โดย Thomann และ Mueller (1987) พบว่า อัตราการหายใจของพืชและสัตว์ในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.3 - 3.0 g O<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>.day สำหรับลำน้ำที่มีสิ่งมีชีวิตในน้ำมากอาจมีค่าถึง 10 g O<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>.day

- กฤษฎา มหาสันตะนะ (2539) ใช้อัตราการหายใจของพืชและสัตว์ที่ 20°C ของแม่น้ำเจ้าพระยาเท่ากับ 2.7 g O<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>.day

จากผลการเปรียบเทียบอัตราการหายใจของพืชและสัตว์ที่ 20°C เหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนบนมีค่าเท่ากับ 2.3 g O<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>.day

(3.) ผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (g O<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>.day) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณออกซิเจนที่พืชหรือสิ่งมีชีวิตในน้ำที่มีคลอโรฟิลล์ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์มาเปลี่ยน

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นกลูโคส และออกซิเจน โดยการผลิตออกซิเจนจะเกิดขึ้นเฉพาะเวลากลางวัน ดังนั้นค่าออกซิเจนจะมีค่าต่ำสุดในเวลาเช้าและจะมีค่าสูงสุดในตอนบ่าย

- กฤษดา มหาสันตะนะ (2539) ใช้ค่าผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของแม่น้ำเจ้าพระยาเท่ากับ  $3.5 \text{ g O}_2/\text{m}^2.\text{day}$

โดย Di Toro (1975) อ้างถึงใน Thomann และ Mueller (1987) ได้พัฒนาสูตรของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนช่วงเวลากลางวันและกลางคืนของออกซิเจน คือ  $C_{\max} - C_{\min}$

$$\begin{aligned} P_a &\approx 2 \Delta_c & ; & \quad K_a (\text{day}^{-1}) < 2 \\ &\approx 3.2 \Delta_c & ; & \quad 2 \leq K_a (\text{day}^{-1}) \leq 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } \Delta_c &= C_{\max} - C_{\min} \\ K_a &= \text{สัมประสิทธิ์การเติมอากาศ (วัน}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงได้คำนวณผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงจากสูตรดังกล่าว โดยในการคำนวณต้องใช้ค่าออกซิเจนละลายสูงสุดและต่ำสุด แต่เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างวันละ 1 ครั้ง จึงไม่สามารถนำมาคำนวณความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันได้ ดังนั้นในการคำนวณหาค่า  $\Delta_c$  จึงอ้างอิงจากข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ ท้ายเขื่อนวชิราลงกรณ์ จ.กาญจนบุรี (กรมควบคุมมลพิษ, 2540) ซึ่งพบว่า ช่วงวันที่ 5 - 22 มิถุนายน พ.ศ.2540 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงสุดและต่ำสุด เท่ากับ 6.569 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 2.661 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังนั้น  $\Delta_c$  จึงมีค่าเท่ากับ 3.908 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อคำนวณผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ( $P_a$ ) ซึ่งคำนวณจากสูตร  $P_a \approx 2 \Delta_c$  เนื่องจากผลการคำนวณสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ พบว่า มีค่าน้อยกว่า 2 ดังนั้น ผลการคำนวณผลผลิตของออกซิเจนสูงสุดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง จึงมีค่าเท่ากับ  $7.816 \text{ g O}_2/\text{m}^2.\text{day}$  ในช่วงของท้ายเขื่อนวชิราลงกรณ์ จ.กาญจนบุรี ดังนั้นในการคำนวณจึงเริ่มจากค่าที่ใกล้เคียงจากค่าดังกล่าว

จากผลการเปรียบเทียบพบว่าอัตราการผลิตออกซิเจนสูงสุดจากการสังเคราะห์แสงที่เหมาะสมสำหรับแม่น้ำแม่กลองตอนบน มีค่าเท่ากับ  $3.8 \text{ g O}_2/\text{m}^2.\text{day}$



(4.) สัมประสิทธิ์การเติมอากาศที่ 20°C (Reaeration coefficient) ใช้สมการของ O'Connor - Dubbins Expression เนื่องจากสมการนี้เป็นที่นิยมใช้กับลำน้ำทั่ว ๆ ไป (DHI, 1988) และลำน้ำที่มีความลึกเฉลี่ย 1 - 30 ฟุต และความเร็วในการไหลอยู่ในช่วง 0.5 - 1.6 ฟุต/วินาที (Thomann และ Mueller, 1987) โดยช่วงของสัมประสิทธิ์การเติมอากาศอยู่ในช่วง 0.05 - 12.2 วัน<sup>-1</sup> ดังสมการ

$$\text{หรือ} \quad K_a = \frac{12.9V^{1/2}}{H^{3/2}} \quad (6.2)$$

โดยที่  $K_a$  = สัมประสิทธิ์การเติมอากาศ (วัน<sup>-1</sup>)  
 $V$  = ความเร็วในการไหล (ฟุต/วินาที)  
 $H$  = ความลึกของลำน้ำ (ฟุต)

แสดงให้เห็นว่าถ้าแม่น้ำที่มีความเร็วในการไหลสูงจะทำให้สัมประสิทธิ์การเติมอากาศสูงตามไปด้วย ในทางกลับกันถ้าแม่น้ำมีความลึกมากจะทำให้สัมประสิทธิ์การเติมอากาศลดลงเช่นกัน

ทดลองคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การเติมอากาศ เมื่อ ความเร็วเฉลี่ย ( $V$ ) ของแม่น้ำแม่กลอง ตอนบนมีค่าประมาณ 0.5 - 0.7 เมตรต่อวินาที หรือ เท่ากับ 1.64 - 2.295 ฟุตต่อวินาที และ ความลึกเฉลี่ย ( $H$ ) มีค่าประมาณ 5 เมตร หรือ 16.4 ฟุตต่อวินาที

ดังนั้นเมื่อแทนค่าดังกล่าวในสูตรข้างต้น พบว่า สัมประสิทธิ์การเติมอากาศ เท่ากับ 0.25 - 0.29 วัน<sup>-1</sup> ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของสูตร จึงใช้สมการ O' Connor - Dubbins ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การเติมอากาศในแบบจำลอง

### 6.2.3 วิเคราะห์ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

#### 1.) แบบจำลองทางชลศาสตร์ (Hydrodynamic Model)

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ผ่านการปรับเทียบแล้วมาคำนวณอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางชลศาสตร์ ได้ผลการคำนวณดังรูป 6.28

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Correlation) และสถิติวิเคราะห์ t-test พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ที่ได้จากการตรวจสอบแบบ

จำลองทางชลศาสตร์ ช่วงเดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ.2537 มีค่าเท่ากับ 0.90 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาทดสอบความแตกต่างระหว่างผลการคำนวณจากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจริง โดยใช้สถิติวิเคราะห์ t-test ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $\alpha = 0.05$ ) พบว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณไม่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการสำรวจอย่างมีนัยสำคัญ ( $P\text{-Value} > 0.05$ )

## 2.) แบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสาร (Transport Dispersion Model)

จากการนำค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายและค่าคงที่การย่อยสลายพีคัลโคลิฟอร์มแบบที่เรียมาใช้คำนวณอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ในช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ. 2541 ได้ผลดังรูปที่ 6.29 ถึง 6.31

ในการตรวจสอบผลการคำนวณปริมาณพีคัลโคลิฟอร์มแบบที่เรีย โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากการคาดการณ์ ในรูปของรากกำลังสองเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error ; RMSE) และทดสอบความแตกต่างโดยใช้ t-test ซึ่งผลการตรวจสอบแสดงดังตาราง

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการตรวจสอบผลการคำนวณปริมาณพีคัลโคลิฟอร์มแบบที่เรียโดยใช้สถิติวิเคราะห์ได้ผลการทดสอบดังนี้

สถานีเปรียบเทียบ	สถิติวิเคราะห์ที่ใช้	
	t-test (P-value)	RMSE
MK9	0.150	562.59
MK10	0.097	608.83
MK12	0.101	618.63

ผลการทดสอบความแตกต่าง t-test พบว่า ค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่เมื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (RMSE) ของพีคัลโคลิฟอร์มแบบที่เรียมีค่าสูง เนื่องจากข้อมูลจากการสำรวจมีความเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาจากปัจจัยหลายประการทั้งทางกายภาพ เคมี และชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มหรือลดลงของพีคัลโคลิฟอร์มจึงสามารถอธิบายถึงความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อีกทั้งผลการคำนวณโดยแบบจำลองมีความเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องจาก ข้อมูลที่นำเข้าในการคำนวณพีคัลโคลิฟอร์มแบบที่เรียเป็นข้อมูลที่คงที่และไม่มีการเปลี่ยนแปลงรายวัน ทำให้เมื่อทดสอบความคลาดเคลื่อนของการ

พยากรณ์ จึงพบว่ามีความคลาดเคลื่อนสูงอีกทั้งตัวแปรที่ใช้ในการปรับเทียบในแบบจำลองนี้มีเพียงสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายและสัมประสิทธิ์การย่อยสลายขั้นแรกสำหรับมลสารที่มีการย่อยสลายได้ จากสาเหตุดังกล่าวอาจแสดงให้เห็นว่าการคาดการณ์พีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสารอาจมีความแม่นยำน้อยกว่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่มีการคำนวณในแบบจำลองคุณภาพน้ำ เนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นถูกพิจารณาพร้อมด้วยหลายปัจจัย ทำให้สามารถปรับค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องให้เกิดความแตกต่างระหว่างผลการคำนวณและผลจากการสำรวจน้อยที่สุด

### 3.) แบบจำลองคุณภาพน้ำ (Water Quality Model)

จากการนำค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่าที่ผ่านการปรับเทียบมาทำการคำนวณอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ในช่วงวันที่ 23 - 27 มกราคม พ.ศ.2541 มีผลการตรวจสอบออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิ ดังรูปที่ 6.34 - 6.38 และ 6.41 - 6.45 และ 6.48 - 6.52 ตามลำดับ

ในการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณปริมาณออกซิเจนละลาย บีโอดี และอุณหภูมิ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ทดสอบความแตกต่างโดยใช้ t-test และวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากการคาดการณ์ในรูปของรากกำลังสองเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error ; RMSE) ซึ่งผลการตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของ DO ,BOD และ อุณหภูมิ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ t-test

สถานี พารามิเตอร์	MK8 (P-value)	MK9 (P-value)	MK10 (P-value)	MK11 (P-value)	MK12 (P-value)
DO	0.12	0.18	0.70	0.63	0.06
BOD	0.05	0.57	0.06	0.02*	0.28
Temperature	0.55	0.23	0.7	0.39	0.68

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองและค่าที่ได้จากการสำรวจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น ค่า BOD ของสถานี MK11 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่เมื่อทดสอบด้วยช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( P-Value > 0.01)

หลังจากนั้นนำผลการคำนวณและค่าที่ได้จากการสำรวจมาทำการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยใช้ Root Mean Square Error (RMSE) ได้ผลดังตาราง 6.5

ตารางที่ 6.5 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของ DO ,BOD และ อุณหภูมิ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ RMSE

สถานี พารามิเตอร์	MK8	MK9	MK10	MK11	MK12
DO	0.11	0.15	0.13	0.17	0.19
BOD	0.06	0.06	0.05	0.05	0.14
Temperature	0.15	0.14	0.18	0.16	0.15

จากผลการวิเคราะห์โดยใช้สถิติทดสอบความคลาดเคลื่อนในการคาดการณ์ (RMSE) เห็นได้ชัดว่า ผลการคำนวณในแบบจำลองคุณภาพน้ำซึ่งพิจารณาพารามิเตอร์ ออกซิเจนละลาย บีโอดีและอุณหภูมิ มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าผลการคาดการณ์ปริมาณที่คลอรีนฟอร์มาลดีไฮด์ในแบบจำลองการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายมลสาร ดังนั้นอาจแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในการคาดการณ์โดยแบบจำลองคุณภาพน้ำ เนื่องจากมีการปรับเทียบสัมประสิทธิ์หลายค่าที่มีผลกระทบต่อพารามิเตอร์ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น